

INFORMATION TO USERS

This manuscript has been reproduced from the microfilm master. UMI films the text directly from the original or copy submitted. Thus, some thesis and dissertation copies are in typewriter face, while others may be from any type of computer printer.

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted. Broken or indistinct print, colored or poor quality illustrations and photographs, print bleedthrough, substandard margins, and improper alignment can adversely affect reproduction.

In the unlikely event that the author did not send UMI a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if unauthorized copyright material had to be removed, a note will indicate the deletion.

Oversize materials (e.g., maps, drawings, charts) are reproduced by sectioning the original, beginning at the upper left-hand corner and continuing from left to right in equal sections with small overlaps.

ProQuest Information and Learning
300 North Zeeb Road, Ann Arbor, MI 48106-1346 USA
800-521-0600

UMI[®]

**DÉVELOPPEMENT ET ÉVALUATION D'UNE STRATÉGIE
D'OBSERVATION DE CONDITIONS À RISQUE POUR LA
MANUTENTION**

Par

Denys Denis

Joint departments of Epidemiology and Biostatistics, and Occupational Health
Université McGill, Montréal
Québec, Canada

Janvier 2001

*Thèse présentée à la faculté d'études supérieures et de recherche dans le cadre des
exigences du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D)*

© Denys Denis, 2001



**National Library
of Canada**

**Acquisitions and
Bibliographic Services**

**395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

**Bibliothèque nationale
du Canada**

**Acquisitions et
services bibliographiques**

**395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-70001-1

Canada

RÉSUMÉ

Il est reconnu que la manutention est une activité pour laquelle le risque de blessures est élevé, particulièrement au dos. Les grilles d'observation utilisées pour l'évaluation de tâches où la demande physique est importante comme la manutention sont présentement axées sur l'identification de facteurs de risque, en particulier les postures, les efforts et les caractéristiques des objets manipulés. Les propositions d'observation présentées sont toutefois variables et un consensus est difficile à dégager. En général, peu d'attention est accordée à des conditions potentiellement à risque de lésions au dos avec lesquelles le manutentionnaire doit composer tels l'équilibre, le contrôle de la charge, la fluidité du mouvement et l'asymétrie de posture et d'effort. D'autre part, bien que des études montrent que l'observation peut être fiable et qu'elle peut présenter une validité interne adéquate, il est difficile d'identifier les conditions qui permettent l'atteinte de bons résultats. Dans le cadre de cette étude, une stratégie d'observation a été développée et validée afin d'évaluer la présence de ces conditions à risque dans la réalisation d'une tâche de manutention. De plus, certaines conditions futures d'utilisation ont été précisées.

Cinquante et une variables d'observation ont été identifiées et une structure d'observation a été élaborée à partir de trois sources de données soit une revue de littérature sur les grilles d'observation, des entretiens avec des manutentionnaires experts et des séquences vidéos d'une tâche de manutention en laboratoire où 10 sujets novices ont effectué au total 1500 transferts de contenants. Une saisie de données d'observation a été réalisée sur un échantillon de 174 de ces séquences pour lesquelles des mesures biomécaniques ont aussi été effectuées. Des tests intra et interobservateurs ont été réalisés pour évaluer la fiabilité des observations. La validité interne de 29 variables d'observation, pour lesquelles on a trouvé une mesure biomécanique qui leur correspond, a été évaluée. À partir de ces résultats, des comparaisons entre nos observations pour l'équilibre et l'asymétrie et des mesures biomécaniques globales spécifiques ont été réalisées. Pour l'équilibre, les comparaisons ont été effectuées pour chaque variable ainsi que pour des regroupements (modules) de deux ou trois variables. Finalement, préalablement à la saisie des données, nous avons comparé la performance à l'observation de six observateurs inexpérimentés à six ergonomes dans le but de répondre à certaines

questions méthodologiques apparues en cours de développement et pour déterminer quelques-unes des conditions futures d'utilisation de la stratégie d'observation.

Les résultats montrent que l'observation peut être fiable et valide et que la diversité des objets d'observation peut être importante et aller au-delà des variables posturales. Les observations effectuées sur une séquence vidéo continue sont celles qui présentent le plus de difficultés. Si l'expérience de l'observateur n'apparaît pas comme une condition indispensable à l'obtention de résultats fiables, les critères d'observation, la formation et le mode de découpage des variables en classes sont des facteurs susceptibles de les influencer. Un problème important dans cette étude a été associé aux observations qui se trouvent à la limite entre deux classes d'observation et dépend de ce qui est à observer. Il apparaît alors nécessaire d'évaluer le matériel que l'on observe et non simplement l'observateur.

Plusieurs variables d'observation pour l'équilibre ont eu un impact significatif sur la mesure biomécanique de l'équilibre, particulièrement aux moments où la charge est prise et déposée. C'est le cas du nombre d'appuis en contact avec le sol, de la répartition du poids dans la base d'appui et de la position de la charge, spécialement sa déportation latérale par rapport au corps. L'action de recul arrière du bassin, qui permet de compenser l'ajout d'une masse externe au corps en faisant contrepoids, a aussi été significativement associée à l'équilibre. En général, les regroupements de variables ont plus d'impact sur la mesure d'équilibre que les variables prises individuellement et sont moins susceptibles à des variations du contexte de manutention. Pour l'asymétrie, l'orientation des épaules par rapport au bassin, l'inclinaison du dos, le parallélisme des épaules avec le sol et la position des mains sur la charge ont tous eu un impact significatif sur les asymétries d'effort à la prise. Pour le contrôle et la fluidité, une difficulté à trouver une mesure biomécanique correspondante ou des problèmes de fiabilité n'ont pas permis de vérifier si nos observations permettaient d'évaluer ces conditions à risque.

Cette étude montre qu'il est possible, par observation, d'évaluer et de comprendre comment se construisent ces conditions à risque et pourrait ainsi permettre de réduire les lésions au dos. Elle permet de mieux comprendre les conditions nécessaires pour atteindre la meilleure qualité d'observation possible.

ABSTRACT

It is accepted that material handling is an activity presenting a high risk for injury, particularly to the back. The actual observation grids used for the evaluation of physical work, such as handling, focus on the identification of risk factors, particularly postures, exertion and the characteristics of the object handled. However, the observation proposals are diversified and a consensus is difficult to achieve. In addition, little attention is given to potentially risky conditions for back injuries which handlers must deal with, such as: balance, controlling the object handled, movement fluidity, postural and effort asymmetry. On the other hand, although some studies show that observation can be reliable and can present an adequate internal validity, it is difficult to identify the conditions necessary to achieve good results. In this study, an observation strategy has been developed and validated in order to evaluate the presence of these risky conditions while performing an handling task. Moreover, certain future utilisation conditions were specified.

Fifty one observation variables were identified and an observation structure was elaborated from three data sources. These sources were : a literature review on observation grids, interviews with expert handlers and video sequences of a laboratory manual handling study where 10 inexperience subjects performed a total of 1500 container transfers. Observational data entry was recorded from a sample of these 174 sequences for which biomechanic measures were also done. Intra and inter-observers tests were performed to evaluate the reliability of the observations. The internal validity of the 29 observation variables, for which a corresponding biomechanic measure was found, was evaluated. From these results, comparisons were made between our observations for balance and asymmetry versus the specific global biomechanic measurements. For balance, the comparisons were performed for each variable as well as for groups of two or three variables (modules). Finally, prior to recording the data, we compared the performance of six inexperienced observers to six ergonomists. This was done to answer certain methodological questions which arose during the research design and to determine some of the future utilisation conditions of the observational strategy.

The results show that observations can be reliable and valid and that the diversity of observation objects can be important and extend beyond postural variables. The observations performed on an uninterrupted video sequence are the ones that present the most difficulties. The observers' experience does not seem to be an important factor in obtaining reliable results. On the other hand, the observation criteria, the training and the breakdown of variable classes are factors susceptible to influence reliability. An important factor in this study was linked to the observations at the limit between two classes and depends on what is observed. It then appears necessary to assess the material viewed and not only the observer.

Many observation variables for balance had a significative impact on the biomechanical measure of balance, particularly when the object is taken and put down. This is the case with the number of foot supports, the weight distribution at the base of support and the position of the object, especially its lateral deportation with respect to the body. The backward movement of the pelvis, which enables to compensate for the added external weight to the body, was significantly associated to balance. In general grouped variables, have more impact on the measure of balance than variables taken individually. Grouped variables are also less prone to variations when handling contexts are changed. For asymmetry, shoulder orientation with respect to the pelvis, back flexion, parallelism of the shoulders to the ground, and the position of the hands on the object handled all had a significative impact on the effort asymmetries when the object was taken from the platform. For the control and fluidity, a difficulty in finding a corresponding biomechanical measure or reliability problems did not enable us to verify whether our observations could have permitted to evaluate the risky conditions.

This study shows that it is possible by observation, to evaluate and understand how risky conditions are constructed and should contribute to prevent the number and severity of back injuries. It permits to better understand the necessary conditions needed to obtain the highest quality of observation.

REMERCIEMENTS

J'aimerais d'abord remercier Monique Lortie dont la grande disponibilité et le soutien furent grandement appréciés. J'ai appris, par nos fréquentes conversations, à apprécier ses qualités professionnelles et humaines. L'acquisition de rigueur s'avère parfois un processus difficile, mais représente pour moi l'enseignement qui me sera le plus profitable pour l'avenir. Merci également à Michel Rossignol pour ses conseils judicieux et son habileté à me faire dire simplement les choses.

Qu'il me soit aussi permis de remercier tous ceux qui ont collaboré à la réalisation de cette étude: Alain Delisle, un collègue et ami, qui a grandement contribué à la portion évaluation de la grille d'observation et à améliorer, à travers nos discussions, mes connaissances et mon intérêt pour la biomécanique; Pierre Desjardins, pour avoir souvent accepté de répondre à mes nombreuses questions; Jacques Lemaire, pour sa contribution aux statistiques. Merci à Louise Turbide pour ses compétences essentielles en informatique, mais de façon tout aussi importante pour sa patience et son appui moral. Je tiens aussi à témoigner toute ma gratitude aux personnes qui m'ont soutenu dans ce que fut cette passionnante expérience: à Iuliana, pour avoir toujours laissé la porte de son bureau entrouverte; à Suzanne, pour avoir facilité de nombreuses démarches dans les dédales d'une université que je connais bien peu; à Pasquale et Marie pour leur présence trop brève; à Lise, pour ses encouragements dans les moments les plus difficiles.

Enfin, mes angoisses ont été ses angoisses et je lui suis infiniment reconnaissant de m'avoir encouragé et aimé de façon si inconditionnelle. Je t'en serai, Geneviève, toujours reconnaissant. Finalement, merci à mes parents pour leurs «ondes positives» et leur talent de correcteurs. Vous êtes souvent plus près de nous que vous l'imaginez.

Je désire remercier finalement l'Institut de recherche en santé et sécurité au travail ainsi que la chaire General Motors en ergonomie et le Canadien National pour leur appui financier et la confiance qu'ils ont bien voulu accorder à cette recherche.

Note aux lecteurs : cette thèse présente en appendice deux articles :

Appendice 1 : article portant sur la revue de littérature accepté à *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*.

**Observation procedures characterizing occupational physical activities :
critical review**

Appendice 2 : article portant sur l'étude des conditions d'utilisation soumis à la revue *Ergonomics*.

Observation : impact of observers' experience and training on reliability

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT	iv
REMERCIEMENTS	vi
TABLE DES MATIÈRES	viii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES FIGURES	xv
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES	xvi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	8
1. Bilan de ce qui est observé	8
1.1 Portrait général des grilles recensées	9
1.2 Variables d'observation proposées	11
1.2.1 Effort, utilisation des pieds et utilisation des mains	13
1.2.2 Objet manipulé, environnement de travail et tâches/activités...	16
1.2.3 Posture	17
1.3 Découpage des variables	19
2. Bilan des informations méthodologiques recensées	21
2.1 Évaluation de la fiabilité (ou reproductibilité)	21
2.2 La validité interne	24
2.3 Facteurs pouvant avoir un impact sur la qualité de l'observation	26
2.3.1 La formation	26
2.3.2 L'expérience des observateurs	28
2.3.3 Le matériel observé	28
3. Synthèse et objectifs de l'étude	30
3.1 Ce qui est observé	30
3.2 Informations méthodologiques	32
3.3 Objectifs de l'étude	33

CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE.....	34
A. Développement de la stratégie d'observation	34
1. Matériel utilisé	34
2. Travail de développement	36
2.1 Identification des variables à observer.....	36
2.1.1 Critères de sélection	37
2.1.2 Définition des classes et des critères d'observation	37
2.2 Élaboration d'une structure d'observation	37
B. Évaluation de la stratégie d'observation.....	39
1. Matériel utilisé	39
1.1 Saisie des données d'observation et mesures biomécaniques.....	39
1.2 Tests de reproductibilité.....	40
2. La saisie des données	40
2.1 Déroulement.....	40
2.2 Formation de l'observatrice	40
3. Tests de reproductibilité.....	41
4. Comparaison avec les données biomécaniques.....	41
4.1 Validité interne.....	42
4.2 Validité concourante	42
4.2.1 Types de comparaisons effectuées	45
4.3 Analyses statistiques	46
C. Étude méthodologique sur les conditions d'utilisation.....	46
1. Sujets	46
2. Protocole	46
RÉSULTATS.....	48
CHAPITRE 3 : STRATÉGIE D'OBSERVATION DÉVELOPPÉE	48
1. Portrait général des variables d'observation	48
2. Structure générale d'observation.....	52
3. Variables d'état et modules.....	53
3.1 Équilibre.....	53
3.2 Contrôle.....	59

3.3 Fluidité	62
3.4 Asymétrie	63
4. Variables de symptômes de difficulté	67
5. Variables de compensation.....	69
5.1 Actions de contrepoids.....	69
5.2 Comportements palliatifs	69
CHAPITRE 4 : PORTRAIT DES MODES OPÉRATOIRES	71
1. Équilibre	71
1.1 Position et déplacement de la charge	71
1.2 Surface d'appui, répartition du poids et déplacement des appuis	76
1.3 Variables de symptômes de difficulté	76
1.4 Variables de compensation	76
2. Contrôle	77
2.1 La prise.....	77
2.2 Mouvement de la charge et changement de prise	78
2.3 Variables de symptômes de difficulté	78
3. Fluidité	78
3.1 Trajectoire globale de la charge et orientation du système	78
3.2 Évaluation globale.....	79
3.3 Variables de symptômes de difficulté	79
4. Asymétrie	79
4.1 Asymétrie de posture.....	79
4.2 Position relative des mains.....	79
4.3 Asymétrie d'effort.....	80
CHAPITRE 5 : ÉVALUATION DE LA STRATÉGIE D'OBSERVATION	81
1. Fiabilité (reproductibilité) des observations.....	81
1.1 Observations qui présentent un problème de fiabilité.....	86
1.2 Effet des regroupements de classes.....	86
1.3 Effet d'apprentissage.....	87
2. Validité interne des observations	89
2.1 Observations pour les moments	94

2.2 Observations pour les phases	95
2.3 Effet du découpage des variables	96
2.4 Effet des regroupements de classes	96
3. Validité concourante	97
3.1 Variables d'observation individuelles	97
3.1.1 Équilibre	97
3.1.2 Asymétrie	102
3.2 Modules	104
CHAPITRE 6 : ÉTUDE SUR LES CONDITIONS D'UTILISATION	112
1. Performance générale	112
2. Impact de l'expérience sur la fiabilité	115
3. Impact de la pratique et de son format sur la fiabilité	116
4. Confiance exprimée et problèmes rapportés	117
CHAPITRE 7 : DISCUSSION	120
1. Limites de l'étude	120
1.1 Les conditions d'observation	120
Conditions de visionnement	120
Conditions de suivi pour la saisie des données	121
1.2 Variabilité des modes opératoires	121
1.3 Comparaisons entre les observations et les mesures biomécaniques ..	123
1.4 Généralisation des résultats : l'intérêt des modules	124
2. Performance de l'observation : fiabilité et validité interne	125
L'expérience de l'observateur et l'effet d'apprentissage	126
Les critères d'observation	127
La formation/pratique à l'observation	128
2.1 Le découpage des variables d'observation	129
La signification du découpage	129
Les problèmes de zones frontières : impact du matériel observé	130
Impact du regroupement de classes	133
3. Observation des conditions à risque	134
3.1 Équilibre	134

Importance de la répartition du poids dans la base d'appui	134
La position de la charge	136
La compensation du bassin	136
Les symptômes de difficulté	137
3.2 Contôle	137
3.3 Asymétrie	138
3.4 Fluidité	139
3.5 Concept de condition à risque : l'exemple de l'équilibre	140
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES FUTURES	141
A. Recommandations concernant les questions méthodologiques	141
B. Recommandations concernant les variables d'observation	142
CONCLUSIONS	144
Originalité	146
RÉFÉRENCES	147
ANNEXES	166
1. Critères d'observation des variables de la stratégie d'observation	166
2. Tests de reproductibilité : identification détaillée des variables d'observation en fonction des seuils d'acceptation des deux mesures d'accord (P_o et k)	188
3. Tests de reproductibilité : résultats du test interobservateurs 2	190
4. Résultats des combinaisons de modules	193
APPENDICES	195
1. Article : Observation procedures characterizing occupational physical activities : critical review	195
2. Article : Observation : impact of observers' experience and training on reliability	227

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 :	Les 38 grilles d'observation : objectif, secteurs ciblés et catégories d'observation retenues	10
Tableau 1.2 :	Variables d'observation proposées dans les grilles recensées	12
Tableau 1.3 :	Observation de la posture : déviation et amplitude angulaire pour chaque classe utilisée.....	18
Tableau 1.4 :	Fiabilité des observations : résultats obtenus pour différentes variables	23
Tableau 1.5 :	Validité interne : éléments évalués, critères de comparaison utilisés et principaux résultats	25
Tableau 1.6 :	Fiabilité des observations : impact de la formation vs la pratique des observateurs.....	27
Tableau 2.1 :	Résumé des variables biomécaniques pour la validité interne	43
Tableau 2.2 :	Caractéristiques de la force déséquilibrante (newton)	45
Tableau 3.1 :	Résumé des variables d'observation (n=51)	49
Tableau 4.1 :	Fréquence des observations pour les moments de prise et de dépôt.....	72
Tableau 4.2 :	Fréquence des observations pendant les phases.....	74
Tableau 5.1 :	Résumé des niveaux d'accord pour les 63 observations effectuées	82
Tableau 5.2 :	Niveaux d'accord pour les 63 observations effectuées.....	83
Tableau 5.3 :	Niveaux d'accord des variables quand deux ou trois classes sont considérées	88
Tableau 5.4 :	Effet d'apprentissage selon les pourcentages d'accord	89
Tableau 5.5 :	Validité interne des variables observées pendant les moments de prise et de dépôt.....	90
Tableau 5.6 :	Validité interne des variables observées pendant les phases	92
Tableau 5.7 :	Comparaisons entre les variables d'observation et la force déséquilibrante (FD) pour les moments de prise/dépôt	98

Tableau 5.8 :	Comparaisons entre les variables d'observation et la force déséquilibrante (FD) pour les phases.....	99
Tableau 5.9 :	Comparaisons entre les variables d'observation et les moments d'asymétrie (MA) pour les moments de prise et de dépôt.....	103
Tableau 5.10 :	Comparaisons des modules avec la force déséquilibrante (FD) pour les moments de prise et de dépôt	105
Tableau 5.11 :	Écarts des valeurs de force déséquilibrante (FD) pour les variables et les modules pour les moments de prise et dépôt	108
Tableau 5.12 :	Comparaisons des modules avec la force déséquilibrante pour les phases	109
Tableau 5.13 :	Écarts des valeurs de force déséquilibrante (FD) pour les variables et les modules pendant les phases	111
Tableau 6.1 :	Variables d'observation (n=17)	113
Tableau 6.2 :	Niveaux d'accord suite à la formation et à la pratique	114
Tableau 6.3 :	Impact de l'expérience sur la fiabilité.....	115
Tableau 6.4 :	Durée de la saisie des observations (minutes)	116
Tableau 6.5 :	Confiance exprimée par les observateurs et problèmes rapportés aux deux évaluations.....	118
Tableau 6.6 :	Fiabilité vs évaluation de la confiance sur une échelle de 0 à 10.....	119

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Modules pour évaluer l'équilibre (moments prise/dépôt)	56
Figure 2 :	Modules pour évaluer l'équilibre (phases)	57
Figure 3 :	Modules pour évaluer le contrôle	61
Figure 4 :	Relation entre la prise et la position du centre de gravité (vue de côté)	60
Figure 5 :	Nombre de plans couverts par la prise selon les axes X, Y, Z (vue de face)	62
Figure 6 :	Module pour évaluer la fluidité	64
Figure 7 :	Modules pour évaluer l'asymétrie	66
Figure 8 :	Position relative des mains dans le plan vertical (vue de face)	67
Figure 9 :	Mouvement de rotation d'un appui lors de la marche	70

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

Av./C/Arr.	Avant/Centre/Arrière
B .A.	Base d'appui
Bcp	Beaucoup
bioméc.	Biomécanique
Carr.	Carreau
C.G.	Centre de gravité
cl.	Classe
cm	Centimètre
Décent.	Décentré
°	Degré
D (ou) d	Droit-e
ds	Dans
ex.	Par exemple
Exerc.	Exercice
Ext.	Extérieur
FD	Force déséquilibrante
G	Gauche
G/D	Gauche/Droite
HH:MM:SS:FF	Heure:Minute:Seconde:Frame
k	Kappa (statistique)
KW	Test de Kruskal-Wallis
m	mètre
m/s^2	Mètre par seconde carré
MA	Moment d'asymétrie
MMH	Manual Material Handling
moy.	Moyenne
Mvt	Mouvement
N	Newton
n.s.	Non significatif

OR	Observation refaite
P (ou) p	Prise
pc	Proportion d'accord par chance (l'indice C réfère au terme chance)
Po	Pourcentage d'accord
p/r	Par rapport
r	Coefficient de corrélation
Réf.	Référence
%	Proportion ou pourcentage
s	Soulèvement
st	Soulèvement et transport (transfert)
<i>T</i>	Coefficient de corrélation par rang de Kendall
<i>W</i>	Test des signes de Wilcoxon
<i>W_x</i>	Test de Wilcoxon-Mann-Whitney
#	Nombre

INTRODUCTION

Toute méthodologie tente de trouver les moyens de résoudre les problèmes qui lui sont posés de la façon la plus crédible et systématique possible. Pour que l'on puisse faire confiance aux résultats récoltés par une démarche méthodologique donnée, ceux-ci doivent rencontrer des critères ou des qualités particulières. De façon conventionnelle, la valeur des résultats s'exprime par leur justesse (validité interne), leur cohérence lorsque reproduits (fiabilité) et, enfin, à leur adéquation à la réalité (validité externe).

Les méthodes présentement disponibles pour décrire et analyser les situations de travail s'étendent sur un spectre qui comprend les mesures directes jusqu'aux questionnaires, en passant par l'observation, les journaux de bord et les entrevues. Du point de vue de l'analyse des troubles musculo-squelettiques, les mesures directes (ex. : électromyographie, cinématique) sont souvent celles qui rallient le plus l'opinion quant à leur rigueur et leur précision. En effet, ces instruments «mesurent», i.e. ils déterminent la valeur de certaines grandeurs par comparaison avec une grandeur constante de même espèce, prise comme terme de référence (étalon – unité). Malgré cet avantage indéniable, les mesures directes sont souvent coûteuses à appliquer, interfèrent avec le travail et ne permettent pas d'en mesurer tous les aspects. De plus, à cause de l'instrumentation lourde qu'elles nécessitent, certaines sont difficilement applicables directement dans un contexte de travail.

L'observation des phénomènes, quelle que soit leur nature, est pratique courante dans plusieurs disciplines (ex. : sociologie, anthropologie, biologie). On distingue l'observation spontanée (préliminaire ou libre), que l'on fait sans plan déterminé, sans préparation préalable, et l'observation systématique, qui sera préparée en ce sens qu'on aura soigneusement établi à l'avance un plan d'observation avec certaines catégories d'informations et des objectifs précis. L'ergonomie, qui s'intéresse particulièrement à l'analyse des situations de travail à partir de la compréhension du travail réel, donne à l'observation une place importante dans sa démarche méthodologique. Cette forme de collecte de données a été utilisée tôt (Ombredane et Faverge, 1955) pour caractériser le

travail à travers des variables d'observation (ou observables) telles la direction des regards, les prises d'information, la gestion des incidents, les communications, etc. Ces variables sont souvent définies a posteriori suite à une analyse préliminaire du travail – que ce soit par observation ou à l'aide d'entretiens. Ce type d'observation appréhende ce qui est «non mesurable» ou difficile, voire impossible à évaluer selon d'autres modes d'approche du travail. Elle n'a pas la prétention de repérer ou d'expliquer – plus facilement et à moindre coût – ce que d'autres instruments peuvent mieux mesurer, mais de caractériser l'activité de travail en situation de réalisation effective. En ce sens, elle ne vise pas seulement la connaissance du comportement humain, mais cherche à identifier les déterminants de ce comportement, afin d'agir sur ceux-ci (Daniellou, 1992).

Lors d'analyse de situations de travail dans une perspective de prévention des troubles musculo-squelettiques, les variables d'observation peuvent être interprétées en fonction d'une double conséquence, directe ou indirecte. Dans le premier cas, on établit un lien de cause à effet entre la variable d'observation et ses répercussions pour la santé. Par exemple, la posture au dos constitue un objet d'étude en elle-même dans la mesure où elle peut être source de fatigue et contribuer au développement de problèmes musculo-squelettiques (contrainte mécanique). Soulever des charges lourdes – par l'augmentation des forces en compression au dos – est associé à une plus forte probabilité de développer des atteintes à l'appareil locomoteur. Généralement, le choix des observables est fondé sur les résultats d'études expérimentales et/ou épidémiologiques et axé vers la diminution des contraintes. Les relations ainsi mises en évidence sont généralement utilisées pour modifier les conséquences en agissant sur les facteurs de risque identifiés (ex. : diminuer le poids de la charge ou l'amplitude des postures).

Depuis le début des années 1970, plusieurs grilles d'observation ont été développées pour identifier des risques en milieu de travail dans le but d'établir des priorités d'intervention (ex. : Régie Renault, Eastman Kodak, AET – Rohmert and Landau, 1983). De façon similaire, la reconnaissance – ou l'augmentation – des problèmes de nature musculo-squelettique a mené au développement de grilles pour analyser les emplois où la demande physique est importante et identifier des facteurs de

risque. Sous l'influence de l'épidémiologie, la mesure de l'exposition sur la base d'observations est devenue un enjeu majeur, les travaux de Punnett et Kerserling (1987) étant une des premières tentatives en ce sens.

Une autre forme d'analyse passe cette fois par celui qui fait le travail. Elle est fondée sur la compréhension des comportements qui permettent au travailleur à la fois d'atteindre les objectifs qui lui sont imposés en tenant compte des risques inhérents au travail. Ainsi, pour reprendre nos exemples précédents, la posture au dos peut être considérée aussi bien comme support aux gestes que nécessite le travail (exigences de force ou de précision), aux prises d'informations visuelles, voire même auditives (se pencher pour voir ou entendre), tout en assurant son rôle essentiel de maintien de l'équilibre. La posture au dos est «déterminée» par les besoins inhérents à la tâche, ces besoins constituant par ailleurs autant de «conditions à risque». L'interprétation des liens entre travail et santé n'est pas abordée directement en terme de facteurs de risque, mais en observant le rôle actif du travailleur dans l'élaboration d'une façon de faire le travail (mode opératoire ou *modus operandi*) qui lui est propre, deux travailleurs pouvant adopter des stratégies différentes.

Les maux de dos d'origine occupationnelle représentent l'une des causes les plus communes de malaises chroniques (Lawrence et al., 1992). Il est connu que la manutention est une activité pour laquelle le risque de se blesser est élevé (Troup et al., 1988; Kumar, 1994; Lortie et al., 1996). Des études tant épidémiologiques que biomécaniques établissent un lien entre la manutention et un risque de lésions au dos. Les efforts excessifs (*overexertion*) sont les plus souvent rapportés comme causes de blessures (Pope, 1989), mais on attribue aussi aux postures, particulièrement aux rotations et aux flexions fréquentes, un rôle important (Andersson, 1981; Kelsey et al., 1984).

Une analyse de 611 accidents dans le secteur de la manutention montre que, même si les efforts excessifs représentent une source importante de blessure, en particulier au dos, les deux tiers sont attribuables à une autre cause (ex. : pertes de contrôle qui causent une blessure par impact, pertes d'équilibre, chutes de marchandises : Lortie et al., 1996).

Une étude de terrain confirme la fréquence des incidents qui surviennent en cours de manutention (Lortie et Pelletier, 1996). Cette activité professionnelle exige donc de la part du manutentionnaire d'adapter sa pratique de manutention en fonction de plusieurs objectifs dans un environnement où les perturbations sont fréquentes. Il y a bien sûr des objectifs dont l'association est plus directe avec la tâche stricto sensu, i.e. fournir un effort dans le but de soulever ou de déplacer une charge (ex. : minimiser les contraintes articulaires ou la dépense énergétique). Mais il y a aussi ceux plus lointains, sans lien direct apparent avec le but assigné, et qui touchent au déroulement de l'action (ex. : optimiser son équilibre, synchroniser ses mouvements pour assurer un bon contrôle de la charge). Bien que les premiers soient actuellement les plus étudiés, des études tendent à montrer que les seconds ont un rôle non négligeable qui mérite une attention.

Ainsi, plusieurs études suggèrent que l'équilibre est une préoccupation importante (propos de manutentionnaires experts – Authier et Lortie, 1993) et une source d'accidents ou de blessures au dos (Strandberg, 1985; Manning et al., 1984; Niskanen et Lanttamäki, 1989; Lortie et al., 1996). Certaines situations de manutention (ex. : charge basse, éloignée du corps) peuvent effectivement compromettre l'équilibre du manutentionnaire. Une perte d'équilibre nécessite des mouvements correctifs rapides pour rétablir la situation et peut ainsi être dommageable pour le dos (Oddsson, 1990; Marras et al., 1987; Troup et al., 1981). Un effort au dos soudain – où l'activation musculaire doit être rapide – et inattendu – où le rôle de l'anticipation ne peut moduler l'effort – est associé avec les accidents au dos (Magora, 1973; Andersson, 1981). On soupçonne que ce genre d'effort pourrait aussi être provoqué par une difficulté d'équilibre qui ne résulte pas nécessairement d'une perte évidente d'équilibre. En effet, même si un individu ne subit aucune perte d'équilibre apparente, son état d'équilibre varie pendant la tâche et peut devenir critique. Si un incident survient à ce moment, les risques de perdre l'équilibre sont majorés.

En plus de chercher à optimiser son équilibre au cours des manœuvres, le manutentionnaire doit contrôler le mouvement de la charge. Le contrôle de la charge peut parfois être problématique (ex.: plus lourde que prévue ou centre de gravité décentré).

Lors du déplacement de la charge, le manutentionnaire doit aussi en contrôler la trajectoire. En plus d'être précis (i.e. déposer la charge au bon endroit), ce dernier doit s'assurer que le transfert soit le plus fluide possible (i.e. une trajectoire sans à-coups) dans le but de minimiser les effets possibles sur son équilibre et sur les contraintes articulaires. L'équilibre, le contrôle et la fluidité du mouvement de la charge sont donc des paramètres d'exécution qui, sans être des facteurs de risque directs, représentent des «conditions à risque» pouvant éventuellement affecter la probabilité d'accident et devenir un risque individuel de blessure au dos. Ainsi, pour reprendre l'exemple de l'équilibre, améliorer l'état d'équilibre, par une meilleure compréhension des comportements qui le déterminent, peut résulter en un temps de réaction plus court et en de meilleures chances de récupération d'une perte temporaire d'équilibre. Une meilleure capacité de récupération devrait contribuer à améliorer les statistiques concernant le nombre et la sévérité des blessures attribuables à l'équilibre, particulièrement au dos. Le même raisonnement s'applique au contrôle et à la fluidité.

Comme on le verra au chapitre 1, une revue exhaustive des grilles et procédures d'observation publiées depuis les 20 dernières années (Denis et al., 2000) qui fait le point sur les propositions d'observation montre que ces éléments ne font pas ou peu l'objet d'observations. Cette situation pourrait s'expliquer soit par une reconnaissance plutôt récente de leur potentiel de risque, soit par une difficulté de nature méthodologique liée au développement d'un outil de diagnostic valide et polyvalent.

D'autre part, cette revue montre aussi que l'asymétrie, bien que considérée comme objet d'observation, ne ressort pas toujours de façon claire (ex. : combinée à d'autres observables). Or, l'asymétrie est un facteur de risque reconnu (Adams, 1980; Gunzburg et al., 1991; Shirazi-adl, 1989). Elle peut aussi constituer un facteur aggravant dans la mesure où un effort soudain et inattendu effectué lorsque la charge est décentrée par rapport au corps provoque un débalancement de l'activation musculaire entre les deux côtés du corps, augmentant ainsi possiblement les forces en cisaillement (Lavender et al., 1989). Ces forces ont été mises en relation avec les maux de dos (Andersson, 1981). Des

études ont montré que l'asymétrie est plus souvent la règle que l'exception en manutention (Drury et al., 1982).

Il est donc apparu nécessaire de développer une stratégie d'observation qui puisse permettre d'évaluer ces conditions à risque et de comprendre les comportements ou façons de faire qui y sont associés. Comme l'observation constitue ici la stratégie de recueil de données qui est privilégiée, nous nous sommes aussi intéressés à des questions méthodologiques ayant trait à la fois au développement et à l'utilisation d'une méthode d'observation.

Dans le premier chapitre de cette thèse, un bilan de ce qui est actuellement observé via les grilles d'observation est présenté. On y aborde deux aspects qui guident le développement d'une stratégie d'observation soit l'identification de ce qui fait l'objet d'observations et la façon dont on s'y prend pour les observer. Une attention particulière a été mise sur l'identification d'éléments en lien avec ce qui est connu dans la littérature comme étant à risque de troubles musculo-squelettiques. Nous avons également fait le point sur les informations méthodologiques relevées dans ces grilles. En plus de vérifier les performances obtenues par ces dernières en terme de fiabilité et de validité interne, nous avons identifié les facteurs importants à considérer pour optimiser leur rendement. Nous voulions aussi orienter la phase d'opérationnalisation en identifiant des repères déjà testés et éprouvés. Une synthèse vient clore ce chapitre et mène aux objectifs de ce projet.

La démarche méthodologique est exposée au second chapitre. Les résultats sont présentés dans les quatre chapitres suivants. La stratégie d'observation est présentée au chapitre trois. Le chapitre quatre rapporte les résultats de la saisie d'observation où certains modes opératoires sont décrits. On présente au chapitre cinq l'évaluation de la stratégie d'observation en terme de fiabilité et de validité – des mesures biomécaniques étant utilisées pour cette dernière. Finalement, le chapitre six rapporte les résultats d'une étude qui avait pour but de vérifier certaines des conditions futures d'utilisation de cette stratégie d'observation.

Le dernier chapitre est une discussion en trois parties. La première partie souligne les principales limites de cette étude. La seconde partie résume les principaux résultats sur la performance de l'observation et sur les conditions qui paraissent l'influencer. Finalement, une synthèse des résultats sur l'observation des conditions à risque est présentée.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Ce chapitre est divisé en deux parties. Dans la première, on présente un bilan des études ayant développé et/ou utilisé une grille d'observation pour des tâches où la demande physique est importante. On y trace un portrait selon deux types d'informations recherchées : 1) la nature des variables d'observation utilisées afin de voir qu'est-ce qu'on observe et 2) le nombre et le découpage en classes/descripteurs pour savoir comment on observe. À travers ce bilan, on fait aussi le pont entre ce qui est rapporté dans la littérature comme étant source de troubles musculo-squelettiques et ce qui est observé dans ces grilles.

Dans la seconde partie, nous nous sommes intéressés à des questions de nature méthodologique. D'une part, on y fait le point sur les performances obtenues en terme de fiabilité et de validité interne par les grilles d'observation recensées. D'autre part, nous documentons ce qui peut avoir un impact sur cette performance, entre autres les modalités à considérer pour la formation à donner aux observateurs, les caractéristiques particulières à rechercher chez ces derniers, les problèmes à anticiper, etc.

1. Bilan de ce qui est observé

Trente-huit grilles traitant en tout ou en partie de l'observation de tâches physiquement exigeantes comme la manutention ou le travail de construction – les articles axés sur la posture assise et/ou les membres supérieurs n'ont pas été retenus – et publiées entre 1975 et 1997 dans huit journaux avec révision de pairs ont été recensées. Les variables d'observation contenues dans ces grilles ont été divisées en sept catégories : posture, effort, caractéristiques de l'objet manipulé, environnement, utilisation des pieds, utilisation des mains et activités ou tâches réalisées. L'objet manipulé fait référence à tout ce qui peut être manutentionné par le travailleur (ex. : un patient, de l'équipement, une boîte). L'environnement de travail regroupe des variables qui font référence au contexte de travail, aux circonstances ou à la présence de conditions défavorables (ex. : espace

restreint, outils vibrants, température). L'utilisation des pieds renvoie à la position des pieds, à la base de support ou aux déplacements. L'utilisation des mains inclut les variables caractérisant le contact entre la main et l'objet manipulé ainsi que la position des mains dans l'espace. La catégorie «activités et tâches» réunit des variables sur le contenu du travail et sur le découpage de ce dernier. Il s'agissait souvent d'une variable indépendante.

Étant donné la grande diversité des observations proposées, chaque catégorie fut par la suite subdivisée en sous-catégories plus homogènes pour un total de 38 types de variables d'observation (variables posturales exclues). Ces sous-catégories ont été définies a posteriori pour correspondre au matériel recensé. Les variables sont soit de nature catégorielle (ex. : nature de l'effort) ou de nature continue (ex. : flexion du dos). Dans le premier cas, une série de descripteurs est proposée où il s'agit simplement de noter la présence ou l'absence d'un facteur (ex. : basse vs haute). Dans le second cas, la variable est découpée en classes numériques (ex. : $> 45^\circ$). Dans ce texte, nous utilisons le terme «descripteur» lorsqu'on caractérise une variable à travers l'emploi d'un mot ou d'une locution et une «classe» lorsque celle-ci est définie par des valeurs numériques. Dans les deux cas, il s'agit du «découpage» de la variable.

1.1 Portrait général des grilles recensées

Le tableau 1.1 donne un aperçu général de ces grilles en indiquant l'objectif principal poursuivi, le type de secteur ou la population ciblée ainsi que les différentes catégories d'observation retenues. Vingt-trois grilles ont été conçues pour évaluer l'exposition telle que définie dans le cadre des études épidémiologiques ou pour documenter un secteur. Quatre avaient pour objet l'identification de facteurs de risque spécifiques (ex. : effort au-dessus d'un certain seuil ou intensité) ou de circonstances ou événements vus comme étant à risque (ex. : surface glissante) tandis que 11 autres caractérisaient l'activité de travail réalisée – via l'identification de modes opératoires ou de stratégies – sans considération particulière pour l'évaluation de l'exposition ou du

Tableau 1.1 Les 38 grilles d'observation : objectif^a, secteurs ciblés et catégories d'observation retenues

Étude	Travail / Secteur	Catégorie d'observation							Tâche / activité
		Posture	Effort	Objet	Environnement	Pieds	Mains		
A. Évaluation de l'exposition (n=23)									
1. Karhu et al., 1977	All	✓	✓	✓		✓	✓		
2. Saari and Wickström, 1978	Concrete reinforcement	✓	✓	✓	✓			✓	
3. Corlett et al., 1979	All	✓						✓	
4. Damlund et al., 1986	Semi-skilled construction	✓	✓	✓	✓			✓	
5. Keyserling, 1986	Automobile	✓							
6. Magnusson and Ötengren, 1987	Butchers	✓						✓	
7. Chen et al., 1989	All	✓			✓	✓	✓		
8. Keyserling, 1990	All	✓							
9. Louhevaara et al., 1990	Manual sorting	✓	✓					✓	
10. Malchaire and Rezk-Kallah, 1991	Bricklayers	✓	✓						
11. van der Beek et al., 1992	Lorry drivers	✓	✓	✓		✓			
12. Johansson et al., 1993	Truck assembly	✓		✓					
13. McAtamney and Corlett, 1993	Garment-making, VDU operators	✓	✓	✓		✓			
14. Pinzke, 1994	Agriculture	✓	✓	✓		✓			
15. Christensen et al., 1995	Wood/furniture	✓	✓	✓	✓				
16. Fransson-Hall et al., 1995	All	✓	✓		✓		✓		
17. Frings-Dresen, 1995	Refuse collectors	✓	✓	✓	✓			✓	
18. Grant and Habes, 1995	Grocery cashiers	✓					✓		
19. Thomas et al., 1995	Baggage handlers	✓			✓				
20. van der Beek and Frings-Dresen, 1995	Lorry drivers	✓	✓	✓	✓			✓	
21. Wiktorin et al., 1995	All		✓	✓			✓		
22. Buchholz et al., 1996	Construction	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
23. Wickström et al., 1996	Industrial work	✓	✓	✓				✓	
B. Évaluation du risque (n=4)									
24. Takala and Kukkonen, 1987	Nurses	✓	✓	✓	✓			✓	
25. Harber et al., 1988	Nurses	✓	✓	✓	✓			✓	
26. Schierhout et al., 1993	Manufacturing	✓	✓	✓	✓				
27. Winn Jr et al., 1996	Miners	✓	✓				✓		
C. Évaluation de l'activité (n=11)									
28. Drury et al., 1982	MMH		✓	✓	✓		✓	✓	
29. Lortie, 1986	Orderlies	✓	✓		✓			✓	
30. Stålhammer et al., 1986	Baggage handlers	✓	✓					✓	
31. Harber et al., 1987	Nurses	✓	✓	✓					
32. Foreman et al., 1988	All	✓					✓	✓	
33. Ryan, 1989	Supermarket	✓	✓					✓	
34. St-Vincent et al., 1989	Orderlies	✓	✓			✓		✓	
35. Harber et al., 1992	Cashiers	✓	✓	✓			✓		
36. Kuorinka et al., 1994	MMH warehouse	✓	✓	✓		✓	✓		
37. Baril-Gingras and Lortie, 1995	Handlers	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
38. Authier et al., 1996	Handlers	✓	✓			✓	✓	✓	
Total		36	28	21	14	10	13	19	

^a Objectif principal poursuivi.

risque. La majorité (70%) des grilles répertoriées étaient donc centrées sur l'évaluation des facteurs de risque.

La presque totalité des grilles propose l'observation de la posture (n=36) alors que la majorité inclut des variables liées à l'effort (n=28), à l'objet manipulé (n=21) ou à la tâche/activité réalisée (n=19). La moitié des grilles (n=17) considère simultanément la posture, l'effort et l'objet. Les observations associées aux autres catégories soit l'utilisation des pieds, l'utilisation des mains et l'environnement ont été retenues dans environ le tiers des grilles. Les deux tiers des grilles couvrent quatre ou moins de ces sept catégories d'observation. Ces résultats montrent que les grilles sont rarement systémiques et que la posture, l'effort et, dans une moindre mesure, l'objet sont les facteurs les plus considérés. À cet égard, Hildebrant (1987), dans une analyse portant sur cinq sources (trois livres et deux revues de littérature) centrées sur les facteurs de risque associés aux lombalgies, relevait que des 24 facteurs attribuables au travail (ex. : soulever, transporter, pousser/tirer), seulement huit étaient mentionnés dans plus de deux des cinq sources.

Le tableau 1.2 donne un aperçu des variables d'observation répertoriées ainsi que quelques exemples tirés des grilles. Comme on peut le voir, près de 70% (n=26) des 38 types de variables (variables posturales exclues) ont été utilisées par moins de 15% des 38 grilles recensées. Seulement deux variables – la nature de l'effort et le poids – sont présentes dans plus de 10 grilles. Bien que des facteurs de risque soient plus souvent regardés, on constate tout de même une variabilité importante des propositions d'observation recensées.

1.2 Variables d'observation proposées

Cette section donne un portrait plus détaillé des variables d'observation considérées dans ces grilles. Les variables posturales sont traitées séparément (section 1.2.3)

Tableau 1.2 Variables d'observation proposées dans les grilles recensées

Catégories ^a et sous-catégories	Exemples ^b	Études ^c
1. Effort (n=26)		
A. Nature de l'effort (n=18)	push, pull, lift, carry; dynamic, static	2,4,9,11,15,16,17,20,21,26,27,28,30,31,33,34,35,37
B. Classes d'intensité (n=4)	slight force; heavy effort; frequent lifting	4,10,13,27
C. Déplacement de l'objet ou trajectoire (n=3)	tilt of the object; sliding, pivoting	28,37,38
D. Utilisation du corps (n=2)	arms, back, legs action; lifting motion	4,34
E. Plan axe direction (n=5)	sagittal, asymmetric, vertical, horizontal	28,29,31,34,37
F. Contexte spatial (n=11)		
• Hauteur de prise et de dépôt (n=9)	above shoulder; below waist; below knee	15,16,25,26,28,29,31,36,37
• Distance corps-objet (n=6)	close (< 50cm), far (> 50 cm)	4,15,23,26,28,36
G. Support externe Réduction de charge (n=2)	supporting the extremities on the bed; leaning on one hand	23,34
2. Objet manipulé (n=23)		
A. Poids (n=17)		2,4,10,11,12,13,14,15,16,20,21,22,23,26,27,28,36
B. Typologie (n=5)	small box, bags, street litter	17,20,31,35,37
C. Caractéristiques (n=8)		
• Poignée Prise offerte (n=2)	2 hands symmetrical; handles positions	28,37
• Format (n=4)	irregular, cylindrical	4,28,36,37
• Patient (n=3)	activation of the patient; fighting patient	24,25,31
• Contenu (n=1)	loose content	28
• Qualité (n=2)	unhandy material, rigidity	15,37
3. Environnement de travail (n=14)		
A. Équipement et aide utilisé (n=5)	list of tools	4,22,24,25,29
B. Conditions ou événements défavorables (n=10)		
• Contrainte d'espace (n=5)	space between the furnishing; obstacles	17,20,24,28,28
• Effort ou charge inattendue (n=2)	stumbling; sliding	4,15
• Incidents (n=2)	extra events, sorting errors	16,19
• Autres conditions défavorables (n=4)	slippery footing; type of work surface	2,4,15,25
C. Agents physiques (n=4)		
• Temperature (n=3)	temperatures extremes; thermal load	4,7,26
• Vibration (n=3)	shocks; whole body vibration	2,7,26
4. Utilisation des pieds (n=10)		
A. Position des pieds (n=4)		
• Espacement (n=1)	close, somewhat apart, far apart	34
• Angulation (n=1)	parallel, at angle	34
• Disposition (n=1)	feet side by side, one behind	36
• Distance relative à la plate-forme (n=1)	0-16 cm, 16-32 cm, 32-48 cm, 48-64 cm	38
• En relation à l'axe du mouvement (n=1)	feet not or along the axis of movement	37
B. Support (n=7)		
• Base de support (n=5)	standing on the left leg; number of foot support	1,11,14,22,38
• Distribution du poids (n=1)	standing, body weight evenly distributed over both feet	13
C. Déplacement (n=1)	Primary workplace, 5-10 m, 10-50 m, > 50 m	7
5. Utilisation des mains (n=13)		
A. Contact avec l'objet (n=7)		
• Position sur l'objet (n=4)	symmetrical, asymmetrical	28,36,37,38
• Nombre de mains objet (n=2)	1 object 2 hands, 1 object 1 hand	18,28
• Type de prise (n=3)	power grip, precision grip	18,32,35
B. Position dans l'espace (n=7)		
• En référence au travailleur (n=6)	hand above shoulder level	1,16,21,22,27,32
• Région en avant du corps (n=1)	in box, edge of box, outside of box	7
6. Tâche et activité (n=19)		
A. Identification (n=4)	emptying concrete from the bucket	4,6,23,25
B. Découpage (n=15)		
• Tâche (n=9)	assembling tasks	2,3,9,17,20,22,29,32,33
• Spatio-temporel (n=7)	pre-graps, pick up, move carry, put down, adjust	22,24,26,30,34,37,38

^a La catégorie «posture» est traitée dans le tableau 1.3.

^b Tels que tirés des grilles répertoriées.

^c Voir article à l'appendice 2 pour identifier les références.

1.2.1 Effort, utilisation des pieds et utilisation des mains

Effort (n=26) : La nature de l'effort constitue l'objet d'observation le plus fréquent (n=18) – soulever (n=13), pousser (n=12) et tirer (n=11) étant les trois descripteurs les plus utilisés – suivi du contexte spatial (n=11) – principalement la hauteur de prise/dépôt et/ou la distance horizontale entre la charge et le sujet. L'observation d'autres éléments tels l'importance de l'effort (ex. : *slight force*), sa direction et son orientation a été peu fréquente. On traite dans trois grilles du déplacement de l'objet (ex. : inclinaison) ou de sa trajectoire (ex. : *sliding, pivoting*), souvent dans le but de coupler ce mouvement aux prises adoptées.

On trouve peu de propositions portant sur l'asymétrie d'effort. Les efforts asymétriques se définissent comme une sollicitation musculaire inégale entre les deux côtés du corps. Ils pourraient contribuer à augmenter les chargements au niveau lombaire comme le montrent l'activité électromyographique des *erectores spinae* (Kumar, 1980), les forces de compression et de cisaillement (Gallagher et al., 1994; Jäger et Luttman, 1992; Mital et Kromodihardjo, 1986) et les moments de réaction nets triaxiaux en L5/S1 (Gagnon et al., 1993). Lavender et al. (1989) rapportent la possibilité qu'un effort soudain et inattendu réalisé en asymétrie puisse augmenter les forces en cisaillement, associées aux maux de dos (Andersson, 1981).

On retrouve aussi peu de références aux efforts soudains et inattendus. Ces efforts sont associés à la notion «d'à-coups» portés aux structures et sont fréquemment mis en relation avec les accidents au dos (Magora, 1973; Andersson, 1981). On sait que la manutention est un secteur d'activité susceptible de regrouper des conditions pouvant conduire à de tels efforts.

Ainsi, déplacer une charge implique de devoir en contrôler la trajectoire de son lieu de prise à son lieu de dépôt. À ce niveau, on peut spéculer que des trajectoires plus fluides (sans à-coups) pourraient minimiser les contraintes articulaires. Des études biomécaniques (Scholz, 1993; Schneider et Zernicke, 1989; Flash et Hogan, 1985) se sont d'ailleurs intéressées à mesurer des changements brusques d'accélération dits «jerk» (la

dérivée de l'accélération) tels qu'appliqués à la charge ou aux articulations. La fluidité du mouvement, i.e. la minimisation des à-coups d'accélération et d'effort dans les patrons de déplacement de la charge, apparaît comme un observable pertinent à considérer. Comme on l'a vu, les déplacements et trajectoires de charges ont bien été observés, mais dans une toute autre optique (couplage avec la prise).

Utilisation des pieds (n=10) : On retrouve trois types de variables, soit la position des pieds (ex. : espacement entre les pieds, angulation, distance qui les sépare de la plateforme où repose la charge), la base de support et les déplacements. La seule variable proposée à plus d'une occasion est le nombre de pieds en contact avec le sol (base de support), i.e. un ou deux pieds au sol au moment où un effort est appliqué (n=5). Une étude s'est intéressée à la distribution du poids entre les deux pieds. À une exception près, la position des pieds n'est jamais proposée en même temps que la base d'appui.

Le positionnement des pieds est présentement reconnu comme ayant un impact sur les contraintes lombaires (Delisle et al., 1998; Gagnon et al., 1993; Anderson et Chaffin, 1986). Certains modes de placement/déplacement des pieds (ex. : pivots des pieds, flexion des genoux) contribueraient par exemple à minimiser les efforts asymétriques au dos. Par ailleurs, on sait que les caractéristiques de la base de support sont en lien avec la qualité de l'équilibre (Kirby et al., 1987; Holbein et Redfern, 1997; Holbein et Chaffin, 1997). Des variations de distance antéro-postérieure et en largeur de même que l'angulation entre les pieds auraient toutes un impact sur l'équilibre. Un travail actif de stabilisation des pieds dans le but de préserver son équilibre, qui semble surtout passer par l'action du gros orteil, a été mis en relation avec l'angle de bascule – une mesure de la déportation du centre de gravité d'une personne vers les limites extérieures de sa base d'appui (Tanaka et al., 1996; Sasaki et al., 1990).

Plusieurs études montrent que les pertes d'équilibre sont une source non négligeable d'accidents ou de blessures au dos (Manning et al., 1988; Strandberg, 1985; Leamon et Murphy, 1995). Par exemple, les chiffres de la commission de la santé et de la sécurité en Angleterre montrent que le triplet glisser/trébucher/chuter constitue 20% des

blessures ayant occasionné une absence au travail de plus de trois jours et 35% de toutes les blessures majeures (Bently et Haslam, 1997). Tant l'analyse des accidents de manutention que les entretiens menés avec des manutentionnaires confirment l'importance de l'équilibre et son caractère multifactoriel (Lortie et al., 1996; Authier et Lortie, 1993).

Quelques grilles proposent de fait des observables liés aux pertes d'équilibre (ex. : *stumbling, sliding*). Toutefois, lorsqu'on demande à des manutentionnaires experts d'analyser les stratégies de manutention adoptées par des manutentionnaires novices, ils parlent d'équilibre sans qu'il y ait nécessairement de pertes d'équilibre (Authier, 1996). Les problèmes d'équilibre auxquels ces derniers réfèrent ne sont pas en lien avec l'interface pied/sol (*underfoot accidents*), mais avec des paramètres d'exécution (ex. : position de la charge et des appuis). De plus, l'observation d'incidents se produisant en cours de manutention montre que les pertes d'équilibre comme telles sont peu fréquentes (une par 215 manutentions – Lortie et Pelletier, 1996). L'observation des pertes d'équilibre ne semble pas suffisante pour comprendre les problèmes d'équilibre. Une difficulté d'équilibre, quelle qu'elle soit, peut entraîner des mouvements correctifs rapides nécessaires au rétablissement de l'équilibre et être dommageable pour le dos. Présentement, bien qu'il y ait des évidences qui suggèrent que l'équilibre est important, il est peu intégré dans les grilles d'observations. Les problèmes d'équilibre en manutention sont probablement sous-estimés à l'heure actuelle.

Utilisation des mains (n=13) : Deux observations de base sont proposées : l'observation du contact entre la main et l'objet (ex. : ratio main/objet) ou la position spatiale de la main, généralement en référence au travailleur (ex. : plus basse ou plus haute que les épaules). La plupart des observations liées aux mains ont comme intérêt l'évaluation de la contrainte. Quelques études ont par ailleurs décrit des modes opératoires et stratégies pour saisir la charge via la localisation des mains, des préoccupations concernant le contrôle et l'asymétrie pouvant être à la base de cette caractérisation. La localisation des mains apparaît donc comme un observable pertinent.

En effet, la manutention implique de devoir contrôler adéquatement la charge et certaines caractéristiques de cette dernière (ex. : plus lourde que prévue ou centre de gravité décentré) peuvent compromettre la manoeuvre. Une étude de terrain (Lortie et Pelletier, 1996) a montré qu'un incident sur quatre lors d'une tâche de manutention manuelle implique un problème de contrôle. Les manutentionnaires experts insistent d'ailleurs sur l'importance du contrôle de la charge (Authier et Lortie, 1993).

La localisation des mains, couplée aux mouvements de la charge, a aussi été mise en relation avec l'asymétrie de posture et d'effort au dos (Delisle et al., 1996a). Authier et al. (1995, 1996) ont mis à jour la grande diversité des combinaisons prises/inclinaisons de boîtes, mais les combinaisons optimales n'ont pas été démontrées (Delisle et al, 1996a).

1.2.2 Objet manipulé, environnement de travail et tâches/activités

Ces trois catégories de variables seront brièvement abordées puisque, comme nous le verrons plus loin, la présente étude s'est déroulée dans un contexte de laboratoire où la tâche, les contenants de même que l'environnement faisaient l'objet d'un contrôle.

L'objet manipulé (n=23) : C'est la deuxième catégorie de variables la plus fréquemment proposée avec trois sous-catégories : le poids (n=17), les différentes caractéristiques de l'objet (n=8) – la plus commune étant le format (ex. : irrégulier, cylindrique) (n=4) – et une typologie des contenants manipulés (ex. : petites boîtes, sacs) (n=5).

Environnement de travail (n=14) : Le type de variables le plus souvent proposé a trait à la présence ou non de conditions ou événements défavorables. Toutefois, les propositions d'observation (ex. : contrainte d'espace, présence d'obstacles, surfaces glissantes) portent spécifiquement sur un ou deux éléments. Les autres catégories de variables concernent les équipements utilisés et les agents physiques, essentiellement la température et les vibrations.

Tâche et activité (n=19) : Outre l'identification des tâches constituant le travail, on retrouve dans cette catégorie les formes de découpages des tâches et activités observées.

Deux stratégies d'observation dominantes ont été identifiées. La première met l'accent sur la tâche alors que l'observation est organisée autour de descripteurs qui divisent la tâche avec un niveau de précision qui peut varier (ex. : *steel rod preparation phase, assembling tasks vs work tasks, work function, work operation*).

Dans la seconde stratégie, la division est spatio-temporelle : les activités de travail sont découpées en de plus petites unités dans le but de pouvoir faire des observations à des moments précis. Par exemple, dans la grille de Drury et al. (1982), la manutention de boîtes était découpée en trois phases (*start, during, stop*) et cinq étapes (*pre-grip, pick up, move/carry, put down, adjust*). Ce mode de découpage en phases apparaît important pour interpréter l'interaction possible entre plusieurs observables. En effet, pouvoir situer le moment où une variable est observée permet de l'associer à une autre ou à plusieurs autres variables observées au même instant ou dans la même période de temps.

1.2.3 Posture

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la posture est la catégorie d'observation la plus souvent proposée. Mise à part l'identification du type de posture (ex. : *kneeling, standing*), l'observation est principalement centrée sur les déviations articulaires aux quatre régions que sont le dos, le cou, l'épaule et le genou. Le tableau 1.3 montre que la flexion sagittale est de loin l'observable le plus retenu, deux fois plus souvent en fait que le second en lice qui est la rotation/torsion. Cette dernière, avec la flexion latérale, sont des variables associées à l'asymétrie de posture. Des études ont démontré que la résistance des tissus mous (disques, ligaments) était affectée par l'asymétrie et qu'elle pouvait causer une rupture des disques intervertébraux (Adams,

Tableau 1.3 Observation de la posture: déviation et amplitude angulaire pour chaque classe utilisée

Posture	études	Nombre de			Amplitude angulaire			
		classes (n)	propositions différentes	A/P ^a	1 ^{re} classe	2 ^e classe	3 ^e classe	4 ^e classe
A. Dos (n=33)								
Flexion sagittale	32	2 (11)	7	5	15°-60°	>15° & >45°		
		3 (15)	8		0°-30°	10°-90°	>45° & >90°	
		4 (6)	3		6°-45°	15°-90°	45°-135°	>75°- >135°
Extension	6	2 (6)	3	3	<5° & <-20°	>5° & >-20°		
Flexion latérale	5	2 (5)	2	4	<45°	45°-90°		
Rotation/Torsion	14	2 (14)	3	12	<20° & <45°	>20° & >45°		
Flexion sagittale & rotation	7	2 (7)	3	3	<10° & <20°	>20° & 10°-90°		
Flexion latérale &/ou rotation	8	2 (6)	3	3	<20° & <30°	>20° & >30°		
		3 (1)	1		<15°	15°-45°	>45°	
		4 (1)	1		<15°	15°-45°	45°-75°	>75°
B. Épaule (n=15)								
Flexion sagittale	10	2 (5)	2		<45° & <60°	>45° & >60°		
		3 (2)	2		<30° & <45°	30°-90°	>90°	
		4 (3)	2		10°-45°	10°-90°	45°-135°	>90° & >135°
Extension	3	2 (2)	2		<-20° & <-30°	>-20° & >-30°		
		4 (1)	1		<45°	45°-90°	90°-135°	>135°
Flexion & abduction	4	2 (2)	2	1	<60°	>60°		
		3 (2)	1		<45°	45°-90°	>90°	
Abduction / adduction	3	2 (2)	2	1	<60°	>60°		
		4 (1)	1		<45°	45°-90°	90°-135°	>135°
Rotation externe	1	2 (1)	1	1				
Élévation	2	2 (2)	1	2				
C. Cou (n=10)								
Flexion sagittale	10	2 (6)	3	4	<30° & <20°	>30° & >20°		
		3 (3)	3		10°-20°	10°-45°	>20° & >45°	
		4 (1)	1		<45°	45°-90°	90°-135°	>135°
Extension	4	2 (4)	2	3	<-20°	>-20°		
Flexion latérale	5	2 (5)	3	3	<30° & <45°	>30° & 45°-90°		
Rotation	6	2 (6)	2	4	<45°	>45°		
Flexion sagittale & rotation	1	2 (1)	1		<20°	>20°		
Flexion latérale &/ou rotation	1	3 (1)	1		<15°	15°-45°	>45°	
D. Genou (n=11)								
Flexion sagittale	11	2 (8)	4	3	<15°-50°	>15°-50°		
		3 (2)	2		<10° & <30°	10°-80°	>45° & >80°	
		4 (1)	1		<45°	45°-90°	90°-135°	>135°

^a Notation sous la forme «absence / présence»

1980; Gunzburg et al., 1991; Shirazi-Adl, 1989). Bien que présente dans les grilles, la façon d'observer l'asymétrie de posture ne ressort pas clairement.

En effet, la majorité des déviations posturales sont observées élément par élément. Pourtant, dans la moitié des cas concernant la rotation du dos, l'observation est combinée avec la flexion latérale ou sagittale. Par contre, il n'est pas évident de savoir si le but est de considérer ces combinaisons en elle-mêmes ou pour contourner certaines difficultés liées à l'observation (ex. : angle de caméra). Baty et al. (1986), dans une étude chez des infirmières, ont enregistré les niveaux d'accord les plus faibles pour les mouvements de torsion (pourcentage d'accord de 20%).

Dans des études biomécaniques antérieures, il est apparu possible de réduire les efforts couplés en torsion et en inclinaison au dos lorsque les manœuvres asymétriques sont exécutées en maintenant les épaules parallèles au sol (Gagnon et Gagnon, 1993; Plamondon et al., 1995). En effet, malgré une apparente asymétrie posturale, les contraintes mesurées au dos ne confirmaient pas ce qui était observé. Ce parallélisme des épaules avec le sol pourrait être à l'origine de cette contradiction, mais l'hypothèse reste à vérifier. Cette observation, en apparence plus facile, pourrait être intéressante à considérer.

1.3 Découpage des variables

Un souci majeur lors de la conception d'une grille d'observation, outre le choix des observables, concerne le choix des classes et descripteurs de la variable à observer, i.e. le découpage de la variable. Puisque les déviations posturales à observer sont de nature continue, le nombre de classes (2, 3 ou 4) et leurs limites doivent être définies pour ainsi classer les observations, ce qui fait de la posture une catégorie unique pour l'analyse du découpage des variables.

Comme on peut le constater au tableau 1.3, aucune proposition dominante n'a pu être identifiée et ce, peu importe l'articulation considérée. Par exemple, 18 propositions différentes ont été identifiées pour les 32 grilles qui ont proposé l'observation de la

flexion sagittale. Dans les 11 cas où deux classes sont proposées, on retrouve six découpages différents, la première classe variant entre 15° et 60°. Des 10 grilles qui proposent l'observation de la flexion sagittale à l'épaule et au cou, respectivement six et sept propositions différentes sont enregistrées. Pour ce qui est de la flexion aux genoux, 11 grilles proposent sept découpages différents. Les variables moins souvent observées ou qui présentent une amplitude articulaire moins grande montrent la même variabilité. Par exemple, sur les six propositions pour l'extension lombaire, trois sont différentes.

Finalement, la relation entre le nombre de classes et le découpage a été analysée. Une augmentation du nombre de classes correspond principalement à une augmentation de l'amplitude totale considérée à l'articulation plutôt qu'à un découpage en classes plus fines.

Quand deux classes sont proposées, la valeur qui les sépare représente souvent un seuil à partir duquel une déviation est considérée comme étant significative. L'analyse montre qu'il n'y a pas de valeur seuil qui fasse consensus. Par exemple, les valeurs entre les deux classes pour la flexion lombaire varient de 15° à 60° et de 10° à 45° pour la rotation.

D'autres valeurs de référence, comme la fréquence ou la durée nécessaire pour enregistrer un événement, ont été examinées. Quatre propositions ont été identifiées : 10 secondes comme valeur minimale pour enregistrer une déviation posturale ; une fréquence de 4/minute ou une proportion de temps correspondant à 50% pour considérer une situation comme répétitive.

Ces résultats montrent combien il peut être difficile de choisir un nombre de classes et un découpage et d'en justifier la pertinence. Il semble que cette situation reflète le manque de données fondamentales pour appuyer les choix. Des études biomécaniques et physiologiques mènent en effet à des résultats ou conclusions contradictoires quant à l'importance de certains facteurs de risque, la nuance étant souvent au niveau du seuil à considérer pour qu'un facteur soit identifié comme étant à risque. Par exemple, il n'y a

pas de consensus clair sur la notion de risque associée à la torsion (Schultz et al., 1982; Adams et Hutton, 1981; Goel et al., 1986) ou à l'extension lombaire (Adams et Hutton, 1983; Burton et al., 1994; Jackson, 1992). Quelques études soulignent même des avantages à adopter des comportements soi-disant à risque (Marras et Mirka, 1989; Gravel et al., 1992; Adams, 1996).

2. Bilan des informations méthodologiques recensées

Soixante-douze articles ont été considérés pour cette seconde partie. Outre les 38 premiers articles qui proposaient une nouvelle grille ou certaines modifications à une grille existante, 34 articles supplémentaires ont été ajoutés. Il s'agissait d'applications d'une grille déjà publiée (n=27) où d'articles qui discutaient de problèmes méthodologiques liés à l'observation (n=7).

Tous les extraits touchant spécifiquement au protocole d'observation, tels la formation, les procédures d'observation, le matériel utilisé, les tests de reproductibilité et de validité interne, ont été recensés. Pour ce qui est de la formation, les informations rapportées sur les modalités comme la durée, le matériel didactique, l'évaluation ou les qualifications du formateur ont été relevées. Les détails sur les tests de reproductibilité intra et interobservateurs, le nombre d'observateurs, les tests statistiques utilisés et le seuil considéré acceptable pour retenir une variable ainsi que sur la validité interne ont fait l'objet d'un recueil systématique. Les informations touchant au processus de développement comme la définition des critères d'observation et l'identification de problèmes liés à l'observation ont aussi été enregistrées.

2.1 Évaluation de la fiabilité (ou reproductibilité)

Cinq tests ont été utilisés pour évaluer la fiabilité, le pourcentage d'accord (Po : n=15) étant de loin le test d'accord le plus populaire, suivi du coefficient de kappa (κ : n=6). Trois autres tests ont été utilisés de façon marginale : le coefficient de corrélation (n=4), le coefficient de concordance de Kendall (n=1) et le test des signes de Wilcoxon (n=1). Comme le montrent les données publiées par plusieurs auteurs, un haut pourcentage d'accord peut être associé à un kappa faible (*leg support* : Po=91.2 vs

$\kappa=0.24$ – van der Beek et al., 1992 ; distance de la charge par rapport au corps : $Po=77$ vs $\kappa=0.26$ – Wickström et al., 1996) si les désaccords surviennent au niveau des événements rares (Feinstein et Cicchetti, 1990; Cicchetti et Feinstein, 1990). Le coefficient de kappa est le plus recommandé puisqu'il tient compte de la proportion de l'accord qui est attribuable à la chance (Cohen, 1960). L'utilisation seule du pourcentage d'accord peut conduire à surévaluer la fiabilité (Burt et Punnett, 1999).

Les seuils considérés acceptables pour ces deux tests (Po et k) ont été recensés. Trois seuils différents sont proposés pour Po (80%, 85% ou 90%) et deux pour le kappa (0.5 et 0.6). Il ne semble pas y avoir de justification particulière quant au choix d'un seuil acceptable, le seul argument étant vraisemblablement le degré de fiabilité que l'on veut atteindre dans le processus de classification des variables qui n'est pas indépendant des conséquences que ce classement peut entraîner (ex. : diagnostic médical).

Quarante-quatre pour cent des grilles recensées rapportent des données sur la fiabilité de leurs observations (grilles nouvelles ou modifiées : $n=21$; applications : $n=8$). Comme on peut le voir au tableau 1.4, les pourcentages d'accord obtenus pour différentes variables couvrent une large étendue, allant d'excellent ($> 90\%$) à plutôt bas (56%). Bien que l'accord enregistré pour la flexion au dos soit autour de 75%, il peut atteindre 90%. Il est raisonnable de penser qu'un faible taux d'accord pour une variable comme «assis» est le résultat d'une définition inappropriée ou incomplète de ce que veut dire être assis plutôt qu'aux capacités d'observation.

En général, lorsque des tests intra (constance de la mesure pour un même observateur) et interobservateurs (constance de la mesure pour des observateurs différents) sont effectués, les résultats semblent meilleurs pour les premiers. Toutefois, obtenir de bons taux de reproductibilité intra-observateur peut résulter aussi d'un biais

Tableau 1.4 Fiabilité des observations: résultats obtenus pour différentes variables

Variables d'observation	Test	Fiabilité		Réf.
		Intra	Inter	
Debout				
O/N ^a	<i>r</i>	0.83	—	3
O/N : fréquence ; durée	<i>Po</i>	92, 87 ; 93, 92	87 ; 88	32
Flexion sagittale du dos				
< 5° 6-30° 31-60° 61-90° > 90°	<i>Po</i> ; κ	86 ; 0.81	81 ; 0.73	23
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	<i>Po</i> ; κ	—	79 à 85 ; 0.61 à 0.72	11
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	<i>Po</i> ; κ	—	76 ; 0.68	69
< 45° 45-90° 90-135° > 135°	<i>r</i>	0.75	—	3
< 20° 20-45° > 45°	<i>Po</i>	73	61, 82 ^b	22
< 20° 20-45° > 45°	—	données brutes	données brutes	5
> 20°	<i>r</i>	0.77	0.74	18
> 60°	<i>r</i>	0.91	—	24
> 15° : fréquence ; durée	<i>Po</i>	98, 99 ; 90, 93	91 ; 94	32
> 30°	<i>r</i>	0.41	—	24
Mains > genoux : fréquence ; durée	<i>Po</i>	92, 75 ; 88, 76	90 ; 61	32
Rotation/ flexion latérale du dos				
O/N	<i>r</i>	0.97	—	24
O/N	<i>Po</i> ; κ	—	94 à 96 ; 0.48 à 0.59	11
O/N	<i>Po</i> ; κ	84 ; 0.60	56 ; 0.24	23
> 20°	—	données brutes	données brutes	5
Flexion/abduction aux épaules				
< 45° 45-90 > 90°	—	données brutes	données brutes	5
< 60° > 60°	<i>Po</i> ; κ	—	90 à 93 ; 0.51 à 0.65	11
< 60° > 60°	<i>Po</i> ; κ	—	90 ; 0.79	69
> 60°	<i>r</i>	0.83	0.89	18
Coudes vs hauteur des épaules	<i>Po</i>	97	78, 99 ^b	22

^a Notation Oui / Non^b Deux tâches différentes

systematique, particulièrement si un seul observateur est utilisé. Les résultats tendent à montrer – tout comme l'avait conclu Kilbom (1994) dans sa revue de 19 grilles – que l'observation peut être fiable. Par contre, les quelques résultats plutôt faibles enregistrés ainsi que l'écart de performance pour des variables similaires suggèrent que des conditions particulières doivent être rencontrées si on désire obtenir de bons résultats.

2.2 La validité interne

La validité interne d'une recherche concerne uniquement la valeur de son cadre, ses objectifs et ses méthodes. Elle est entre autres liée aux fluctuations ou aux erreurs de mesures dues aux instruments (ex. : calibration déficiente). Le caractère valide d'un instrument désigne sa capacité à mesurer ce qu'il doit mesurer.

Onze études rapportent des résultats sur la validité interne, essentiellement pour des variables posturales et principalement pour la flexion sagittale (tableau 1.5). Les observations sont comparées avec une mesure plus précise (analyse vidéo) ou directe, que ce soit sur le sujet (inclinomètre/goniomètre) ou par analyse cinématique (*optoelectronic recording*). Deux aspects sont considérés, à savoir la fréquence ou proportion d'attribution aux différentes classes et la précision des observations. Comme le découpage des classes et l'instrument de comparaison utilisés ne sont pas identiques, les comparaisons précises entre les études sont impossibles. Même si les résultats sont très variables, plusieurs études montrent que la validité interne peut être excellente. Par exemple, un coefficient de corrélation de 0.98 et une moyenne de l'erreur absolue inférieure à 5° sont rapportés par van der Beek et al. (1992) pour la flexion sagittale où quatre classes d'observation ont été utilisées. Pour l'observation de la flexion à l'épaule, Genaidy et al. (1993) rapportent une erreur moyenne de 9°.

La validité pour la fréquence et la durée ont aussi été évaluées dans trois études (Karlqvist et al., 1994; Fransson-Hall et al., 1996; Buchholz et al., 1996). Les résultats montrent que lorsque la fréquence est sous-évaluée, la durée peut, au contraire, être sur-évaluée, deux événements différents étant considérés comme un seul.

Tableau 1.5 Validité interne: éléments évalués, critères de comparaison utilisés et principaux résultats

Postures (n) ^a	Critère utilisé	Échantillon	Principaux résultats ^b	Réf.
Précision de l'angle				
Flexion du tronc: <15°, 15-45°, 45-75°, >75°	Optoelectronic VICON	25 photos 2 observateurs	$r = 0.98$ Mean of absolute error < 5° for both obs.	11
Flexion à l'épaule: <60°, 61-120°, 121-180°	Goniometer	18 observations (30s/observations) 20 observateurs	Slightly overestimated for 1-60° Slightly underestimated for the 2 others Average absolute error of 9.2°	68
Fréquence / durée				
Postures (10)	Frame-by-frame method	1 observateur	$r = 0.65$ to 0.82 for head and trunk $r = 0.01$ to 0.49 for arm and leg	3
Postures (7)	Frame-by-frame method	75s : 1 observateur	Good, except for mild flexion, twisted/bent	5
Postures (3), MMH	Video analysis + goniometer	20 observations 5 observateurs	Best agreement: "right hand > shoulder" Trunk flexion overestimated ; Duration of neck fl. vastly overestimated ; In general, frequency underestimated	16
Mains > épaules ou < taille	Arm position analyzer	374 min. (69 sujets) 5 observateurs	$r = 0.69$ to 0.97	21
Postures du tronc (5)	Frame-by-frame method	2 hrs : 1 observateur	Most marked difference for neutral (21%) and moderate flexion (24%)	22
Flexion du tronc: 20-60°, >60°	Trunk flexion analyser	58, 45, 31 et 41 min. 1 observateur	Modest trunk flexion (20-60°) underestimated	42
Flexion du tronc: >20°	Inclinometer	180 obs./travailleur 30 travailleurs	Sedentary work $r = 0.62$ Dynamic work : $r = 0.57$ Large differences (> 20%) found at individual level	67
Postures (4), charge	Optoelectronic VICON	21 min.: 2 observateurs	Poor for torso flexion ($\kappa = 0.38$), arms ($\kappa = 0.43$), and legs ($\kappa = 0.46$), load handled ($\kappa = 0.50$) Acceptable for gross body posture ($\kappa = 0.79$)	69
Postures (4), actions (4)	Optoelectronic Selspot II + video	10 min./tâche 1 observateur	High agreement : duration and frequency of clearly identifiable sustained postures and actions Lowest agreement : postures of the neck	71

^a Nombre de postures évaluées^b Tels que rapportés dans les études

2.3 Facteurs pouvant avoir un impact sur la qualité de l'observation

2.3.1 La formation

Des 29 articles qui mentionnent cette question, 13 donnent des informations sur les modalités de formation et neuf spécifient une durée de formation ou de pratique. Aucune étude utilisant une grille déjà publiée ne donne des renseignements sur la formation des observateurs. Il est difficile d'analyser clairement l'impact de la formation puisque peu d'études testent les mêmes variables. Les tâches observées sont différentes et le niveau de complexité des grilles varie. Néanmoins, certains facteurs se dégagent.

La durée de formation/pratique est un premier facteur à considérer. Elle peut varier d'une heure à plusieurs jours avec des périodes supplémentaires de pratique qui s'échelonnent jusqu'à un mois. Mentionnons que la distinction entre les périodes de formation et de pratique n'était pas toujours facile à établir et que les longues périodes de formation incluent sans doute des sessions de pratique. En général, le recours à de plus longues périodes de formation et/ou de pratique correspond à l'utilisation de grilles plus complexes.

Comme on peut le voir au tableau 1.6, aucun avantage clair n'a pu être mis en évidence par l'ajout d'une période de pratique suite à une formation ou par une plus longue période de formation – où des sessions de pratique sont possiblement planifiées. Par exemple, dans le cas de la flexion sagittale, la fiabilité est semblable après une heure ou quelques jours de formation ($r=.75$ – Corlett et al., 1979; $Po=.79$, $\kappa=.61$ – van der Beek et al. 1992). Toutefois, d'autres bénéfices peuvent être envisagés par de plus longues périodes de formation et/ou d'entraînement comme l'amélioration des habiletés des observateurs (ex. : plus rapide, meilleure capacité à mémoriser les variables), la diminution de l'effet de fatigue, etc.

van der Beek et al. (1992) rapportent une amélioration constante mais faible (jusqu'à 6%) entre deux sessions de formation. Cependant, ils attribuent cette amélioration à des précisions supplémentaires apportées aux critères d'observation. Ces

Tableau 1.6 Fiabilité des observations: impact de la formation vs la pratique des observateurs

Variables d'observation	Formation	Pratique	Test	Fiabilité		Réf.
				Intra	Inter	
Debout						
O/N	1 heure	-	<i>r</i>	0.83	-	3
O/N fréquence durée	1 session	90 hrs	<i>Po</i>	87 vs 92 92 vs 93	87 88	32
Flexion sagittale du dos						
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	4 jours	4 × ½ jours ^b	<i>Po</i> ; κ	-	79 vs 83 ; 0.61 vs 0.69	11
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	-	1 semaine	<i>Po</i> ; κ	-	76 ; 0.68	69
< 45° 45-90° 90-135° > 135°	1 heure	-	<i>r</i>	0.75	-	3
< 20° 20-45° > 45°	2 hrs	20 hrs	-	donnée brute	donnée brute	5
< 20° 20-45° > 45°	30 hrs	-	<i>Po</i>	73	61, 82 ^a	22
> 15° fréquence durée	1 session	90 hrs	<i>Po</i>	99.5 vs 98 93 vs 90	91 94	32
Mains > genoux fréquence durée	1 session vs	90 hrs	<i>Po</i>	75 vs 92 76 vs 88	90 61	32
Rotation/flexion latérale dos						
O/N	4 jours	4 × ½ jours ^b	<i>Po</i> ; κ	-	95 vs 94 ; 0.49 vs 0.48	11
> 20°	2 hrs	20 hrs	-	donnée brute	donnée brute	5
Flexion/abduction des épaules						
< 45° 45-90 > 90°	2 hrs	20 hrs	-	donnée brute	donnée brute	5
< 60° > 60°	4 jours	4 × ½ jours ^b	<i>Po</i> ; κ	-	90 vs 93 ; 0.51 vs 0.53	11
< 60° > 60°	-	1 semaine	<i>Po</i> ; κ	-	90 ; 0.79	69
Elbow vs shoulder height	30 hrs	-	<i>Po</i>	97	78, 99 ^a	22
Autres						
4 post. : 5 activités: fréquence durée	- -	10 vs 100 hrs	<i>W'</i>	- -	0.75 vs 0.67 0.76 vs 0.89	16

^a Deux tâches différentes

^b Les critères d'observation ont été modifiés entre les deux sessions

critères sont les repères qui indiquent comment procéder pour réaliser l'observation et ils sont indissociables de la formation puisque cette dernière porte sur leur compréhension et application. Toutefois, la définition des critères d'observation est un facteur peu abordé dans les articles. Sans des critères d'observation clairement définis, une grille ne peut prétendre être fidèle. Ces derniers sont essentiels pour limiter au maximum la part de jugement nécessaire à l'attribution d'un événement à une classe préétablie. Malheureusement, l'espace disponible dans les revues limite la description complète des critères.

En général, les résultats montrent qu'une attention particulière accordée aux critères d'observation et/ou à la méthode de formation (ex. : utilisation de support visuel) ont un impact plus grand sur la fiabilité que la longueur de la formation et/ou de la pratique. En général, des observateurs formés ont démontré qu'ils étaient en mesure d'utiliser des grilles complexes et d'atteindre des niveaux d'accord supérieurs à 90% (Karhu et al., 1977; Keyserling, 1986; St-Vincent et al., 1989).

2.3.2 L'expérience des observateurs

Une seule étude portait sur l'impact du niveau d'expérience des observateurs (Fransson-Hall et al., 1995). Les résultats tendent à montrer que des observateurs expérimentés et inexpérimentés obtiennent les mêmes niveaux de reproductibilité. Par ailleurs, il a été démontré que des observateurs expérimentés, dans les études de temps et mouvement, ont besoin de «recalibration» périodique (Barnes, 1950).

2.3.3 Le matériel observé

L'impact de la tâche observée a aussi été regardé. Nous avons retracé sept études où les données de reproductibilité pour une même variable sont présentées pour différentes tâches. La tâche apparaît avoir un impact majeur sur la fiabilité des observations (ex. : Po pour la flexion sagittale ; tâche 1 = 61%, tâche 2 = 82% | Flexion des bras ; tâche 1 = 78%, tâche 2 = 99% – Buchholz et al., 1996). On peut penser que cela reflète la difficulté du matériel observé. On pourrait ainsi obtenir des taux de

reproductibilité très satisfaisants pour une tâche et ne pas pouvoir obtenir les mêmes résultats pour une autre tâche.

Par exemple, la posture est une variable continue où la difficulté d'observation réside dans la distinction entre deux intervalles angulaires. Il devient difficile d'associer une observation à une catégorie donnée, en particulier aux zones frontières. Cela peut expliquer en partie l'impact d'une tâche qui présenterait une forte proportion d'éléments qui seraient à la frontière entre deux classes, spécialement quand seulement un ou deux observateurs sont impliqués. Comme les observateurs semblent présenter des tendances à l'observation, les erreurs de classifications peuvent devenir importantes quand uniquement un ou deux observateurs sont utilisés. Par contre, les études montrent que les observateurs sont assez bons pour évaluer un angle : ils savent probablement lorsqu'ils se retrouvent dans une zone frontière. Cette habileté pourrait être utile.

L'observation d'un travail dynamique et l'observation à partir d'une interface à deux dimensions comme la vidéo sont brièvement discutées dans les articles comme étant d'autres problèmes potentiels. Par exemple, lorsqu'on observe la posture – un phénomène à trois dimensions – à l'aide d'un support vidéo, une dimension est absente. Des problèmes de perspectives sont alors à anticiper (Paul et Douwes, 1993). La position et l'orientation de(s) la caméra(s) par rapport à l'individu observé sont des sources pouvant occasionner ces erreurs de perspective. Deux tâches identiques, filmées de façon différente ou dont le travailleur se positionne différemment par rapport à la caméra, pourraient ne plus être similaires du point de vue de l'observation.

3. Synthèse et objectifs de l'étude

3.1 Ce qui est observé

D'une part, cette revue montre que les propositions d'observation portent souvent sur les mêmes éléments, mais de façon très variée. Les grilles d'observation recensées sont majoritairement conçues pour identifier des facteurs de risque dans le travail, principalement les postures, les efforts et les caractéristiques de l'objet manipulé. L'analyse détaillée des variables d'observation choisies montre une hétérogénéité dans le choix et les définitions. En effet, seulement deux variables – le poids de la charge et la nature de l'effort – des 38 variables analysées (variables posturales exclues) ont été utilisées par plus de 10 grilles tandis que 26 le sont par moins de cinq grilles. Dans le cas de la posture, de loin la catégorie la plus considérée, un nombre important de propositions d'observation a été relevé.

D'autre part, même si un grand nombre de variables différentes a été répertorié, on constate tout de même des absences. Ce constat est particulièrement vrai en ce qui a trait à des conditions potentiellement à risque avec lesquelles le travailleur doit composer telles l'équilibre, le contrôle de la charge et la fluidité du mouvement. En fait, ce qui s'y rapproche le plus sont les variables que l'on retrouve dans la catégorie «environnement de travail». Dans le cas de l'équilibre, certains éléments d'observation retenus (ex. : nombre d'appui au sol ou utilisation de support externe) peuvent y être associés, mais ne sont pas proposés pour cette finalité. Dans le cas du contrôle, les observations ont porté jusqu'à présent sur des facteurs qui déterminent le contrôle (ex. : changement de prises ou localisation des mains) et sur les difficultés flagrantes de contrôle (ex. : échapper). Aucune proposition sur la fluidité du mouvement n'a été relevée.

Bien que des observables en lien avec l'asymétrie de posture soient proposés, la manière d'observer n'apparaît pas claire. Dans les grilles recensées, certains éléments étaient parfois regardés ensemble (ex. : flexion sagittale combinée avec la flexion latérale ou la torsion), mais apparemment plus pour surmonter des problèmes d'observation (utilisation de matériel vidéo, i.e. à deux dimensions) que par intérêt pour l'asymétrie de posture. On fait peu référence aux asymétries d'effort.

Au niveau du découpage des variables, particulièrement pour les éléments qui font l'objet le plus souvent d'observations, on constate qu'il n'y a pas consensus. Par exemple, des 32 propositions d'observation pour la flexion sagittale au dos, 18 avaient des valeurs angulaires différentes. Le choix d'un découpage est pour le moins complexe, une difficulté majeure ayant trait à la possibilité de trouver une justification expérimentale. Par exemple, à partir de quel angle une flexion lombaire doit-elle être considérée? Comme on l'a vu, ces données ne sont pas toujours disponibles ou clairement établies ce qui pourrait expliquer en partie que les choix aient été rarement justifiés.

L'objectif de certaines grilles n'était pas d'évaluer le risque, mais de caractériser l'activité de travail via les modes opératoires et les stratégies. Ces grilles pouvaient à l'occasion inclure des variables d'exposition ou de risques, mais l'intérêt était davantage centré sur l'observation des circonstances entourant le travail et à leur gestion par les travailleurs. Bien que ces études n'aient pas davantage considéré les conditions à risque qui nous intéressent, elles proposent des variables d'observations qui ont un lien avec ces dernières (ex. : le nombre de pieds au sol au moment de l'effort ou la localisation des mains sur la charge). L'intérêt majeur de cette forme d'observation est qu'elle offre la possibilité d'identifier et de comprendre les comportements qui permettent à celui qui réalise le travail de gérer ces conditions à risque : comment le travailleur arrive-t-il à être en équilibre tout en soulevant une charge, comment en assure-t-il le contrôle pour qu'elle ne lui occasionne pas de problème durant son transport? Ce lien entre les modes opératoires et les conditions à risque est important puisqu'il permet de pouvoir agir sur ce qui pose problème, par exemple lors d'un programme de formation.

Néanmoins, il a été souvent difficile de faire un lien entre les observations proposées dans ces grilles et des données expérimentales. Par exemple, la base de support et la position des pieds au moment de l'effort ont été observées dans quelques études, et le positionnement des pieds est effectivement reconnu comme ayant un impact sur les contraintes lombaires (Delisle et al., 1998; Anderson et Chaffin, 1986). Pourtant, il demeure ardu de trouver des études expérimentales pouvant servir à interpréter ces

données d'observation, ces dernières étant le reflet de la façon dont les gens travaillent réellement sur le terrain. L'association entre les études expérimentales et de terrain pose donc un problème.

3.2 Informations méthodologiques

Les données méthodologiques recensées montrent que l'observation peut être fiable et qu'elle peut présenter une validité interne adéquate. Néanmoins, la variabilité des résultats obtenus suggèrent qu'une bonne performance n'est pas automatiquement acquise. Peu d'études se penchent sur les modalités d'observation nécessaires à l'éclosion du plein potentiel de cet outil de recueil de données, grandement utilisé dans la communauté des ergonomes. Ce qui demande à être mieux connu, ce sont les conditions nécessaires pour atteindre la meilleure qualité d'observation possible. Tout comme on calibre un instrument de mesure pour s'assurer des résultats qu'il va produire, comment peut-on «calibrer» les observateurs? Quel est le processus de formation le plus efficace? Comment doit-on sélectionner les observateurs, i.e. quelles caractéristiques doivent-ils posséder? Quels sont les problèmes que l'on doit anticiper, les variables les plus problématiques?

Cette revue montre que la formation a un impact important sur les taux de reproductibilité, mais peu de règles de base ou de repères ont pu être identifiés pour guider les modalités de formation. On assume aussi qu'un observateur expérimenté possède automatiquement les compétences nécessaires. On insiste peu sur le rôle des critères d'observation qui sont à la base de toute observation.

Les écarts de performance parfois importants obtenus pour une même variable observée entre deux tâches différentes laissent croire que le matériel observé peut avoir un impact non négligeable sur la qualité des données. Une tâche qui présente une plus grande proportion d'observations à la frontière entre deux classes peut conduire à des performances plus faibles. Dans la mesure où le matériel peut affecter la fiabilité, est-il alors possible de l'évaluer? Les observateurs sont-ils en mesure d'identifier certaines difficultés d'observation qui permettraient cette évaluation?

3.3 Objectifs de l'étude

Compte tenu de l'importance potentielle de certains éléments – équilibre, contrôle, fluidité et asymétrie – en manutention et de leur absence ou quasi absence des propositions d'observation, nous avons jugé opportun de développer une méthode, basée sur l'observation, qui puisse nous permettre de les évaluer. Notre objectif se présente en trois volets :

- A. Développer une stratégie d'observation qui permettrait de porter un jugement sur la présence de ces conditions à risque dans la réalisation d'une tâche de manutention et identifier des variables d'observation qui permettraient d'évaluer et de comprendre comment se construisent ces conditions à risque.
- B. Évaluer la stratégie d'observation :
 - Évaluer le niveau de fiabilité (reproductibilité) des variables d'observation;
 - Évaluer la validité interne des variables d'observation;
 - Évaluer si les variables choisies et/ou des regroupements de variables permettent de repérer ces conditions à risque.
- C. Vérifier les conditions futures d'utilisation de la stratégie d'observation, à savoir :
 - Quelles doivent être les qualifications de l'observateur, particulièrement en ce qui a trait à son niveau d'expérience?
 - Quel est l'impact de sessions de pratique additionnelles postformation sur la fiabilité?
 - Quel serait le meilleur format de pratique à utiliser?
 - L'observateur est-il capable de détecter des problèmes d'observation?

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie est décrite en fonction des trois volets que comporte ce projet. Le premier volet vise le développement d'une stratégie d'observation où des étapes d'identification de contenu et de structuration se succèdent. Le second volet a pour objet d'évaluer cette stratégie d'observation. Suite à une saisie de données d'observation, des tests de reproductibilité et des comparaisons avec des mesures biomécaniques sont effectués. Finalement, une expérience est menée pour répondre à certaines questions méthodologiques liées à la fois au développement et à l'utilisation de cette méthode d'observation.

A. Développement de la stratégie d'observation

1. Matériel utilisé

Trois sources de données ont été exploitées. Une revue de littérature a d'abord été réalisée. Nous renvoyons le lecteur au chapitre premier ainsi qu'à l'appendice 1 pour une description détaillée des articles recensés et de la méthodologie utilisée. Rappelons simplement que cette revue est un bilan des études ayant développé et/ou utilisé une grille d'observation dans le but de décrire une tâche physiquement exigeante.

Une base de données d'entretiens réalisés antérieurement par le groupe de recherche (Authier et Lortie, 1993; 1995) avec des manutentionnaires experts a aussi été examinée. Ces travailleurs avaient été identifiés par leurs pairs comme étant les meilleurs, étaient rarement victimes d'accidents, avaient plus de 10 ans d'expérience dans le secteur de la manutention et n'avaient aucun problème musculo-squelettique. Une première série d'entretiens impliquait 28 manutentionnaires questionnés à l'aide d'un montage vidéo illustrant deux travailleurs qui manutentionnaient la même marchandise dans un environnement similaire, mais qui utilisaient deux méthodes différentes. L'expert devait identifier laquelle des deux méthodes présentées était la meilleure en fonction de 10 facteurs – dont l'équilibre et le contrôle – puis globalement. La seconde série était des

entretiens semi-dirigés (individuels et collectifs) réalisés avec cinq experts. On leur demandait cette fois, toujours à l'aide d'un montage vidéo, d'évaluer la performance de novices et de commenter leur propre façon de faire.

Finalement, une expérience de manutention en laboratoire, qui sert pour la seconde partie sur l'évaluation (partie B), a aussi été utilisée comme matériel d'observation pour cette première partie. Les séquences vidéos montrent 10 sujets mâles novices (âge moyen de 23 ans : étendue 21-31 ans) qui effectuent, en laboratoire, une tâche libre de manutention qui consistait à lever trois contenants de 15 kg placés sur une plate-forme basse (0.22 m), devant eux, pour les placer sur une plate-forme plus élevée (1.0 m) située à 1.6 m et à 90° à leur gauche. Les sujets répétaient le soulèvement 49 fois. Chaque série de trois soulèvements était suivie d'une pause de deux minutes et un repos de 30 minutes était accordé à la mi-séance. Les sujets revenaient un mois plus tard et répétaient 3 levers selon les mêmes modalités de la première session. Cent cinquante contenants ont donc ainsi été déplacés par chaque sujet pour un total de 1500 manutentions.

Deux contenants étaient des boîtes de volume identique ($0.40 \times 0.40 \times 0.40$ m), mais dont le centre de gravité de l'une d'elle était décentré de 0.08 m. L'autre contenant était un cylindre d'une longueur de 0.81 m avec un diamètre de 0.33 m. Les trois contenants étaient présentés au sujet l'un après l'autre et de façon aléatoire, le centre de gravité de la boîte décentrée étant placé soit loin du sujet, vers lui, à sa gauche, à sa droite, vers le bas ou vers le haut selon un ordre préétabli. Seule la localisation du placement initial des contenants était standardisée. Ceci implique que le sujet était libre d'exécuter le mouvement qu'il désire pour faire la tâche, mis à part le fait de ne pas appuyer la charge sur une partie du corps située en bas de la taille et/ou de mettre les pieds sur la plate-forme où repose le contenant à la prise.

Pour réaliser les enregistrements vidéos, deux caméras VHS, placées à angle droit l'une par rapport à l'autre, ont été utilisées. La première caméra (caméra mur), située du côté droit du sujet au moment de la prise (distance de ± 2 m du bord de la plate-forme de

force), était munie d'un grand angle étant donné les contraintes physiques du laboratoire qui limitaient les possibilités d'éloignement. La seconde caméra (caméra porte) était située face au sujet au moment de la prise (distance de ± 4 m du bord de la plate-forme de force). Les deux caméras étaient munies d'un filtre optique afin d'atténuer les reflets provenant de l'éclairage sur la plate-forme de force – qui était enduite de vernis. Des lignes ont été tracées sur les contenants afin d'identifier plus facilement la localisation des mains. Un quadrillage a été ajouté sur la plate-forme (carreaux de 15×15 cm) afin de faciliter la localisation des pieds.

2. Travail de développement

2.1 Identification des variables à observer

L'analyse des articles recensés dans le cadre de la revue de la littérature s'est faite à travers les variables d'observation utilisées pour caractériser le travail afin de documenter ce qui était observé de même que la façon dont on s'y prenait pour faire l'observation. Un portrait complet des observables utilisés a ainsi été dressé.

Dans le cas des entretiens, nous avons identifié ce que les experts regardent, comment et pourquoi de manière à mettre à jour leurs priorités et d'établir un lien entre les conditions à risque et les principaux facteurs pouvant les déterminer. À titre d'exemple, l'équilibre est un thème qui revient de façon constante dans ces verbatims. En plus de percevoir l'équilibre de façon dynamique, les experts insistent sur le rôle de la position de la jambe d'appui comme un des paramètres d'exécution déterminant pour assurer la stabilité et prévenir les incidents. Alors que la distance corps/objet a toujours été abordée uniquement dans sa relation avec le chargement au dos (bras de levier), ces derniers en parlent surtout en relation avec l'équilibre.

Les enregistrements vidéos de la tâche en laboratoire ont été regardés d'abord en cherchant à identifier ce qui distinguait les sujets dans leur façon de faire. Cette stratégie a permis de répertorier un ensemble d'items pour lesquels nous avons poussé l'analyse afin de dégager leurs impacts éventuels sur les conditions à risque.

2.1.1 Critères de sélection

Trois critères ont guidé les choix. Le premier en est un de pertinence entre l'observable identifié et les conditions à risque. Deuxièmement, étant donné qu'un objectif important de ce projet était de comparer les observables aux mesures biomécaniques, le choix des variables tenait compte de la possibilité de trouver une correspondance biomécanique. Plusieurs rencontres avec un biomécanicien associé au projet ont été nécessaires afin de s'assurer qu'il y ait le maximum de concordance entre les variables ergonomiques et les mesures biomécaniques. Troisièmement, nous avons toujours à l'esprit que cette stratégie d'observation puisse éventuellement être utilisée dans un contexte réaliste de terrain.

2.1.2 Définition des classes/descripteurs et des critères d'observation

Pour chacune des variables ainsi identifiées, nous avons d'abord vérifié grossièrement la possibilité de pouvoir les observer. Nous avons ainsi exclu des variables qui apparaissent trop difficiles à l'observation (ex. : pas le bon angle de caméra). Ce travail a mené à une première formalisation des critères d'observation. Par la suite, nous avons cherché à évaluer tout le spectre d'observation que pouvait couvrir une variable pour cette tâche afin de choisir le nombre et l'étendue des classes/descripteurs. Il ne s'agissait pas uniquement de repérer tous les possibles, mais de découper la variable pour que les classes/descripteurs aient une signification, que l'on puisse les interpréter. Le découpage devait aussi tenir compte des capacités des observateurs à faire l'observation. Les critères d'observation ont été raffinés par ce processus de va-et-vient, ceux-ci étant parfois accompagnés de dessins pour faciliter la compréhension des futurs observateurs (voir annexe 1).

2.2 Élaboration d'une structure d'observation

Non seulement les experts en manutention identifient assez précisément les repères visuels qu'ils utilisent, mais ils évaluent fréquemment la tâche, non pas en terme de paramètres d'exécution isolés, mais sous forme d'agréats (combinaisons de mouvements ou de positions). La compréhension de cette structure d'observation est apparue essentielle pour comprendre la dynamique entre les variables et pouvoir en

arriver à une interprétation plus globale des conditions à risque. Les étapes d'identification des variables et de structuration n'ont pas d'ordre chronologique et des aller-retour fréquents ont été nécessaires entre chacune d'elles.

Le premier niveau de structuration est général et est constitué de trois catégories. Il permet de regrouper des variables ayant la même finalité, soit les variables qui permettent de décrire un état, des symptômes de difficulté et des comportements de compensation. Ces catégories sont à la fois indépendantes – par l'information particulière que chacune contribue à fournir – et complémentaires – du fait que leur mise en commun permet une évaluation globale.

Spécifiquement pour les **variables d'état**, une organisation des variables en modules a été développée afin de combiner des variables – un maximum de deux ou trois – pour l'interprétation. Nous avons eu à fixer des repères spatio-temporels pour réaliser l'observation et faciliter l'interprétation. Ainsi, les séquences de manutention ont été divisées en sept phases ou moments soit :

- (1) **prise** : image qui suit le dernier contact de la charge avec la plate-forme. C'est le premier moment où la charge est complètement supportée par le sujet.
- (2) **soulèvement** : phase qui couvre la période entre le moment de prise jusqu'à ce que le sujet débute son déplacement vers le lieu de dépôt. Il s'agit de la phase ascendante de la charge.
- (3) **transport** : phase qui couvre la période entre la fin du soulèvement jusqu'à ce que la charge arrive à proximité de la plate-forme de dépôt. Il s'agit de la phase où le sujet se déplace avec la charge vers le lieu de dépôt.
- (4) **prédépôt** : phase qui couvre la période entre la fin du transport et le moment de dépôt. Elle constitue la phase finale du transport où le sujet amorce et complète le dépôt de la charge.
- (5) **dépôt** : image qui précède le premier contact de la charge avec la plate-forme. C'est le dernier moment où la charge est complètement supportée par le sujet.

- (6) **postdépôt** : correspond à la phase qui suit le dépôt de la charge sur la plate-forme. La charge est maintenant en contact avec cette dernière.
- (7) **transfert** : correspond à la phase où la charge est complètement supportée par le sujet, i.e. entre les moments de prise et de dépôt. Elle englobe les phases de soulèvement, de transport et de prédépôt.

Il est à noter que ce découpage est apparu pratique pour réaliser les observations, mais beaucoup trop détaillé en ce qui a trait à l'analyse où nous nous sommes limités aux moments de prise et de dépôt de même qu'aux phases de soulèvement et de transport.

B. Évaluation de la stratégie d'observation

1. Matériel utilisé

1.1 Saisie des données d'observation et mesures biomécaniques

Un objectif poursuivi par l'étude en laboratoire – qui n'était pas en lien direct avec notre projet – était d'évaluer l'effet d'une pratique libre et non directive afin de dissocier les changements temporaires dus à la pratique (adaptation) de ceux dus à l'apprentissage. L'évaluation des sujets à différents stades de la séance expérimentale (effets de répétitions) devait mettre en évidence des processus d'adaptation. À cette fin, l'analyse biomécanique de quatre essais (1, 25, 49, 50) était déjà prévue pour un total de 12 soulèvements par sujet. Pour ces séquences, afin de faciliter le contrôle des variables indépendantes, la boîte décentrée était présentée seulement du côté droit du sujet. Comme les mesures biomécaniques sont lourdes, la saisie des données d'observation a été réalisée sur ces 120 séquences.

Nous savions pourtant que la difficulté en manutention est associée par les travailleurs, entre autres, au fait de ne pas connaître a priori certaines caractéristiques des contenants comme la localisation du centre de gravité. Ainsi, 54 séquences supplémentaires, qui présentaient un intérêt au niveau de l'observation et un plus large éventail de boîtes décentrées, ont été identifiées et analysées tant par observation que par la biomécanique. Ceci porte le total des séquences considérées à 174, i.e. entre 16 et 18 par sujet.

1.2 Tests de reproductibilité

De ces 174 séquences, 20 ont été choisies aléatoirement à l'aide d'une routine informatique sur la base de deux critères de sélection. Tous les types de contenants devaient être représentés et nous avons retenu deux séquences par sujet.

2. La saisie des données

2.1 Déroulement

L'observation s'est effectuée sur une période de quatre mois (mai à septembre) à raison de 15 heures/semaine en moyenne. L'observatrice avait pour consigne de ne pas faire plus de quatre à cinq heures d'observation dans une même journée pour éviter les effets dus à la fatigue. Les observations aux moments de prise et de dépôt ont été effectuées, suivies de celles aux différentes phases. L'observation se faisait directement sur un poste d'ordinateur à l'aide d'un logiciel de saisie en lien avec une base de données. Des photos correspondant aux moments de prise et de dépôt ont été capturées (carte ATI ALL-IN-WONDER™ PRO); elles étaient accessibles directement sur l'écran d'ordinateur. Les enregistrements vidéos ont été utilisés pour la saisie des variables associées aux phases. Une communication constante était maintenue entre l'observatrice et le concepteur pour pallier aux problèmes pouvant survenir en cours de saisie.

2.2 Formation de l'observatrice

L'observatrice était une ergonome ayant de l'expérience antérieure en observation et qui avait participé à l'étude décrite dans la dernière partie (C). Des regroupements de cinq ou six variables ont été faits sur la base de similitudes particulières (ex. : observation des pieds). Pour chaque variable d'un groupe donné, une explication détaillée du critère d'observation a été donnée et, en fonction de la complexité de l'observation et de la compréhension exprimée par l'observatrice, une pratique sur photo ou vidéo suivait jusqu'à ce qu'il y ait accord sur les réponses exprimées par cette dernière et le formateur – qui était le concepteur de la grille. Cette façon de faire permettait de centrer l'attention sur des variables relativement homogènes et de ne pas surcharger la mémoire.

3. Tests de reproductibilité

Des tests intra et interobservateurs ont été effectués. Suivant le même processus et dans le même ordre que lors de la saisie, l'observatrice a refait l'observation des 20 séquences sélectionnées à la suite de la saisie de l'ensemble des 174 séquences. Le concepteur de la grille a effectué de façon individuelle les observations sur le même matériel. Nous avons calculé le niveau d'accord interobservateurs avec la première saisie (saisie originale) et la seconde (postsaisie). Pour les tests intra-observatrice, nous avons comparé les résultats des 20 séquences postsaisie aux séquences correspondantes de la saisie originale.

Le pourcentage d'accord (p_o) et le coefficient de kappa (k) ont été calculés. La première mesure est la plus simple et correspond à la diagonale d'un tableau de contingence. Si les catégories d'observation sont relativement rares, la proportion d'accord véritable ($p_o - p_c$) est préférable puisqu'elle tient compte de l'élément hasard (p_c) dans l'évaluation de l'accord. Les valeurs obtenues sont toutefois difficiles à interpréter et il devient plus simple de comparer ces valeurs avec la valeur maximale dans toute condition ($1 - p_c$), ce que permet le coefficient de kappa ($p_o - p_c / 1 - p_c$) (Cohen, 1960).

4. Comparaisons avec les données biomécaniques

Différentes mesures biomécaniques, tant cinétiques que cinématiques, ont été calculées par les biomécaniciens associés au projet. Une plate-forme de force de grandes dimensions ($2.4 \times 2.4 \text{ m}^2$) a été utilisée pour mesurer les forces de réaction au sol. Contrairement à certaines études antérieures qui devaient limiter les déplacements des sujets, cette nouvelle plate-forme a permis plus de latitude à ce niveau, ce qui correspond mieux à ce qui est observé en situation réelle de travail. Un système vidéographique 3D (4 caméras) a permis l'analyse du mouvement des sujets. Un modèle dynamique 3D de tout le corps a été utilisé pour calculer les moments à l'articulation L5/S1.

Afin de faire correspondre les mesures et les observations, un code de temps SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) a été simultanément gravé sur les enregistrements biomécaniques et ergonomiques. Ce code de temps permet de

synchroniser différentes pièces d'équipement. Il donne une adresse unique à chaque image de l'enregistrement vidéo, i.e. un numéro de huit chiffres qui représente les heures, minutes, secondes et images (frames) selon le format HH:MM:SS:FF. L'image est donc la plus petite unité mesurée (1/30 de seconde).

4.1 Validité interne

Vingt-neuf variables d'observation – pour lesquelles on a pu trouver une mesure biomécanique qui leur correspond (tableau 2.1) – ont été évaluées quant à leur niveau de précision. La mesure biomécanique fait ici office de critère (*gold standard*) et il y a un lien direct entre la variable observée et mesurée biomécaniquement (ex. : inclinaison du dos).

4.2 Validité concourante

Pour deux des quatre éléments qui ont fait l'objet d'observations, soit l'équilibre et l'asymétrie, nous avons comparé nos observations à des mesures biomécaniques globales spécifiques à ces derniers. Ces mesures ne sont pas considérées ici comme un *gold standard*, mais comme un indice de comparaison (validité concourante). Suite à l'analyse des mesures biomécaniques proposées pour l'évaluation du contrôle et de la fluidité, nous n'avons pas considéré adéquat de procéder à l'étude de la validité concourante pour ces éléments. Nous y reviendrons au chapitre des résultats qui porte sur ce point de même qu'à la discussion.

Nos observations de l'équilibre ont été comparées à la force déséquilibrante, une mesure biomécanique de l'équilibre (Delisle et al., 1996b). Cette mesure de l'équilibre intègre un ensemble d'éléments (ex. : position du centre de pression, hauteur du centre de gravité) et est issue d'un modèle dont le développement est récent et pour lequel aucune étude en a confirmé la validité. Elle permet de représenter le bilan de l'équilibre pour chaque séquence du mouvement, à savoir la force minimale (en newton) qu'il serait nécessaire d'appliquer au centre de gravité pour amener une perte d'équilibre. Cette estimation est basée sur la marge de stabilité définie par Koozekanani et al. (1980) comme étant la plus courte distance entre le centre de pression et n'importe quel côté de

Tableau 2.1 Résumé des variables biomécaniques pour la validation interne

Variables d'observation (# d'identification)	Variables biomécaniques (unité ^a)
Équilibre	
<i>Moments</i>	
Éloignement de la charge p/r à la B.A. (1)	Distance entre le C.G. de la charge et l'avant de la B.A. dans le plan sagittal (cm)
Symétrie de la charge p/r à la B.A. (2)	Distance du C.G. de la charge p/r au centre de la B.A. dans le plan frontal (cm)
Utilisation d'un appui principal (5)	Position du centre de pression p/r aux pieds gauche (plan frontal ^b) et arrière (plan sagittal ^c) (%)
Position du dos p/r à la B.A. (6)	Distance de la 8 ^e vertèbre thoracique p/r au centre de la B.A. dans le plan sagittal (cm)
Position du bassin p/r à la B.A. (7)	Distance entre le sacrum et l'arrière de la B.A. dans le plan sagittal (cm)
Distance avant-arrière entre les pieds (8)	Distance entre les points les plus avant et arrière de la B.A. dans le plan sagittal (cm)
Largeur entre les pieds (9)	Distance entre les points les plus à gauche et à droite de la B.A. dans le plan frontal (cm)
<i>Phases</i>	
Trajectoire initiale de la charge (éloignement) (10)	Angle de la vitesse du centre de gravité de la charge p/r à l'axe X autour de l'axe Z (degré)
Trajectoire initiale de la charge (symétrie) (11)	Angle de la vitesse du centre de gravité de la charge p/r à l'axe Z autour de l'axe Y (degré)
Charge a-t-elle été accélérée (12)	Accélération maximale tangentielle du centre de gravité de la charge (m/s ²)
Hauteur maximale de la charge (13)	Hauteur maximale du C.G. de la charge p/r à la surface de la plate-forme (cm)
Réorganisation faite de façon précipitée (16)	Accélération maximale tangentielle du pied droit et gauche (m/s ²)
Distance entre les pieds (17)	Distance entre les points les plus avant et arrière de la B.A. dans le plan sagittal (cm)
Éloignement entre la charge et le sujet (18)	Distance entre le C.G. de la charge et l'articulation lombo-sacrée du sujet (cm)
Symétrie entre la charge et le sujet (19)	Distance max. latérale entre le C.G. de la charge et l'articulation lombo-sacrée du sujet (%)
Hauteur maximale de la charge (20)	Hauteur maximale du C.G. de la charge p/r à la surface de la plate-forme (cm)
Trajectoire des pieds (21)	Angle entre les pieds (vecteurs longitudinaux des pieds) autour de l'axe Z (degré)
Est-ce que les pieds se croisent (22)	Angle entre les talons p/r au pied gauche autour de l'axe Z (degré)
Augmentation du rythme des pas (24)	Accélération maximale tangentielle du pied droit et gauche (m/s ²)
Distance entre les pieds (25)	Distance entre les points les plus avant et arrière de la B.A. dans le plan sagittal (cm)
Trajectoire finale de la charge (26)	Angle de la trajectoire finale du centre de gravité de la charge p/r au sujet (degré)
Charge a-t-elle été accélérée (27)	Accélération maximale tangentielle du centre de gravité de la charge (m/s ²)
Contrôle	
<i>Phases</i>	
Le sujet fait-il bouger la charge (36)	Valeur maximale entre: Étendue de la distance entre le C.G. de la caisse p/r au poignet droit du sujet (cm)

Variables d'observation (# d'identification)	Variables biomécaniques (unité ^a)
	Étendue de la distance horizontale entre le C.G. de la caisse p/r à la prise du sujet (cm)
	Étendue de la distance verticale entre le C.G. de la caisse p/r à la prise du sujet (cm)
Fluidité	
<i>Phases</i>	
Trajectoire globale de la charge (43)	Longueur du parcours de la charge entre la prise et le dépôt (m)
Asymétrie	
<i>Moments</i>	
Orientation des épaules p/r au bassin (45)	Angle des épaules dans le plan horizontal p/r au bassin autour le l'axe Z. (degré)
Inclinaison du dos (46)	Angle de flexion du tronc p/r à la vertical (degré)
Parallélisme des épaules p/r au sol (47)	Angle des épaules p/r au plancher (plate-forme) dans le plan horizontal (degré)
Hauteur des mains sur la charge (48)	Angle de la prise p/r au plancher dans le plan horizontal (degré)
Distance des mains sur la charge (49)	Angle de la prise p/r au bassin dans le plan horizontal (degré)

Légende: axe Z=vertical; axe X=parallèle à l'étagère initiale (prise); axe Y=parallèle à l'étagère finale (dépôt)

B.A.=Base d'Appui; C.G.=Centre de Gravité; %=proportion; prise=vecteur joignant les deux poignets

^a Toutes les variables biomécaniques sont des variables continues

^b Mesure de la position latérale du centre de pression

^c Mesure de la position avant/arrière du centre de pression

la base de support. L'individu est dans un état critique au niveau de son équilibre quand sa marge de stabilité tend vers zéro. La grandeur de la force déséquilibrante est en lien direct avec la stabilité du sujet. Trois forces déséquilibrantes ont été utilisées pour la comparaison en fonction des instants où les variables ont été observées : au moment de la prise, du dépôt et pendant les phases de soulèvement et de transport (tableau 2.2).

Tableau 2.2 Caractéristiques de la force déséquilibrante (newton)

Moment/Phase	Force déséquilibrante	Moyenne	Écart type	Étendue
Prise	instantanée ^b	124	51	30-285
Transfert ^a	intégrale ^c	154	55	57-296
Dépôt	instantanée ^b	56	24	0-131

^a Utilisé pour les deux phases du transfert soit le soulèvement et le transport

^b Valeur calculée à une image précise

^c Valeur calculée pour l'ensemble de la phase

Pour l'asymétrie, un index a été développé pour caractériser les efforts asymétriques globaux à l'articulation lombo-sacrée (L5/S1). Il est défini comme la racine carrée de la somme des carrés du moment de torsion et du moment de flexion latérale. Cet index a été utilisé pour les observations effectuées aux moments de prise et de dépôt.

4.2.1 Type de comparaisons effectuées

Pour l'équilibre, trois comparaisons avec les valeurs de force déséquilibrante ont été effectuées. Une première pour chaque variable d'état de l'équilibre prise individuellement. Une seconde pour chaque module de l'équilibre. Rappelons que chacun de ces modules regroupe de deux à trois variables d'état (voir section 2.2). Afin de rendre possible la comparaison, nous avons porté un jugement subjectif sur l'impact de la combinaison de ces variables sur l'équilibre du sujet selon trois cotes : conditions d'équilibre favorables (cote 1), neutres (cote 2) et défavorables (cote 3). Cette évaluation est uniquement le fruit d'hypothèses de travail que nous souhaitons vérifier. Finalement, une dernière comparaison a été établie pour des combinaisons de modules. Un

programme informatique a été conçu pour permettre de combiner entre elles les cotes attribuées pour chaque module.

Pour l'asymétrie, seules les variables d'état prises individuellement ont été comparées.

4.3 Analyses statistiques

Le coefficient de Kendall a été utilisé pour vérifier la concordance du gradient des classes/descripteurs ergonomiques avec les mesures biomécaniques. Le chevauchement entre les classes a été évalué par le test de Wilcoxon (deux classes/descripteurs) ou de Kruskal-Wallis (plus de deux classes/descripteurs). En ce qui concerne l'équilibre, pour les modules et combinaisons de modules, la différence de force déséquilibrante entre les classes extrêmes d'équilibre attribuées (1 et 3) a été calculée et exprimée en pourcentage pour situer l'importance de l'écart entre une situation jugée favorable pour l'équilibre en comparaison avec une autre défavorable. Les analyses ont été faites avec le logiciel SAS (version 6.12).

C. Étude méthodologique sur les conditions d'utilisation

Ce protocole a permis de répondre à certaines questions méthodologiques apparues en cours de développement et de déterminer quelques-unes des conditions futures d'utilisation.

1. Sujets

Nous avons comparé la performance à l'observation de six étudiants (âge moyen de 24 ans) n'ayant aucune connaissance en ergonomie à six ergonomes expérimentés (âge moyen de 34 ans) ayant une expérience minimum de quatre ans.

2. Protocole

Les observateurs expérimentés et novices ont été séparés dès le début et pour toute l'étude. Les groupes ont reçu en matinée une formation d'environ deux heures portant sur 17 variables d'observation. Ces variables ont été extraites du système d'observation plus

général pour des raisons particulières. Par exemple, l'observation de variables cinématiques ou dynamiques (ex. : accélération de la charge) n'est à toute fin pratique jamais documentée et on voulait vérifier a priori la performance des observateurs pour ces variables avant d'en faire la saisie générale.

Une première évaluation portant sur 20 séquences avait lieu l'après-midi. Dix variables étaient saisies à partir de photos – chaque observateur disposait d'un portfolio – et sept à partir de séquences vidéos. Pour chaque réponse (17 variables $\times$ 20 séquences), l'observateur devait indiquer s'il était confiant ou non dans sa réponse puis préciser sur une échelle de 0 à 10 son niveau de confiance. Si le niveau de confiance était inférieur à 8, il devait en donner la raison. Trois raisons étaient proposées: difficulté à bien voir, hésitation entre deux classes ou incompréhension du critère d'observation pour cette situation. Le sujet était libre d'en identifier d'autres.

Chaque groupe revenait une semaine plus tard et était réparti aléatoirement en deux sous-groupes selon deux formats de pratique : pratique libre vs exercices dirigés. Dans le premier cas, les observateurs pouvaient s'exercer sur cinq séquences supplémentaires et, le cas échéant, poser des questions sur l'explication de la définition des critères. L'interaction entre le formateur et les observateurs se faisait le plus souvent sur une base individuelle et seulement en cas de besoin. Dans le second cas, les observateurs évaluaient par écrit les mêmes cinq séquences et devaient, lorsqu'ils étaient invités à le faire, donner leurs réponses à voix haute. Leurs réponses étaient confrontées à celles du formateur. En cas de divergences, une discussion suivait pour uniformiser l'observation. Il y avait donc une rétroaction directe et constante pour chacune des réponses fournies. Les deux groupes ont ensuite été évalués durant l'après-midi suivant les mêmes procédures et sur le même matériel que lors de la première évaluation.

Les analyses statistiques ont été les mêmes que celles décrites pour les tests de reproductibilité (p_0 et k), le formateur – et concepteur de la grille – étant le point de comparaison. Des kappas «overall» et pondérés pour chaque groupe ont de plus été calculés.

RÉSULTATS

Les résultats sont présentés dans quatre chapitres. Le chapitre 3 présente la stratégie d'observation développée. On y décrit la structure, les variables et les modules qui combinent des variables. Les points saillants de la saisie d'observation sont exposés au chapitre 4 où un portrait des modes opératoires utilisés par les sujets a été fait. Le chapitre 5 présente les résultats de l'évaluation de cette stratégie d'observation qui inclut les tests de reproductibilité et les comparaisons avec les mesures biomécaniques. Finalement, le chapitre 6 fait état des résultats de l'étude sur les conditions d'utilisation.

CHAPITRE 3

STRATÉGIE D'OBSERVATION DÉVELOPPÉE

1. Portrait général des variables d'observation

Rappelons que la stratégie d'observation est centrée sur la caractérisation de quatre objets soit l'équilibre, le contrôle, la fluidité et l'asymétrie. Les observations ont été effectuées à deux instants. Les variables dites de moments (prise/dépôt) correspondent à des observations effectuées à un moment précis, donc sur une image arrêtée, alors que les variables de phases (soulèvement/transport) sont observées sur une séquence vidéo continue.

Le tableau 3.1 résume les 51 variables d'observations qui composent la stratégie d'observation, les classes/descripteurs qui leur sont associés ainsi que les moments ou phases où l'observation s'effectue. Les critères d'observation sont présentés à l'annexe 1. L'équilibre regroupe plus de la moitié des observables ($n=30$), le contrôle ($n=8$), la fluidité ($n=6$) et l'asymétrie ($n=7$) se partageant presque également les autres. Six variables (2, 11, 12, 19, 26, et 27) sont communes à l'équilibre, à la fluidité ou à l'asymétrie. À l'exception de quatre (6, 39, 40 et 46), toutes les variables observées au moment de la prise ($n=14$) étaient aussi observées au moment du dépôt, les critères

Tableau 3.1 Résumé des variables d'observation (n=51)

Information recherchée	Variables d'observation (# d'identification)	Descripteurs / classes	Moments /phases ^a		
			P/D	S	T
Équilibre					
<i>Position de la charge</i>					
Éloignement	Éloignement de la charge p/r à la B.A. ^a (1)	Collée/intérieure - Intermédiaire - Éloignée	✓		
Symétrie	Symétrie de la charge p/r à la B.A. (2)	Int. [Centrée/Décentrée G/D ^a] - Ext. [G/D]	✓		
<i>Déplacement de la charge</i>					
Éloignement	Éloignement de la charge p/r au corps (10-18) ^b	Se rapproche - Constante - S'éloigne Collée ou quasi - Intermédiaire - Éloignée		✓	✓
Symétrie	Symétrie de la charge p/r au corps (11-19-26) ^b	Centrée - Décentrée [G/D] Centrée - Décentrée [G/D + Peu/Beaucoup] En ligne - De biais		✓	✓ ✓
Hauteur	Hauteur maximale de la charge (13-20)	Haute - Basse [Peu/Beaucoup] Haute - Basse		✓	✓
Vitesse de déplacement	Charge a-t-elle été accélérée (12-27)	Non - Oui		✓	✓
<i>Caractéristiques de la B.A.</i>					
Surface	Nombre de pied(s) en contact avec le sol (3)	1 [G/D] - 2	✓		
Surface (si 2 pieds au sol)	Distance avant-arrière entre les pieds (8)	Rapprochée - Intermédiaire - Éloignée	✓		
	Largeur entre les pieds (9)	Rapprochée - Intermédiaire - Éloignée	✓		
Répartition du poids	Utilisation d'un appui principal (5)	Non - Oui [G/D]	✓		
	Position du dos p/r à la B.A. ^c (1 vs 2 pieds) (6)	Intérieur [Avant/Centre/Arrière] - Extérieur	✓		
	Un pied est-il devant l'autre (4)	Non - Oui [G/D]	✓		
<i>Déplacement des appuis</i>					
Premier mouvement	Objectif de la réorganisation de la B.A. (15)	Réorientation - Réajustement		✓	
Patron de marche	Trajectoire des pieds (21)	Même direction - Changement de direction			✓
	Est-ce que les pieds se croisent (22)	Non - Oui [Peu/Beaucoup]			✓
<i>Symptômes de difficulté</i>					
Déplacement des appuis	Travail de stabilisation des pieds (14)	Non - Oui		✓	

Information recherchée	Variables d'observation	Descripteurs / classes	Moments /phases		
			P/D	S	T
	Objectif de la réorganisation de la B.A. (15)	Réorientation - Réajustement		✓	
	Réorganisation faite de façon précipitée (16)	Non - Oui		✓	
	Augmentation du rythme des pas (24)	Non - Oui			✓
	Y a-t-il réajustement de la B.A. (29)	Non - Oui [Peu/Beaucoup]			✓
	Le réajustement est-il précipité (30)	Non - Oui			✓
Compensation					
Segmentaire (si 1 pied au sol)	Distance avant-arrière entre les pieds (8)	Rapprochée - Intermédiaire - Éloignée	✓		
	Largeur entre les pieds (9)	Rapprochée - Intermédiaire - Éloignée	✓		
Bassin	Position du bassin p/r à la B.A. (7)	Intérieur - Extérieur [Intermédiaire/Éloigné]	✓		
Comportements palliatifs	Distance entre les pieds (17-25)	Rapprochée - Intermédiaire - Éloignée		✓	✓
	Est-ce que le pied arrière tourne (23)	Non - Oui			✓
	Est-ce que le sujet compense avec son dos (28)	Non - Oui [Flexion >10° - Extension >10°]			✓
Contrôle					
Caractéristiques de la prise					
Type de prise	Localisation de la main droite sur la charge (31)	0 à 9	✓		
	Localisation de la main gauche sur la charge (32)	0 à 9	✓		
Mouvement de la charge	Le sujet fait-il bouger la charge (36)	Non - Oui [Peu/Beaucoup]		✓	✓
Changement de prise	La prise est-elle modifiée (38)	Non - Oui [Peu/Beaucoup]		✓	✓
Symptômes de difficulté					
Mvt involontaire de la charge	Est-ce que la charge bascule (33)	Non - Oui		✓	
	La charge est-elle stabilisée avant le dépôt (37)	Non - Oui			✓
Mvt involontaire des mains	Est-ce que la prise glisse (34)	Non - Oui		✓	
Compensation					
Comportements palliatifs	Le sujet hausse-t-il les épaules (35)	Non - Oui			✓
Fluidité					
Continuité du mvt de la charge					
Orientation du système	Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt ^c (39)	Non - Oui [Peu/Beaucoup]	✓		

Information recherchée	Variables d'observation	Descripteurs / classes	Moments /phases		
			P/D	S	T
	Orientation de la charge p/r au lieu de dépôt ^c (40)	Non - Oui [Peu/Beaucoup]	✓		
	Changement de vitesse	Charge a-t-elle été accélérée (12-27)		✓	✓
	Changement de direction	Trajectoire globale de la charge (43)		✓	✓
	Précision du mouvement	Le dépôt est-il précis dans sa hauteur (42)			✓
	Évaluation globale	Le mouvement de la charge est-il fluide (44)		✓	✓
Symptôme de difficulté					
	Évaluation de la trajectoire	Charge entre-t-elle en contact avec plate-forme (41)			✓
Asymétrie					
Asymétrie de posture					
	Symétrie de la charge p/r à la B.A. (2)	Int. [G/Centre/D] - Ext. [G/D]	✓		
	Orientation des épaules p/r au bassin (45)	Même axe - Axe différent [Peu/Beaucoup]	✓		
	Inclinaison du dos ^c (46)	<20° - 20 à 45° - >45°	✓		
	Parallélisme des épaules p/r au sol (47)	<10° - 10 à 20° [G/D] - >20° [G/D]	✓		
Position relative des mains					
	Hauteur des mains sur la charge (48)	Vis-à-vis - Décalées	✓		
	Distance des mains sur la charge (49)	Vis-à-vis - Décalées	✓		
Asymétrie d'effort					
	Symétrie de la charge p/r au corps (11-19) ^b	Centre - Décentrée [G/D]		✓	
		Centrée - Décentrée [G/D + Peu/Beaucoup]			✓
	Trajectoire finale de la charge (26)	En ligne - De biais			✓
	Est-ce qu'une main transporte plus de poids (50)	Non - Oui [G/D]		✓	✓
	Où est-elle p/r au corps (51)	Près - Mi-distance - Loin		✓	✓

^a Légende: B.A.=Base d'Appui; P/D=Prise/Dépôt; S=Soulèvement; T=Transport; G/D=Gauche/Droite

^b Numéros d'identification de variables observées à des moments ou phases différentes avec des critères d'observation différents

^c Variables observées seulement à la prise

d'observation pouvant toutefois être modifiés. Ceci porte donc le total des observations à 63, dont 32 à un moment et 31 pendant une phase.

À une exception près (localisation des mains), le nombre de classes/descripteurs sélectionnés était de deux ($n=37$) ou trois ($n=12$). Pour 19 variables, le choix d'une classe/descripteur demandait de passer à un second niveau de précision. Il pouvait s'agir par exemple de préciser une position (ex. : charge décentrée [gauche ou droite]) ou de préciser un niveau d'intensité (ex. : charge bouge [peu ou beaucoup]).

2. Structure générale d'observation

La structure générale d'observation comporte trois catégories de variables. La première catégorie regroupe les variables qui permettent de décrire un état ($n=36$) : elles évaluent les principaux déterminants des quatre objets de la grille. Pour cette catégorie spécifique de variables, nous avons créé des modules qui combinent deux ou trois variables similaires dans la mesure où elles sont rattachées à un même concept, une même idée. Ces regroupements permettent de ne pas traiter les objets uniquement par une analyse variable à variable, mais de vérifier l'effet d'agrégats de variables et présentent ainsi un avantage au niveau de l'interprétation.

La seconde catégorie réunit des variables de symptômes de difficulté ($n=10$) qui sont des indices, des signes qui indentifient des dysfonctionnements. Ces symptômes sont des traces visibles qu'un problème, lié aux objets, est présent dans la séquence observée. En principe, une séquence de manutention jugée comme étant défavorable au niveau du contrôle, lors de l'analyse des variables d'état, devrait présenter une probabilité plus grande de déceler des traces de dysfonctionnement à ce niveau. En général, ces variables servent donc de complément à l'observation en ce sens qu'elles apportent un élément de preuve, qu'elles «valident» les observations d'état.

Finalement, on retrouve dans la dernière catégorie des variables de compensation ($n=8$) qui identifient des comportements permettant de contrebalancer un effet négatif. Ces variables servent en quelque sorte à l'évaluation de la précarité de la situation, une

compensation importante étant associée à une capacité de récupération réduite s'il y a incident. Par exemple, on peut vouloir être en appui sur un pied pour soulever une charge, avec une jambe libre à l'arrière qui vient faire contrepoids. L'importance de la compensation est directement liée à la distance qui sépare la jambe libre de l'appui en contact. La surface de la base d'appui est ainsi réduite et si un incident survient (ex. : surface glissante qui entraîne une perte de friction entre le pied et le sol), il sera difficile de rétablir rapidement l'état d'équilibre.

Nous distinguons deux sortes de variables compensatoires. Une première – spécifique à l'équilibre – concerne justement des actions de contrepoids dont l'objectif est de compenser l'effet de l'ajout d'une masse externe au corps. La seconde catégorie peut être interprétée comme des comportements palliatifs, i.e. des façons de faire qui permettent d'atténuer ou de prévenir un risque éventuel par des ajustements en cours d'action. Par exemple, le manutentionnaire peut vouloir faire un grand pas ou faire une flexion du dos pour déposer la charge afin de compenser pour une distance trop grande le séparant de la surface de dépôt.

3. Variables d'état et modules

Pour chaque objet, nous identifions d'abord – afin de situer le lecteur – quelques points (ou repères) qui ont mené au développement des modules. Nous présentons ensuite un portrait des variables d'état et des modules qui combinent ces variables.

3.1 Équilibre

L'équilibre fait référence à l'habileté à faire varier son état de stabilité pour faire face aux demandes de la situation, essentiellement par le jeu entre le centre de gravité et la base d'appui – qui correspond à la surface sur laquelle le corps repose. La stabilité est définie comme la résistance à toutes perturbations de l'état d'équilibre. Plus le centre de gravité est au centre de la base d'appui, meilleure est l'équilibre et plus il s'approche des limites, plus l'équilibre devient précaire. Un déséquilibre est observé quand le centre de gravité est à l'extérieur de la base de support. De cette relation en apparence simple naissent des considérations essentielles, à savoir :

- a) L'équilibre statique vs dynamique : la localisation de la ligne de gravité – qui est la projection du centre de gravité sur la base d'appui – n'a pas les mêmes conséquences sur l'équilibre dans les situations statiques et dynamiques. En équilibre statique, on veut maximiser la stabilité. Pour ce faire, on peut soit choisir d'augmenter la surface de la base d'appui et/ou positionner la ligne de gravité le plus avantageusement possible dans la base d'appui. Cependant, dans le cas d'une situation dynamique comme lors des activités de locomotion, des périodes de temps instables sont non seulement tolérées, mais désirées puisqu'elles sont une condition de la propulsion. La préoccupation est alors de pouvoir récupérer rapidement sa stabilité dans le cas de la survenue d'un incident perturbateur (ex. : surface glissante). Augmenter la base d'appui en faisant de grands pas n'est donc pas une action qui facilite la récupération. Cette capacité à récupérer apparaît importante quand on considère que le manutentionnaire et sa charge représentent un système constamment soumis à des perturbations. Cette distinction est en partie à l'origine du choix des instants d'observation où on distingue les moments des phases.
- b) L'effet de la charge manipulée : dans une tâche de manutention, outre le centre de gravité du manutentionnaire, celui de la charge doit être considéré. Pour assurer un bon équilibre général, la charge devrait se trouver à l'intérieur ou à proximité de la surface couverte par la base d'appui, non seulement vers l'avant mais latéralement. De façon générale, nous pensons que les perturbations de l'équilibre sont éventuellement plus importantes lors de la prise et du dépôt du fait qu'une masse externe vient respectivement s'ajouter et se soustraire au manutentionnaire. Pour cette raison, on peut alors penser que les besoins en stabilité sont plus importants à ces moments.
- c) La répartition du poids dans la base d'appui : il est rare que le poids du corps soit également réparti sur les deux jambes lors de la manutention. Cet élément, en lien étroit avec le positionnement du centre de gravité, est important lorsqu'on considère qu'une grande base d'appui ne signifie pas obligatoirement que la localisation de la ligne de gravité soit en son centre, assurant par le fait même une meilleure stabilité. Il existe donc une relation étroite entre la localisation du centre de gravité dans la base d'appui et la surface de cette dernière.

Les variables d'état pour l'équilibre ($n=20$) permettent ainsi de décrire : 1) l'effet de la charge sur l'équilibre par l'intermédiaire de sa position ($n=2$) et de son déplacement ($n=9$); 2) les caractéristiques de la base d'appui ($n=6$) qui permettent d'établir la relation entre la surface d'appui et la répartition du poids et 3) le déplacement des appuis ($n=3$) qui est lié à l'équilibre dynamique. Ces variables sont regroupées au sein de cinq modules. Les trois premiers modules sont spécifiques aux moments (figure 1), les deux autres étant adaptés pour les phases (figure 2).

Module 1 : La position de la charge

Ce module tient compte de l'effet attribuable à la déportation avant et latérale de la charge. Manipuler une charge devant soi a pour effet de projeter le centre de gravité du système manutentionnaire/charge vers l'avant. Plus cette charge est éloignée du corps, plus cette déportation est importante et est susceptible de créer une situation de déséquilibre. De plus, le centre de gravité du système manutentionnaire/charge sera sujet à être déporté du côté de la charge au fur et à mesure que celle-ci s'éloigne latéralement du centre de la base d'appui. Même si la position du centre de gravité de la charge peut ajouter à l'effet d'éloignement et/ou de latéralité de la charge et avoir un effet sur l'équilibre, nous avons ignoré cette information puisqu'elle n'est pas accessible par observation.

Module 2 : La surface de la base d'appui

Le nombre d'appuis en contact avec le sol est un premier indicateur de la surface d'appui. Dans le cas où deux appuis sont au sol, la distance avant/arrière et la largeur entre les appuis permettent de juger globalement de la surface d'appui.

Module 3 : La répartition du poids dans la base d'appui

Deux variables permettent de caractériser la répartition de poids. D'une part, il est apparu que la position du dos en fonction de la base d'appui pourrait être un indicateur intéressant de la répartition du poids dans le plan sagittal. Une flexion du dos vers l'avant, si elle est importante, risque d'amener le centre de gravité aux limites de la base d'appui et entraîner un déséquilibre vers l'avant. Cette observation n'est utile que si la hauteur de

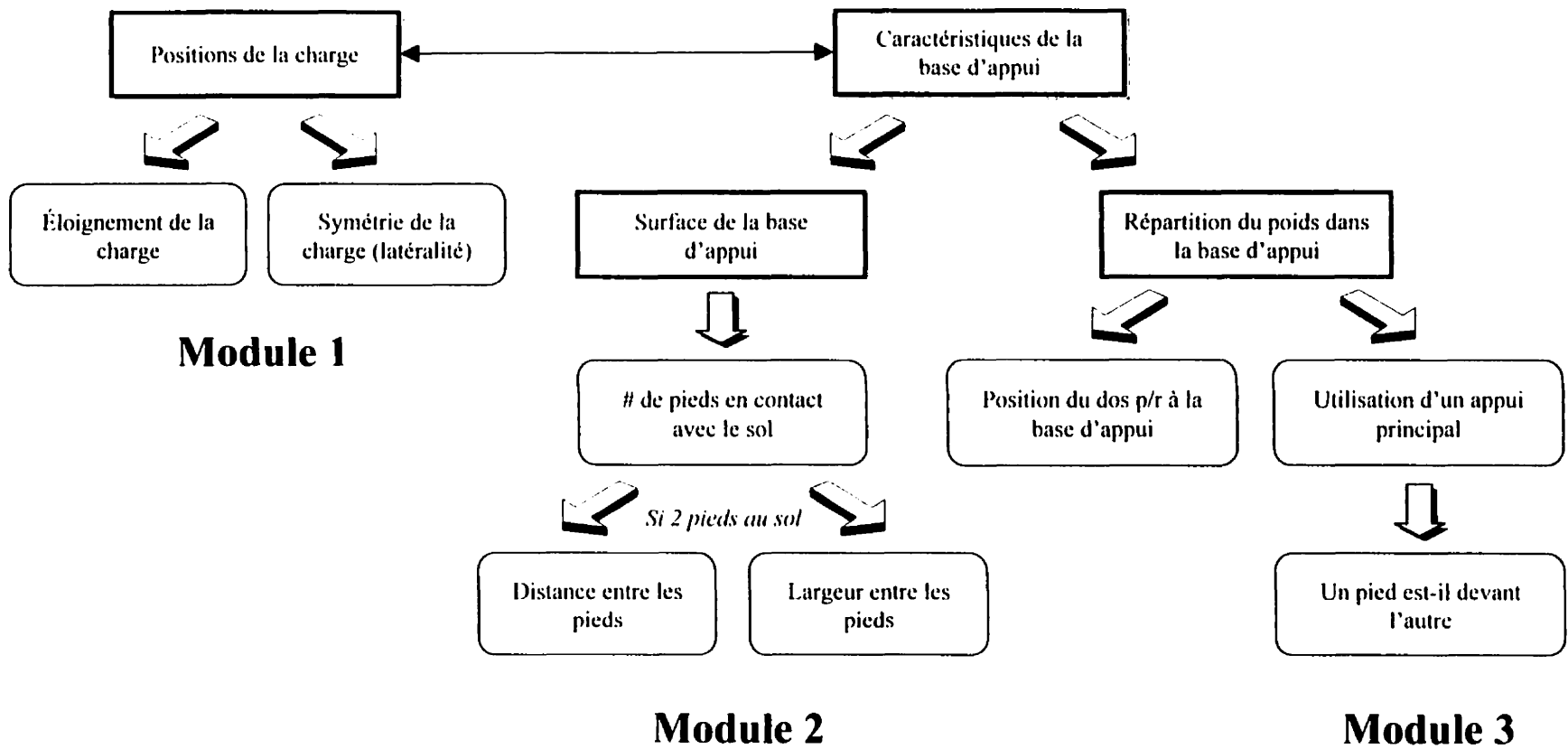


Figure 1. Modules pour évaluer l'équilibre (moments prise/dépôt)

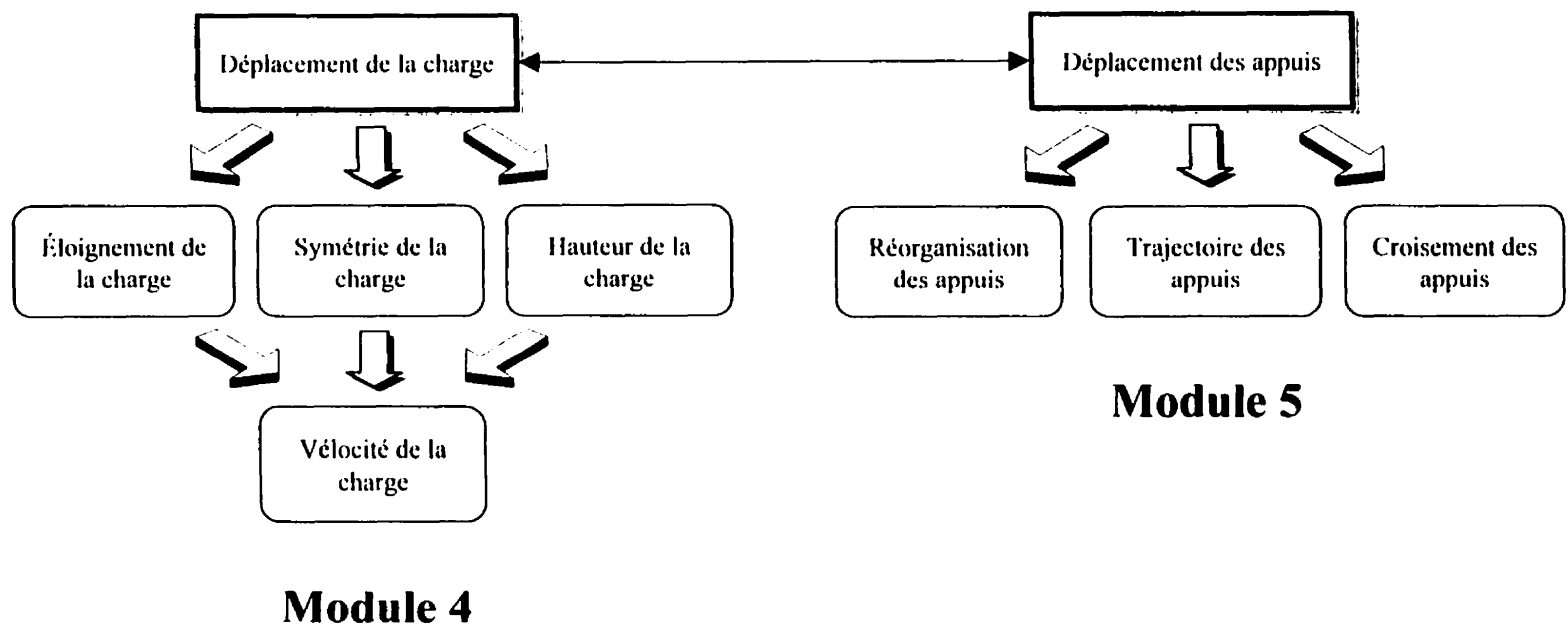


Figure 2. Modules pour évaluer l'équilibre (phases)

la charge engendre une flexion du dos pour la saisir ou la déposer. Mentionnons que dans notre étude, comme le dépôt se faisait en hauteur, cette variable a été observée seulement à la prise.

D'autre part, le concept d'appui principal a été introduit, i.e. l'appui qui supporte la majeure partie du poids du corps. En fonction de la position de cet appui, on peut savoir si le poids est davantage du côté gauche ou droit, parfois même s'il est plus vers l'avant (si ce pied est devant l'autre).

Module 4 : Le déplacement de la charge

Dans les phases, puisque le système manutentionnaire/charge bouge, le déplacement de la charge (sa trajectoire) en terme d'éloignement et de symétrie (latéralité) peut affecter l'équilibre selon les mêmes principes que ceux décrits dans le module 1. La hauteur de la charge peut également avoir une incidence sur la qualité de l'équilibre du fait qu'elle peut contribuer à élever ou abaisser la hauteur du centre de gravité du système manutentionnaire/charge au-dessus de la base d'appui. Cette hauteur est considérée seulement durant la phase de transfert puisque, dans l'expérience de manutention en laboratoire, nous avons standardisé la hauteur de prise et de dépôt. Comme la vitesse de déplacement de la charge (vélocité) peut varier considérablement, il nous est apparu important de considérer ce facteur dans l'évaluation de l'équilibre. En effet, une charge qui se déplace rapidement peut entraîner le manutentionnaire dans son mouvement.

Module 5 : Le déplacement des appuis

La logique qui prévaut ici est que certains patrons de déplacement des appuis sont possiblement plus nuisibles à l'équilibre. Trois éléments sont considérés. D'une part, le premier mouvement des appuis – ou réorganisation – suite au soulèvement de la charge. Cet observable est repris aussi comme symptôme (voir section 4). D'autre part, nous avons observé la trajectoire de marche que suivent les appuis de même que le croisement des appuis dans la phase de transport. Ces deux variables permettent d'observer ce qui se

distingue d'un déplacement qui apparaît optimal pour l'équilibre, i.e. en ligne droite avec les pieds parallèles l'un par rapport à l'autre.

3.2 Contrôle

La notion de contrôle développée ici ressemble à bien des égards à celle de l'équilibre où nous traitons du jeu entre le centre de gravité et la base d'appui et des exigences spécifiques à l'équilibre statique et dynamique. Le contrôle fait référence à la facilité à diriger convenablement une charge de son lieu d'origine à son lieu de dépôt et s'analyse à travers la relation entre le centre de gravité de la charge et la prise adoptée. La connaissance a priori de la position du centre de gravité de la charge facilite ici l'analyse du contrôle de sorte que les caractéristiques de la prise deviennent l'aspect central. Plus le centre de gravité est près de la ligne qui relie les deux mains, plus la charge sera stable lors de sa manutention. Le modèle présenté est spécifique à la manutention de boîtes. Dans le projet, les prises associées au cylindre étaient très uniformes : le cylindre étant creux aux extrémités, les sujets pouvaient adopter une prise où le pouce était opposé aux autres doigts, assurant par le fait même une grande emprise. Il est apparu prioritaire de comprendre la complexité du contrôle des boîtes, un contenant d'ailleurs très répandu en manutention.

Il importe ici de distinguer le contrôle statique du contrôle dynamique. Tout comme l'équilibre, on doit d'abord, particulièrement aux moments de prise et de dépôt, privilégier la stabilité de la charge. Ainsi, plus la «surface couverte» par la prise est grande, plus le centre de gravité de la charge est susceptible de se retrouver à l'intérieur, augmentant la stabilité de la charge. Pourtant, avoir un bon contrôle de charge ne signifie pas uniquement pouvoir stabiliser la charge, mais aussi d'être en mesure de la faire bouger aisément : c'est le concept de flexibilité de la prise. On peut vouloir favoriser un contrôle dynamique de la charge plutôt qu'uniquement statique. La prise doit alors être assez flexible pour permettre à la fois de stabiliser la charge – pour ne pas l'échapper par exemple – et de pouvoir «jouer» avec elle (ex. : incliner). Ces manipulations peuvent être nécessaires pour repositionner la charge à diverses fins (ex. : rapprocher le centre de

gravité de la charge du corps) ou pour bien réagir à un incident perturbateur de l'environnement.

Les variables d'état pour le contrôle ($n=4$) permettent : 1) de localiser la position des mains sur la charge ($n=2$) et ainsi savoir quelle prise est adoptée et 2) de déterminer les changements qui surviennent au cours du transfert ($n=2$) au niveau du déplacement de la charge et/ou de la localisation des mains. Trois modules sont présentés (figure 3).

Module 1: La stabilité de la prise

Ce module permet d'évaluer le niveau de stabilité de la charge auquel on peut s'attendre, particulièrement au moment de la prise. Cette information est accessible puisqu'on connaît la position du centre de gravité des boîtes. On peut donc mettre en relation la prise avec le décentrage. Par exemple, une prise diagonale, où les mains sont situées sur les coins opposés, permet de minimiser la distance qui sépare une ligne qui relie les mains et n'importe quelle position du centre de gravité. Ce n'est pas le cas de la seconde prise illustrée à la figure 4 qui serait très éloignée d'un centre de gravité situé vers l'avant : dans cette situation, une perte de contrôle est quasi inévitable et difficilement récupérable sans déployer un effort important afin de compresser la boîte entre les mains pour éviter qu'elle ne bascule vers l'avant.

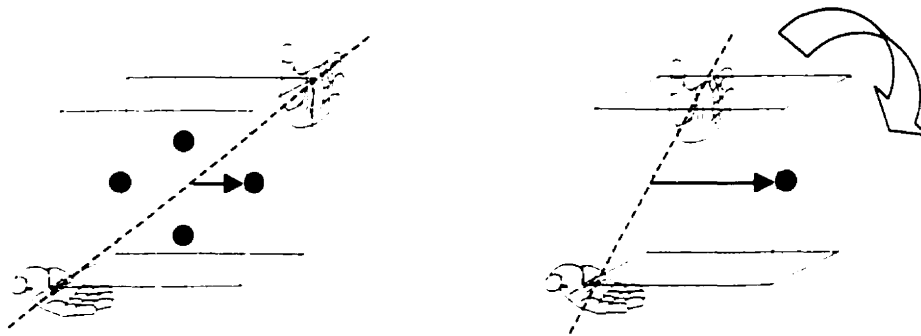


Figure 4. Relation entre la prise et la position du centre de gravité (vue de côté).

Module 2: La flexibilité de la prise

La position des mains peut aussi permettre d'évaluer la flexibilité de la prise ou si l'on veut sa capacité d'ajustement. Cette position des mains peut être traduite en terme de

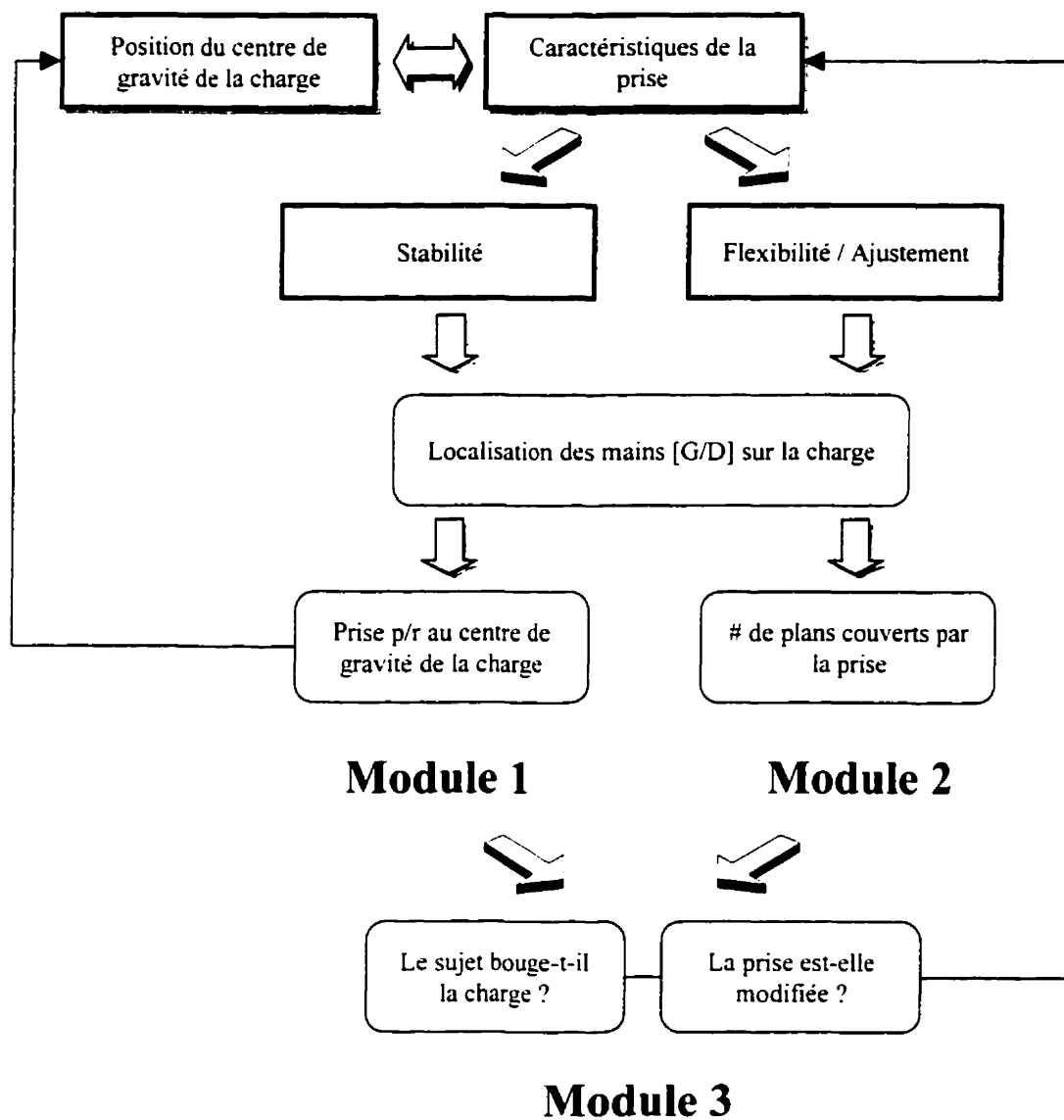


Figure 3. Modules pour évaluer le contrôle

nombre de plans couverts par la prise qui est établie en considérant les trois axes. Il ne s'agit pas d'une observation, mais d'une donnée inférée à partir de la localisation des mains. Nous associons à une prise qui couvre un plus grand nombre de plans la qualité de faire bouger plus facilement la charge et/ou de pouvoir récupérer en cas d'incidents. Dans l'exemple illustré (figure 5), la coordonnée de la main droite (1, 1, 1) est soustraite de la coordonnée de la main gauche (1, 3, 3), ce qui donne le nombre de plans couverts par la prise pour chacun des axes (0, 2, 2), le nombre maximal de plans que peut couvrir une prise sur un axe étant de deux.

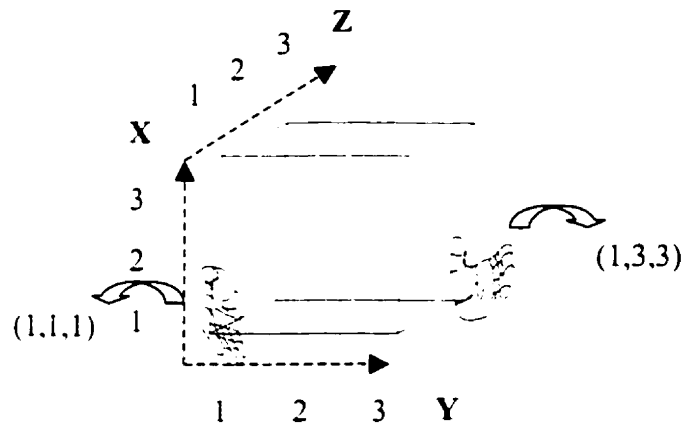


Figure 5. Nombre de plans couverts par la prise selon les axes X, Y et Z (vue de face).

Module 3 : Déplacement du centre de gravité de la charge et/ou changement de prise

Lors du transfert de la charge, tant la relation entre la prise et le centre de gravité de la charge que le nombre de plans couverts dans un axe peuvent être modifiés suite à un mouvement de la charge sur elle-même ou à une modification de la prise initialement adoptée par le sujet, ces deux changements pouvant être volontaires ou non. Ces modifications peuvent obliger à caractériser la situation à nouveau puisque le niveau de contrôle est appelé lui aussi à changer.

3.3 Fluidité

La fluidité fait référence au contrôle de la trajectoire ou mouvement de la charge entre le lieu de prise et de dépôt. Un mouvement fluide se reflète dans la continuité du geste, i.e. un geste sans à-coups et ininterrompu où l'on cherche à minimiser

les mouvements brusques. C'est le reflet d'une coordination efficace des mouvements pour déplacer la charge. Des changements tant au niveau de la direction de la charge que de sa vitesse peuvent constituer des brisures, des interruptions ou des saccades dans la continuité du mouvement.

Les variables d'état pour la fluidité ($n=7$) permettent donc de décrire des changements de direction ($n=2$) et de vitesse de la charge ($n=2$). De plus, nous avons mis en relation avec la continuité du mouvement l'aspect d'«orientation du système» qui fait référence à l'orientation de la charge et des appuis en fonction du lieu de dépôt. Nous pensons que cette manœuvre, effectuée avant le transfert, évite d'avoir à le faire pendant que la charge est soutenue et peut permettre d'effectuer un mouvement plus uniforme.

Dans le cas particulier de la fluidité, il est apparu possible d'en faire aussi une évaluation globale. Cette observation demande de porter un jugement basé entre autres sur la présence et l'interaction entre les éléments ci-haut mentionnés comme les changements de direction et de vitesse de la charge. Un module est présenté à la figure 6.

Module 1 : Continuité du mouvement de la charge

Les changements de direction de la charge s'évaluent via sa trajectoire globale où on cherche à distinguer une trajectoire linéaire (en ligne droite) d'une trajectoire qui implique un ou des changements de direction. La précision du mouvement – ou justesse du mouvement – fait référence à la précision de la trajectoire par rapport à la surface de dépôt. On peut supposer qu'une charge qui n'est pas soulevée plus haute que nécessaire par rapport à la surface de dépôt reflète une certaine justesse du mouvement. Toutefois, cette observation fait figure d'indicateur secondaire dans la mesure où un mouvement peut être fluide sans être précis. Les variations de la vitesse (vélocité ou accélération) de la charge ont aussi été observées.

3.4 Asymétrie

Bien que l'asymétrie puisse prendre plusieurs formes, nous avons considéré celles relatives à l'asymétrie de posture et d'effort. La première peut être définie comme étant

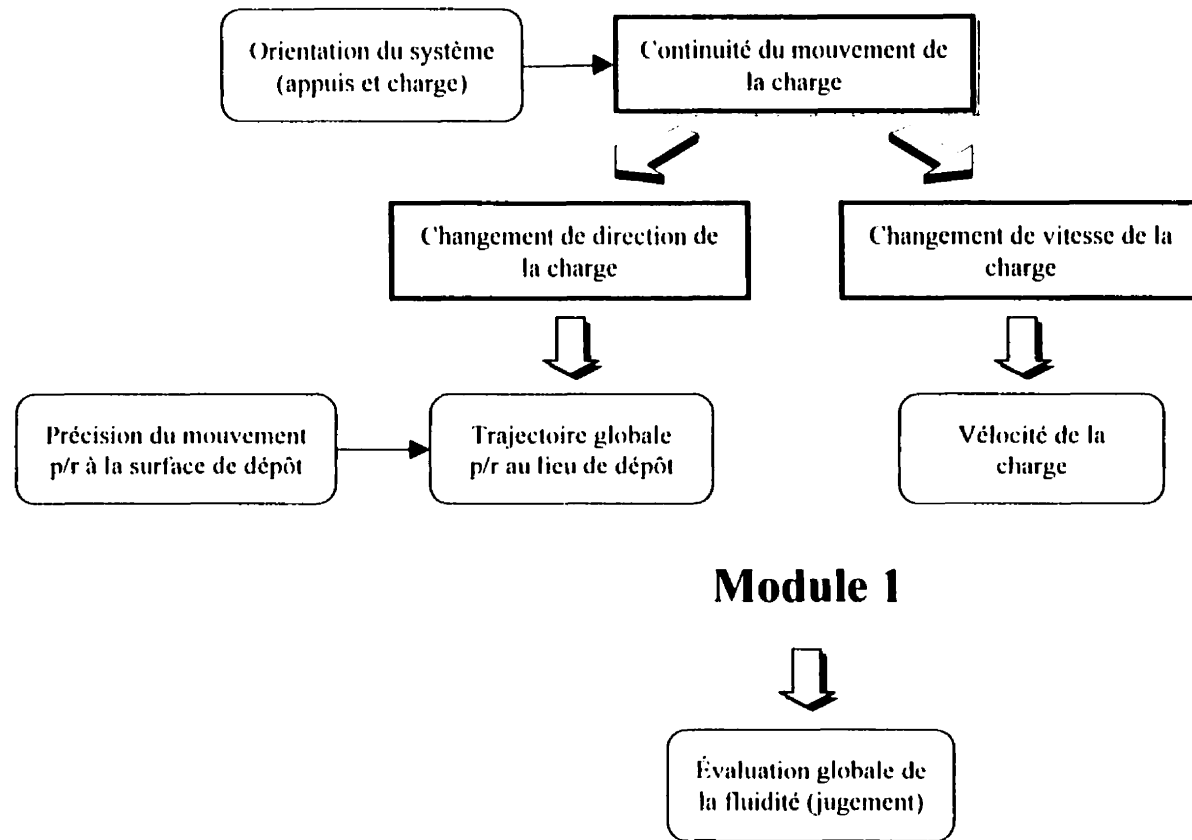


Figure 6. Module pour évaluer la fluidité

une déviation des épaules relative aux hanches (rotation) et/ou comme une déviation du tronc par rapport au plan sagittal (flexion latérale). Les asymétries d'effort sont quant à elles caractérisées par une sollicitation musculaire inégale entre les deux côtés du corps. En manutention, il devient évident que la position de la charge par rapport au corps peut être un indicateur de ce type d'efforts.

Les variables d'état pour l'asymétrie (n=8) permettent de caractériser l'asymétrie de posture (n=5) et d'effort (n=3). Ces variables sont regroupées en trois modules présentés à la figure 7.

Module 1 : L'asymétrie de posture globale

L'asymétrie de posture est évaluée de façon globale en considérant d'abord l'orientation des épaules par rapport au bassin, qui est associée à la torsion. Dans des études biomécaniques antérieures, il est apparu possible de réduire les efforts couplés en torsion et en inclinaison au dos lorsque les manœuvres asymétriques sont exécutées en maintenant les épaules parallèles au sol (Gagnon et Gagnon, 1993; Plamondon et al., 1995). En fonction de la position du sujet, le parallélisme des épaules avec le sol peut refléter deux formes possibles d'asymétrie posturale. D'une part, si le sujet a le dos droit ou peu fléchi, l'asymétrie sera évaluée dans le plan vertical et mise en lien avec l'inclinaison latérale. D'autre part, si le sujet est fléchi, l'évaluation se fait dans le plan horizontal et une asymétrie en torsion est alors possible. Voilà pourquoi il importe de caractériser l'inclinaison du dos (flexion sagittale) avant de pouvoir interpréter cette observation. Cette précaution n'a de pertinence qu'à la prise puisque les sujets déposaient les contenants en hauteur et avaient le dos relativement droit.

Module 2 : L'asymétrie de posture liée à la position relative des mains

La position relative d'une main par rapport à l'autre nous est apparue aussi comme une source possible d'asymétrie posturale, particulièrement à la prise. Dans les cas où peu de manœuvres sont faites sur la charge avant le soulèvement, devoir positionner ses mains pour assurer une bonne emprise sur le contenant peut primer sur la position d'ensemble du corps et provoquer une asymétrie de posture. La localisation des mains sur la charge

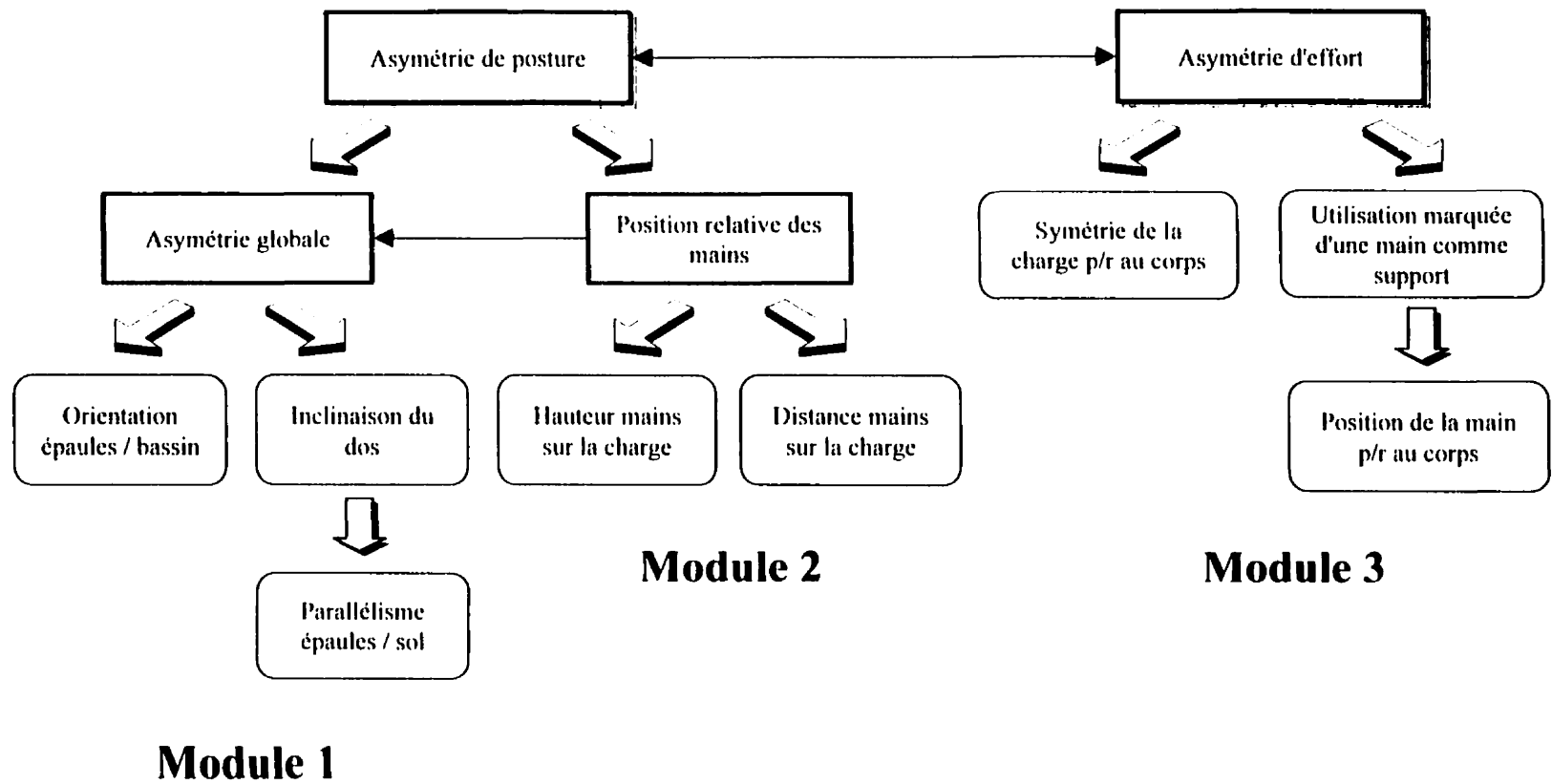


Figure 7. Modules pour évaluer l'asymétrie

ne peut pas être un bon indicateur ici puisque qu'une prise asymétrique peut très bien être «resymétrisée» par un repositionnement approprié de la charge, par exemple en la tournant ou en l'inclinant. Il faut donc regarder la position de la main droite par rapport à celle de la main gauche et ce, tant en hauteur (dans le plan vertical) qu'en terme de distance (dans le plan sagittal) (figure 8).

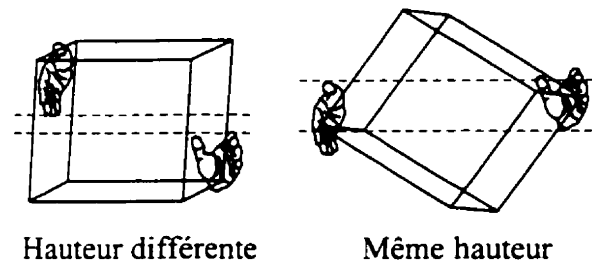


Figure 8. Position relative des mains dans le plan vertical (vue de face).

Module 3 : L'asymétrie d'effort

L'asymétrie d'effort est dépendante de la position latérale (symétrie) de la charge par rapport au corps. Une charge qui se trouve entre les mains, vis-à-vis du corps, limite les asymétries d'effort. Cela est vrai pour les phases comme pour les moments où une charge décentrée par rapport à la base d'appui peut aussi engendrer des efforts asymétriques. De la même manière, une charge qui est soutenue surtout d'une seule main est susceptible de provoquer des efforts asymétriques. En principe, plus cette main est loin du corps, plus les efforts seront importants.

4. Variables de symptômes de difficulté

Les variables de symptômes pour l'équilibre ($n=5$) sont reliées au déplacement des appuis. Le «travail de stabilisation des appuis» avait pour but d'évaluer si un mouvement perceptible des appuis était présent afin de maintenir l'équilibre lors des premiers moments de la phase de soulèvement. Ce travail actif de stabilisation, qui semble surtout passer par l'action du gros orteil, a été mis en relation avec l'angle de bascule – une mesure de la déportation du centre de gravité d'une personne vers les limites extérieures de sa base d'appui (Tanaka et al., 1996; Sasaki et al., 1990).

La «réorganisation des appuis» – utilisée aussi comme variable d'état – était observée dans les premiers moments du soulèvement et permettait d'identifier un mouvement des appuis qui servait à récupérer une stabilité précaire avant de se diriger vers le dépôt. Nous avons aussi évalué la vitesse avec laquelle la réorganisation de la base d'appui était effectuée, i.e. si elle était faite de façon précipitée. Un mouvement rapide de l'appui était interprété comme une urgence à récupérer une situation déséquilibrante.

En fonction du rythme de déplacement habituel du sujet dans la phase de transport, nous avons aussi évalué si ce dernier augmentait parfois la cadence de marche en étant déporté vers l'avant, traduisant ainsi une urgence à vouloir compléter rapidement le dépôt.

Suite au dépôt de la charge, certains sujets se retiraient immédiatement de la plateforme de dépôt alors que d'autres devaient prendre un pas supplémentaire, vers l'avant ou latéralement, avant de s'éloigner. Ce mouvement – que nous avons nommé «réajustement de la base d'appui» – suggérait une recherche de stabilité qui ne semblait pas être acquise au moment où la charge était déposée. Tout comme nous l'avons fait pour la réorganisation de la base d'appui, nous avons évalué si ce réajustement se faisait de façon rapide, brusquée, ou au même rythme que les pas normaux du sujet.

Pour le contrôle, deux variables de symptôme sont liées à un mouvement de la charge. Dans les premiers moments du soulèvement, il était parfois possible d'observer un mouvement soudain de la charge, non volontaire de la part du sujet, sous la forme d'une inclinaison rapide et momentanément dans une direction, ce mouvement étant souvent très vite récupéré. Nous avons associé ce mouvement de «bascule soudain» à une difficulté de contrôle. L'observation de la «stabilité de la charge avant le dépôt» avait pour but d'identifier une charge qui, même jusqu'aux derniers instants avant de la déposer, ne serait toujours pas stabilisée par le sujet, traduisant possiblement une difficulté de contrôle persistante tout au long du transfert. Finalement, une dernière variable était en lien avec la prise. Une «prise qui glisse» était identifiée comme un

événement très soudain où on pouvait voir une ou les deux mains glisser sur l'objet, le sujet n'ayant d'autre choix que de récupérer rapidement la situation.

Pour la fluidité, nous avons observé si la charge entrait en collision avec la partie avant (le bord avant) de la plate-forme de dépôt, ce qui se manifeste par une interruption de la continuité du mouvement et fait état d'une difficulté de la part du sujet à bien planifier la trajectoire que doit suivre la charge jusqu'à son lieu de dépôt.

5. Variables de compensation

5.1 Actions de contrepoids

Les actions de contrepoids, i.e. des comportements qui servent à équilibrer, neutraliser le système manutentionnaire/charge, sont spécifiques à l'équilibre. Par exemple, on peut vouloir être en appui sur un pied pour soulever une charge, avec une jambe libre à l'arrière qui vient faire contrepoids. La compensation vient alors de la jambe libre (compensation segmentaire) et de la distance qui la sépare du pied d'appui principal. Nous avons donc considéré cette compensation en observant, lorsque le sujet se retrouve sur un seul pied, la position de la jambe libre par rapport à l'appui en contact, autant en terme d'éloignement que de largeur.

Une autre forme de contrepoids est attribuable au bassin qui permet de jouer avec la localisation de la ligne de gravité dans la base d'appui. Plus le sujet projette son fessier vers l'arrière, plus il compense pour la charge qui est à soulever. Nous avons évalué l'éloignement du bassin par rapport à la limite arrière de la base d'appui, cette action étant considérée seulement dans le plan sagittal.

5.2 Comportements palliatifs

Quatre de ces comportements ont été observés pour l'équilibre. À deux reprises dans la phase de transfert, nous avons observé la distance qui séparait les pieds. Il est facile de concevoir que plus la base d'appui est grande, plus il y a de chances que le centre de gravité demeure dans les limites de celle-ci et qu'ainsi l'équilibre soit plus facile à maintenir. Cependant, lorsqu'il s'agit de se déplacer, le problème se pose

différemment : la priorité est alors d'assurer une récupération rapide de sa stabilité dans les cas où un incident perturbateur surviendrait. Il faut alors maintenir la ligne de gravité le plus possible dans le centre de la base de support tout en maintenant celle-ci relativement petite, ce qui permet d'initier une réponse rapide dans une direction ou dans l'autre. Cette diminution de la base d'appui permet d'optimiser la vitesse de réaction.

Nous avons aussi observé la présence d'un mouvement de rotation de l'appui arrière lors de la marche. Il s'agissait de vérifier si, lorsque le sujet effectuait un pas, le pied arrière tournait sur lui-même (*spin*), le talon et la pointe du pied allant dans des directions opposées (figure 9). Ce mouvement semblait compenser pour un changement de direction initié par le pied avant.



Figure 9. Mouvement de rotation d'un appui lors de la marche.

Finalement, nous avons caractérisé la position du dos pendant la phase de transport, particulièrement à l'approche du lieu de dépôt, afin d'évaluer si les sujets faisaient une utilisation active de cette région corporelle pour faciliter le dépôt. Le dos pouvait être fléchi afin de compenser l'éloignement du sujet par rapport à la plate-forme ou, au contraire, être en extension afin de limiter un mouvement quelconque de la charge.

Un haussement des épaules est le seul observable de compensation identifié pour le contrôle. Cette variable permettait de vérifier si les sujets, par un mouvement d'élévation des épaules afin de soulever suffisamment la charge au-dessus de la plate-forme de dépôt, compenseraient pour divers facteurs comme une prise déficiente par exemple.

CHAPITRE 4

PORTRAIT DES MODES OPÉRATOIRES

Cette section n'a pas pour but d'analyser en détail les modes opératoires adoptés par les sujets, mais de dresser un portrait des données d'observations effectuées en rapportant certaines tendances et éléments pertinents. Les tableaux 4.1 et 4.2 rapportent les fréquences d'observation des différents descripteurs/classes pour les moments et les phases respectivement. En général, ces tableaux montrent une grande diversité dans les façons de faire, certains modes opératoires dominants pouvant toutefois être relevés. À l'occasion, on a analysé certaines associations entre les variables (à l'aide de tableaux croisés) pour vérifier quelques hypothèses et ajouter à notre compréhension. C'est le cas particulièrement pour les variables de symptôme où il était intéressant de voir si d'autres variables pouvaient être liées à leur apparition.

1. Équilibre

1.1 Position et déplacement de la charge

L'éloignement de la charge par rapport au sujet est plus marqué à la prise qu'au dépôt. Bien que la majorité tende à garder la charge devant eux, on observe toutefois qu'un décentrage latéral de la charge par rapport au corps est plus fréquent si on le compare à l'éloignement, spécialement au dépôt. Ce décentrage est presque systématiquement du côté droit à la prise, alors qu'il est plus souvent du côté gauche au dépôt. De plus, presque deux fois plus de charges se retrouvent à l'extérieur de la base d'appui lors du dépôt.

La hauteur, une fois la phase de soulèvement complétée, demeure dans l'ensemble constante et plutôt basse, i.e. ajustée à la hauteur requise pour déposer. Les accélérations de charge sont rares et on les observe deux fois plus souvent lors du soulèvement plutôt qu'au transport.

Tableau 4.1. Fréquence des observations pour les moments de prise et de dépôt

Variables d'observation	Descripteurs/classes	Moments	
		Prise	Dépôt
Équilibre			
<i>Position de la charge</i>			
Éloignement p/r à la B.A. (1)	Collée/intérieure	59	136
	Intermédiaire	61	26
	Éloignée	50	9
Symétrie p/r à la B.A. (2)	Intérieure [Centrée]	114	95
	Int. [Décentrée G/D]	39 [3/36]	41 [24/17]
	Extérieure [G/D]	17 [0/17]	32 [29/3]
<i>Caractéristiques de la B.A.</i>			
Surface - # de pied(s) au sol (3)	1 pied [G/D]	14 [0/14]	29 [5/24]
	2 pieds	156	142
Surface si 2 pieds au sol			
Distance avant-arrière entre les pieds (8)	Rapprochée	101	75
	Intermédiaire	32	58
	Éloignée	23	9
Largeur entre les pieds (9)	Rapprochée	48	106
	Intermédiaire	59	31
	Éloignée	49	2
<i>Répartition du poids</i>			
Position du dos p/r à la B.A. (1 pied) (6)	Intérieur [Av./C/Arr.]	14 [2/11/1]	
Position du dos p/r à la B.A. (2 pieds) (6)	Intérieur [Av./C/Arr.]	153 [65/65/23]	
	Extérieur	3	
Utilisation d'un appui principal (5)	Non	79	31
	Oui [G/D]	77 [24/53]	111 [30/81]
Un pied est-il devant l'autre (4)	Non	94	40
	Oui [G/D]	62 [21/41]	102 [21/81]
<i>Compensation</i>			
<i>Segmentaire</i>			
Distance avant-arrière entre les pieds (8)	Rapprochée	0	14
	Intermédiaire	11	15
	Éloignée	3	0
Largeur entre les pieds (9)	Rapprochée	2	16
	Intermédiaire	9	10
	Éloignée	3	3
Position du bassin p/r à la B.A. (7)	Intérieur	25	76
	Extérieur [Interm.]	53	65
	Extérieur [Éloignée]	78	1

Information recherchée	Descripteurs/classes	Moments		
		Prise	Dépôt	
Contrôle				
<i>Caractéristiques de la prise</i>				
Prise adoptée ^a (31 et 32)	1/1 (cylindre)	10	41	
	2/2 (cylindre)	37	6	
	7/3 (diagonale)	33	30	
	3/7 (diagonale)	14	14	
	8/2 (asymétrique)	13	11	
	2/8 (asymétrique)	12	1	
	1/9 (asymétrique)	11	10	
	8/8 (symétrique)	10	10	
	6/4 (asymétrique)	4	15	
Fluidité				
<i>Continuité du mvt de la charge</i>				
Orientation du système				
	Orientation de la charge (39)	Non Oui [Peu/Beaucoup]	155 15 [11/4]	
Orientation des appuis (40)				
	Non Oui [Peu/Beaucoup]	107 49 [42/7]		
Asymétrie				
<i>Asymétrie de posture</i>				
Orientation épaules/bassin (45)	Même axe Axe diff. [Peu/Bcp]	138 32 [30/2]	141 31 [27/4]	
	Inclinaison du dos (46)	< 20° 20-45° > 45°	0 19 151	
Parallélisme épaules/sol (47)	< 10° 10-20° [G/D] > 20 [G/D]	138 28 [10/18] 4 [1/3]	156 15 [4/11] 1 [0/1]	
	<i>Position relative des mains</i>			
	Hauteur des mains sur la charge (48)	Vis-à-vis Décalées	94 76	90 82
Distance des mains sur la charge (49)		Vis-à-vis Décalées	90 80	81 91

^a Prises les plus fréquentes

Tableau 4.2 Fréquence des observations pendant les phases

Variables d'observation	Phases			
	Soulèvement		Transport	
Équilibre				
<i>Déplacement de la charge</i>				
Éloignement p/r au corps (10-18)	Se rapproche	58	Collée ou quasi	118
	Constante	116	Intermédiaire	51
	S'éloigne	0	Éloignée	0
Symétrie p/r au corps (11-19-26)	Centrée	125	Centrée	110
	Décentrée [G/D]	49 [48/1]	Décentrée G [Peu/Bcp]	43 [42/1]
			Décentrée D [Peu/Bcp]	21 [21/0]
			En ligne	147
Hauteur maximale (13-20)			De biais	27
	Basse [Peu/Bcp]	148 [93/55]	Basse	134
	Haute	26	Haute	36
Accélération (12-27)	Non	154	Non	165
	Oui	20	Oui	9
<i>Déplacement des appuis</i>				
Réorganisation de la B.A. (15)	Réorientation	138		
	Réajustement	32		
Trajectoire des pieds (21)			Même direction	43
			Changement de dir.	124
Croisement des pieds (22)			Non	136
			Oui [Peu/Beaucoup]	31 [29/2]
<i>Symptômes de difficulté</i>				
Travail de stabilisation (14)	Non	147		
	Oui	27		
Réorganisation de la B.A. (15)	Réorientation	140		
	Réajustement	34		
Réorganisation précipitée (16)	Non	156		
	Oui	18		
Augmentation rythme des pas (24)			Non	151
			Oui	11
Réajustement de la B.A. (29)			Non	105
			Oui [Peu/Beaucoup]	63 [40/23]
Réajustement précipité (30)			Non	55
			Oui	8
<i>Compensation</i>				
Comportements palliatifs				
Distance entre les pieds (17-25)	Rapprochée	89	Rapprochée	135
	Intermédiaire	78	Intermédiaire	29
	Éloignée	7	Éloignée	0
Pied arrière tourne (23)			Non	113
			Oui	54

Variables d'observation	Phases	
	Soulèvement	Transport
Compensation du dos (28)		Non 154 Oui [Flexion/Extension] 16 [5/11]
Contrôle		
<i>Caractéristiques de la prise</i>		
Mouvement de la charge (36)		Non 62 Oui 112 Oui - boîte [Peu/Bcp] 77 [58/19] Oui - cylindre ⁴ 35
Changement de prise (38)		Non 152 Oui [Peu/Bcp] 22 [18/4]
<i>Symptômes de difficulté</i>		
Charge bascule (33)	Non 155 Oui 19	
Prise glisse (34)	Non 173 Oui 1	
Charge stabilisée avant dépôt (37)		Non 2 Oui 172
<i>Compensation</i>		
Haussement des épaules (35)		Non 169 Oui 5
Fluidité		
<i>Continuité du mvt de la charge</i>		
Changement de direction (43) (trajectoire globale de la charge)		Linéaire 71 Courbe 2 Équerre 101
Précision du mouvement (42)		Non 22 Oui 148
Évaluation globale (44) (mouvement fluide)		Non 62 Intermédiaire 25 Oui 86
<i>Symptôme de difficulté</i>		
Contact avec plate-forme de dépôt (41)		Non 162 Oui 8
Asymétrie		
<i>Asymétrie d'effort</i>		
Main plus de poids (50)		Non 43 Oui [G/D] 83 [32/51]
Main p/r au corps (51)		Près 63 Mi-distance 8 Loin 12

⁴ Critère d'observation différent pour le cylindre

1.2 Surface d'appui, répartition du poids et déplacement des appuis

La surface d'appui est réduite de façon marquée au dépôt comparativement à la prise : on y retrouve deux fois plus souvent de sujets sur un pied et la largeur entre les pieds est plus petite. Les flexions prononcées du dos à la prise entraînent une déportation du poids du corps vers l'avant de la base d'appui dans une proportion non négligeable de 40%. Toutefois, l'utilisation d'un appui principal est observée beaucoup plus fréquemment au dépôt qu'à la prise. En ce qui a trait au déplacement des appuis, des réajustements sont nécessaires suite au soulèvement près d'une fois sur cinq. Lors de la marche, trois fois plus souvent observe-t-on un changement de direction dans le patron de marche qu'une trajectoire directe, rectiligne des appuis. Des croisements de pieds sont observés près d'une fois sur cinq.

1.3 Variables de symptômes de difficulté

La fréquence d'apparition des symptômes de difficulté est plutôt importante, le plus fréquent étant un réajustement de la base d'appui suite au dépôt (n=63). Une association a pu être établie entre ce symptôme et une augmentation du décentrage (latéralité) de la charge, une diminution de la largeur de la base d'appui et le fait d'avoir un seul appui au sol. Un travail de stabilisation des appuis a été noté à 27 reprises et a été associé à trois variables soit une augmentation de l'éloignement de la charge, une inclinaison du dos prononcée et une faible distance antéro-postérieure entre les pieds. Une réorganisation de la base d'appui sous la forme d'un réajustement a été observée 32 fois et a été mise en relation avec la distance avant/arrière entre les appuis, particulièrement quand les pieds sont côte à côte. Sur les 18 séquences où nous avons observé une réorganisation précipitée, 14 étaient associées à un réajustement de la base d'appui plutôt qu'à une simple réorientation.

1.4 Variables de compensation

L'action de compensation du bassin est beaucoup plus marquée à la prise qu'au dépôt où les genoux ne sont évidemment pas fléchis, puisque le sujet est en position debout, action qui favorise un recul naturel du bassin vers l'arrière. En proportion, une

compensation importante du bassin a pour effet de ramener le dos davantage dans le centre de la base d'appui, i.e. à limiter la déportation du poids du sujet vers l'avant.

Rarement, les sujets ont considérablement distancé leurs pieds l'un de l'autre, particulièrement lors du transport où les sujets privilégient faire un petit pas plutôt qu'un grand écart pour aller porter la charge. Un mouvement de rotation d'un appui lors de la marche s'est produit près de neuf fois sur dix quand les appuis ne sont pas dans la même ligne de marche, i.e. quand il y avait un changement de direction dans le patron de déplacement. En général, le dos est demeuré droit à l'exception de 16 séquences où l'extension est alors la compensation la plus fréquente (n=11). Elle est observée particulièrement avec des charges qui sont transportées hautes et près du corps, comme si on voulait s'assurer de soulever suffisamment la charge au-dessus de la plate-forme pour la déposer.

2. Contrôle

2.1 La prise

Les repères utilisés pour l'observation des prises étaient différents dans le cas des cylindres et des boîtes. Pour les cylindres (n=47), au moment de la prise, la position des mains la plus souvent adoptée correspond à une prise directement sur le dessus (2/2). Au dépôt, toutefois, la prise se situe dans la partie arrière du cylindre, vers le sujet (1/1). Cette différence n'est pas le fait d'un changement de prise, mais due au fait que les sujets avaient tendance à prendre le cylindre sur le dessus et à l'incliner dans un mouvement de bascule vers l'arrière, i.e. vers le sujet, pour faciliter le dépôt. En effet, maintenir la prise 2/2 au dépôt oblige le sujet à faire un mouvement d'abduction important des épaules afin de soulever suffisamment la charge pour la déposer.

En ce qui a trait aux boîtes, la prise la plus fréquente est une prise diagonale (7/3) où la main droite, généralement la main dominante, est plus près du corps tandis que l'autre main est vers le devant de la boîte. Cette prise représente toutefois moins de 30% des prises observées ce qui reflète une grande variabilité.

2.2 Mouvement de la charge et changement de prise

Les sujets bougent fréquemment la charge sur elle-même durant son transfert, en particulier le cylindre. Dans le cas des boîtes, on bouge deux fois plus les boîtes dont le centre de gravité est décentré (46 vs 24) alors qu'il y a très peu de différence pour les boîtes centrées (31 vs 25). Des 14 boîtes décentrées vers l'avant (BA), on a observé 13 fois un mouvement sur elles-mêmes. Les sujets modifient très peu la prise qu'ils adoptent initialement, le changement le plus fréquent étant simplement un repositionnement ([peu]) des doigts sans changer la localisation ([beaucoup]) de la main sur la charge. Aucun changement de prise n'a été observé dans le cas du cylindre.

2.3 Variables de symptômes de difficulté

Des trois variables identifiées à l'origine comme pouvant traduire une difficulté de contrôle, seule la bascule de la charge a pu être observée suffisamment fréquemment pour que des commentaires soient formulés. Identifiée dans 19 séquences, cette bascule soudaine s'est produite 18 fois avec une boîte dont le centre de gravité était décentré. Le décentrage ayant causé le plus de difficulté – toute proportion gardée – est celui vers l'avant, suivi du décentrage à droite.

3. Fluidité

3.1 Trajectoire globale de la charge et orientation du système

La trajectoire la plus fréquente est celle en «équerre» où la charge change de direction à au moins une reprise alors qu'une trajectoire «linéaire», i.e. directe vers le lieu de dépôt, sans changement de direction notable, est observée dans 40% des séquences. Dans les 22 séquences où la trajectoire, en fonction du lieu de dépôt, a été jugée imprécise, 17 fois la charge suivait une trajectoire linéaire, ce qui représente une justesse de mouvement déficiente pour cette trajectoire d'un contenant sur quatre. Une fois sur trois, le sujet n'est pas directement face à la plate-forme de prise, mais orienté vers le lieu de dépôt. On observe alors un mouvement d'ouverture de l'appui gauche vers le dépôt, mais de façon peu prononcée. L'orientation simultanée de la charge et des appuis se produit rarement (n=8), mais conduit toujours à une trajectoire linéaire.

3.2 Évaluation globale

Cinquante pour cent des transferts de charge ont été jugés globalement fluides par l'observatrice. La trajectoire linéaire est plus souvent associée à un mouvement fluide alors que la présence d'une accélération conduit les deux tiers du temps à un mouvement jugé non fluide. En général, il n'est pas clair que la présence d'un élément considéré défavorable pour la continuité du mouvement, i.e. une accélération et/ou une trajectoire avec changement de direction, se traduise automatiquement par une évaluation négative de la fluidité, même si la tendance va en ce sens. L'évaluation globale de la fluidité semble intégrer une gamme plus large d'éléments.

3.3 Variables de symptômes de difficulté

Une charge qui entre en collision avec la plate-forme a été observée à huit occasions, toujours lorsque la charge suivait une trajectoire linéaire du lieu de prise au lieu de dépôt.

4. Asymétrie

4.1 Asymétrie de posture

Une déviation des épaules par rapport au bassin a été observée près d'une fois sur cinq à la prise comme au dépôt. L'inclinaison du dos à la prise est fréquemment supérieure à 45 degrés, le dos n'étant jamais droit. Lorsque le dos est fléchi entre 20 et 45 degrés, les épaules sont toujours parallèles au sol. C'est dire que le parallélisme des épaules avec le sol à la prise ne peut être mis en lien qu'avec la torsion. Les épaules sont plus souvent inclinées du côté droit du sujet, mais deux fois moins souvent au dépôt et rarement de façon supérieure à 20 degrés.

4.2 Position relative des mains

L'observation de la position relative des mains en terme de hauteur ou de distance montre que les mains sont, dans des proportions presque identiques à la prise comme au dépôt, aussi souvent décalées l'une par rapport à l'autre que vis-à-vis. La même tendance s'observe lorsqu'on combine les deux observations simultanément (hauteur et distance) au moment de prendre la charge: les mains sont soit vis-à-vis ou décalées, avec un léger

avantage pour le premier. Cette tendance se maintient au dépôt, mais de façon moins marquée alors que les mains sont plus souvent vis-à-vis en hauteur, mais décalées en distance. Il semble que ce soit le parallélisme des épaules qui soit la variable la plus associée avec la position des mains.

4.3 Asymétrie d'effort

Comme nous l'avons souligné dans la section sur l'équilibre, les charges sont assez souvent décentrées ou à l'extérieur de la base d'appui, tant à la prise qu'au dépôt, mais du côté opposé. Lors de la phase de transfert, même si la majorité du temps les sujets cherchent à garder la charge face à eux, on observe tout de même plusieurs décentrages latéraux de charges par rapport au corps. On a recourt deux fois plus souvent à une main comme support principal pour soutenir le poids de la charge, la main droite étant surtout mise à contribution. La main qui transporte le plus de poids est fréquemment maintenue près du corps.

CHAPITRE 5

ÉVALUATION DE LA STRATÉGIE D'OBSERVATION

1. Fiabilité (reproductibilité) des observations

Le tableau 5.1 présente en résumé les niveaux d'accord obtenus aux tests de reproductibilité (P_o et k) intra et interobservateurs pour 50 variables d'observation (voir l'annexe 2 pour une identification détaillée des variables). Les résultats ont été regroupés selon trois cotes en lien avec des seuils d'acceptation spécifiques aux deux mesures d'accord : niveau d'accord substantiel [cote A+: zone blanche] ($k > .60$ et $P_o > 85\%$), niveau d'accord minimum [cote A: zone grise] ($k > .50$ et $P_o > 80\%$) et niveau d'accord insuffisant [cote R: zone noire] ($k < .50$ et $P_o < 80\%$). Puisque 13 variables ont été observées à la prise et au dépôt, des niveaux d'accord pour 63 observations sont présentés. La variable 4 (un pied est-il devant l'autre) a été ajoutée suite à la saisie comme complément d'observation et n'apparaît pas dans ces résultats.

Les niveaux d'accord sont légèrement supérieurs pour les tests interobservateurs où 83% des observations rencontrent les seuils minimums d'acceptation ($k > .50$ et $P_o > 80\%$) comparativement à 78% pour les tests intra-observatrice. Respectivement 14 et 11 observations obtiennent un niveau d'accord insuffisant ($k < .50$ et $P_o < 80\%$) aux tests intra et interobservateurs. En général, un niveau d'accord insuffisant est autant attribuable au kappa qu'au pourcentage d'accord, une assez faible proportion étant le fait des deux seuils simultanés.

Le tableau 5.2 présente de façon plus détaillée les niveaux d'accord intra et interobservateurs en fonction des moments (prise/dépôt) ou phases (soulèvement/transport) d'observation. Les cotes associées à chaque observation pour les deux tests sont indiquées. De plus, le nombre total d'observations de chaque cote est compilé pour les moments et les phases de chaque condition à risque. La dernière colonne du tableau donne, pour 21 observations qui ont obtenu la cote R aux tests intra et/ou inter-

Tableau 5.1 Résumé des niveaux d'accord^a pour les 63 observations effectuées

Tests intra-observatrice

		kappa				
		< .50	.50 à .59	.60 à .79	> .80	Total
Po	> 90	4		8	32	44
	85 à 89		2	4	2	8
	80 à 84	1		1		2
	< 80	4	1	3		9
Total		9	4	16	34	63
		R: 14 A: 3 A+: 46				

Tests interobservateurs

		kappa				
		< .50	.50 à .59	.60 à .79	> .80	Total
Po	> 90	3		6	39	48
	85 à 89		2	2	1	5
	80 à 84			2		2
	< 80	5	1	2		8
Total		8	3	12	40	63
		R: 11 A: 4 A+: 48				

^a Classés selon trois cotes :

- A+: niveau d'accord substantiel - kappa > .60 et Po > 85%
- A: niveau d'accord minimum - kappa > .50 et Po > 80%
- R: niveau d'accord insuffisant - kappa < .50 et/ou Po < 80%

Tableau 5.2 Niveau d'accord des 63 observations effectuées

#	Variables d'observation	Intra		Cote ^a	Inter		Cote	Solution ^b / explication
		Po	k		Po	k		
Équilibre								
Moments								
1p	Eloignement de la charge p/r à la B.A.	90	.89	A+	95	.95	A+	↑ classe
2p	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	90	.44	R	95	.93	A+	
3p	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	95	.64	A+	100	1	A+	
5p	Utilisation d'un appui principal	95	.92	A+	85	.78	A+	
6p	Position du dos p/r à la B.A.	90	.84	A+	80	.77	A	
7p	Position du bassin p/r à la B.A.	95	.92	A+	95	.92	A+	↑ classe
8p	Distance avant-arrière entre les pieds	100	1	A+	95	.91	A+	
9p	Largeur entre les pieds	85	.78	A+	85	.79	A+	
1d	Eloignement de la charge p/r à la B.A.	85	.63	A+	90	.77	A+	
2d	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	75	.51	R	95	.92	A+	
3d	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	85	.50	A	100	1	A+	Apprent.
5d	Utilisation d'un appui principal	76	.68	R	85	.80	A+	
7d	Position du bassin p/r à la B.A.	88	.80	A+	95	.92	A+	Apprent.
8d	Distance avant-arrière entre les pieds	94	.91	A+	95	.93	A+	
9d	Largeur entre les pieds	76	.69	R	95	.94	A+	
Total:		10 A+ / 1 A / 4 R			14 A+ / 1 A / 0 R			
Phases								
10s	Trajectoire initiale de la charge (éloignement)	95	.89	A+	75	.43	R	—
11s	Trajectoire initiale de la charge (symétrie)	95	.88	A+	85	.57	A	
12s	Charge a-t-elle été accélérée	90	.46	R	90	.69	A+	Classe rare
13s	Hauteur maximale de la charge	75	.66	R	95	.93	A+	↑ classe
14s	Travail de stabilisation des pieds	95	.83	A+	95	.83	A+	
15s	Objectif de la réorganisation de la B.A.	75	.31	R	95	.89	A+	OR
16s	Réorganisation faite de façon précipitée	100	1	A+	90	.46	R	Classe rare
17s	Distance entre les pieds	100	1	A+	100	1	A+	
18t	Eloignement entre la charge et le sujet	85	.63	A+	90	.78	A+	
19t	Symétrie entre la charge et le sujet	50	.49	R	75	.72	R	↑ classe
20t	Hauteur maximale de la charge	90	.78	A+	90	.78	A+	
21t	Trajectoire des pieds	80	.60	A	80	.60	A	
22t	Est-ce que les pieds se croisent	90	.79	A+	90	.89	A+	
23t	Est-ce que le pied arrière tourne	85	.74	A+	90	.83	A+	
24t	Augmentation du rythme des pas	85	.51	A	95	.84	A+	
25t	Distance entre les pieds	95	.89	A+	90	.75	A+	
26t	Trajectoire finale de la charge	95	.77	A+	100	1	A+	
27t	Charge a-t-elle été accélérée	100	1	A+	95	.29	R	Classe rare
28t	Est-ce que le sujet compense avec son dos	95	.64	A+	85	.50	A	
29t	Y a-t-il réajustement de la B.A.	95	.87	A+	70	.42	R	↑ cl. - OR
30t	Le réajustement est-il précipité	95	.84	A+	70	.43	R	OR
Total:		15 A+ / 2 A / 4 R			12 A+ / 3 A / 6 R			
Contrôle								
Moments								
31p	Localisation de la main droite sur la charge	100	1	A+	100	1	A+	
32p	Localisation de la main gauche sur la charge	100	1	A+	100	1	A+	
31d	Localisation de la main droite sur la charge	95	.94	A+	95	.94	A+	
32d	Localisation de la main gauche sur la charge	100	1	A+	100	1	A+	
Total:		4 A+ / 0 A / 0 R			4 A+ / 0 A / 0 R			

#	Variables d'observation	Intra		Cote	Inter 2		Cote	Solution ^b / explication
		Po	k		Po	k		
Phases								
33s	Est-ce que la charge bascule	100	1	A-	95	.83	A+	Classe rare ↑ cl. - OR OR
34s	Est-ce que la prise glisse	100	1	A-	100	1	A+	
35t	Sujet hausse-t-il les épaules	95	.29	R	100	1	A+	
36st	Le sujet fait-il bouger la charge	85	.81	A+	60	.52	R	
37t	La charge est-elle stabilisée avant le dépôt	80	.22	R	60	.12	R	
38st	La prise est-elle modifiée	100	1	A+	100	1	A-	
Total:		4 A+ / 0 A / 2 R			4 A+ / 0 A / 2 R			
Fluidité								
Moment								
39p	Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt	90	.87	A+	94	.86	A-	
40p	Orientation de la charge p/r au lieu de dépôt	100	1	A-	100	1	A+	
Total:		2 A+ / 0 A / 0 R			2 A+ / 0 A / 0 R			
Phases								
41t	Charge entre-t-elle en contact avec plate-forme	95	.29	R	100	1	A+	Classe rare —
42t	Le dépôt est-il précis dans sa hauteur	95	.65	A-	95	.65	A-	
43st	Trajectoire globale de la charge	95	.89	A-	95	.89	A-	
44st	Le mouvement de la charge est-il fluide	55	.46	R	60	.48	R	
Total:		2 A+ / 0 A / 2 R			3 A+ / 0 A / 1 R			
Asymétrie								
Moments								
45p	Orientation des épaules p/r au bassin	70	.22	R	100	1	A+	↑ classe
46p	Inclinaison du dos	90	.69	A-	90	.69	A+	
47p	Parallélisme des épaules p/r au sol	95	.65	A+	100	1	A-	
48p	Hauteur des mains sur la charge	100	1	A+	100	1	A-	
49p	Distance des mains sur la charge	100	1	A-	100	1	A-	
45d	Orientation des épaules p/r au bassin	70	.53	R	75	.63	R	↑ classe Classe rare
47d	Parallélisme des épaules p/r au sol	100	1	A+	90	-.05	R	
48d	Hauteur des mains sur la charge	100	1	A-	100	1	A-	
49d	Distance des mains sur la charge	100	1	A-	100	1	A-	
Total:		7 A+ / 0 A / 2 R			7 A+ / 0 A / 2 R			
Phases								
50st	Est-ce qu'une main transporte plus de poids	95	.93	A+	95	.93	A+	
51st	Où est-elle p/r au corps	100	1	A+	100	1	A-	
Total:		2 A+ / 0 A / 0 R			2 A+ / 0 A / 0 R			
Grand total:		46 A+ / 3 A / 14 R			48 A+ / 4 A / 11 R			

Légende: p=prise ; d=dépôt ; s=soulèvement ; t=transport ; st=soulèvement et transport (transfert)

^a A+=k > .60 et Po > 85%; A=k > .50 et Po > 80%; R=k < .50 et Po < 80%

^b Solution envisagée ou explication pour les variables qui ont obtenu la cote R aux tests intra et/ou inter:

↑ classe : regroupement de classes (voir tableau 5.3)

Apprent. : effet d'apprentissage entre le début et la fin de la saisie (voir tableau 5.4)

Classe rare : désaccord(s) se produit(s) sur une classe rarement observée (en lien avec le matériel)

OR : observation refaite

— : aucune solution ou explication (problème réel de fiabilité)

observateurs, les solutions proposées ou les raisons pouvant expliquer ces résultats. Nous y reviendrons à la section 1.1.

Trente-six observations présentent une cote A+ pour les deux tests et six reçoivent au minimum une cote A. Les deux tiers (n=42) des observations rencontrent donc les seuils d'acceptation minimums aux tests intra-observatrice et interobservateurs. Pour ce qui est du tiers restant (n=21), quatre observations sont cotées R aux deux tests alors que 17 autres observations reçoivent cette cote à l'un ou l'autre des tests. En proportion, les variables cotées R sont un peu plus nombreuses au niveau des phases comparativement aux moments (28% vs 23%).

C'est pour l'observation de l'équilibre qu'on remarque les plus grands écarts intra/inter, les tests intra-observatrice étant en général plus faibles. Les différences entre moments et phases sont toutefois plus importantes aux tests inter-observateurs. Des 15 observations que comptent les moments, 14 obtiennent la cote A+ et une la cote A alors que six variables obtiennent la cote R pour les phases. Ces variables demandent d'évaluer une vitesse (n=3) ou le déplacement de la charge ou d'un appui (n=3). Mis à part une observation (19t) cotée R aux deux tests, toutes les autres observations qui ont la cote R à l'un des tests obtiennent en contrepartie une cote A+ à l'autre test.

En ce qui a trait au contrôle, l'observation de la localisation des mains sur la charge est hautement fiable. Pour les phases cependant, les observations qui sont de nouveau associées au mouvement de la charge posent problèmes. Dans le cas de la fluidité, son évaluation globale (44st) ne donne pas des niveaux d'accord suffisants au niveau des deux tests. À l'exception d'une variable, les observations pour la fluidité présentent des niveaux d'accord substantiels.

Pour ce qui est de l'asymétrie, huit des 11 observations obtiennent des cotes de A+ tant pour les tests intra que pour les tests interobservateurs. C'est l'observation de l'orientation des épaules par rapport au bassin qui pose problème, particulièrement pour les tests intra-observatrice.

1.1 Observations qui présentent un problème de fiabilité (n=21)

Pour ce groupe particulier de 21 observations qui présentent à l'un et/ou à l'autre des tests une cote R, deux types de solutions ont été envisagées pour pallier au problème. D'une part, nous avons refait l'observation de cinq variables pour lesquelles les critères d'observation ont été précisés ou les consignes clarifiées. D'autre part, pour huit observations, des regroupements de classes (le terme «classe» sera dorénavant utilisé dans le reste du texte pour parler du découpage d'une variable) ont été réalisés (voir section 1.2). Ces regroupements ont ainsi permis d'augmenter suffisamment les niveaux d'accord pour quatre variables. Nous avons toutefois alors perdu en précision pour gagner en fiabilité.

Pour d'autres variables, certaines raisons peuvent expliquer les résultats obtenus. Nous nous contenterons ici de les souligner et nous y reviendrons plus en détail dans la discussion. Six observations obtiennent un haut pourcentage d'accord ($> 90\%$), mais un kappa faible ($< .50$). Ces variables avaient toutes la particularité d'avoir peu d'observations notées pour une des classes proposées et les désaccords se sont effectivement produits sur ces événements rares. Par exemple, pour l'accélération de la charge dans la phase de transport (27t), 19 fois sur 20, les deux observateurs n'ont pas observé d'accélération alors qu'une accélération a été notée par un seul des observateurs, ce qui a fait chuter la valeur du kappa à .29. Ce comportement particulier du kappa est par ailleurs connu et documenté.

Pour trois observations, ce sont les tests intra-observatrice qui sont faibles alors que les niveaux d'accord en inter sont cotés A+. Nous verrons à la section 1.3 que ces faibles résultats reflètent probablement un changement chez l'observatrice entre le début et la fin de la saisie que l'on peut associer à un effet d'apprentissage. Au total donc, deux observations (10s et 44st) présentent un réel problème de fiabilité.

1.2 Effet des regroupements de classes

Pour huit observations dont le niveau d'accord était insuffisant soit en intra et/ou en inter et qui présentaient un choix de trois classes d'observation, nous avons refait des

calculs de taux d'accord en ne considérant que deux classes et avons comparé les résultats (tableau 5.3). Par exemple, pour l'observation de la hauteur maximale de la charge au soulèvement, les classes proposées pour la saisie étaient: haute, basse [peu] et basse [beaucoup]. Nous avons réduit le nombre de classe à deux (haute ou basse) en regroupant le niveau de précision supplémentaire exigé. En moyenne, les pourcentages d'accord augmentent de 10% en intra et de trois pour cent en inter. Ces regroupements ont en fait permis que les niveaux d'accord de la moitié de ces observations puissent franchir les seuils d'accord acceptables.

1.3 Effet d'apprentissage

Pour être en mesure de faire le calcul des tests intra-observatrice, 20 séquences postsaisie ont été effectuées. Comme nous disposions ainsi de deux séries de 20 séquences (postsaisie et saisie originale), nous avons effectué deux tests inter-observateurs en comparant les réponses du concepteur aux deux séries de séquences. Les résultats des tests interobservateurs présentés plus tôt sont issus de la comparaison avec les 20 séquences postsaisie (inter postsaisie). Les résultats de l'autre comparaison (inter 2) sont présentés à l'annexe 3. Les niveaux d'accord sont globalement inférieurs de 10 à 15% pour ces derniers tests.

Dans le tableau 5.4, nous avons isolé les observations pour lesquelles l'observatrice avait obtenu une cote R aux tests intra-observatrice, seuls les pourcentages d'accord étant rapportés pour faciliter la présentation. Ces résultats sont normalement interprétés comme un manque de constance de la part de l'observatrice. Il faut préciser que les tests intra-observatrice effectués ne sont pas tout à fait standards. En effet, tout au long de la saisie des données, l'observatrice était libre de poser des questions et des échanges réguliers étaient encouragés pour assurer un suivi optimal. Des ajustements constants ont donc été faits entre le début et la fin de la période de saisie (4 mois). Les trois dernières colonnes du tableau rapportent respectivement les résultats correspondants obtenus aux tests inter postsaisie, aux tests inter 2 et la différence entre ces deux tests.

Tableau 5.3 Niveau d'accord des variables quand deux ou trois classes sont considérées

#	Variables d'observation	Intra				Cote ^a (2 cl.)	Inter				Cote ^a (2 cl.)	Cote globale ^b (2 cl.)
		Po		k			Po		k			
		3 cl.	2 cl.	3 cl.	2 cl.		3 cl.	2 cl.	3 cl.	2 cl.		
2p	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	90	90	.44	.44	R	95	95	.93	.77	A+	R
45p	Orientation des épaules p/r au bassin	70	85	.22	.58	A	100	100	1	1	A+	A
2d	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	75	75	.51	.17	R	95	100	.92	1	A+	R
45d	Orientation des épaules p/r au bassin	70	80	.53	.57	A	75	85	.63	.69	A+	A
13s	Hauteur maximale de la charge	75	100	.66	1	A+	95	95	.93	.77	A+	A+
19t	Symétrie entre la charge et le sujet	50	80	.49	.69	A	75	85	.72	.77	A+	A
29t	Y a-t-il réajustement de la B.A.	95	95	.87	.83	A+	70	70	.42	.40	R	R
36t	Le sujet fait-il bouger la charge	85	85	.81	.67	A+	60	60	.52	.37	R	R
Moyenne totale:		76,25	86,25	.57	.62		83,13	86,25	.72	.68		1 A+ / 3 A / 4 R
Différence observée:		10		.05			3,1		-.04			

^a Cote attribuée pour les regroupements en deux classes selon les seuils suivants :

A+: niveau d'accord substantiel - kappa > .60 et Po > 85%

A: niveau d'accord minimum - kappa > .50 et Po > 80%

R: niveau d'accord insuffisant - kappa < .50 et/ou Po < 80%

^b La cote globale tient compte des cotes aux tests intra et inter pour les regroupements en deux classes

Tableau 5.4. Effet d'apprentissage selon les pourcentages d'accord

#	Variables d'observation	Intra	Inter	Inter 2	Δ inter
2d	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	75	95	75	20
5d	Utilisation d'un appui principal	76	85	88	-3
9d	Largeur entre les pieds	76	95	76	19
13s	Hauteur maximale de la charge	75	95	70	25
15s	Objectif de la réorganisation de la B.A.	75	95	80	15
19t	Symétrie entre la charge et le sujet	50	75	55	20
45p	Orientation des épaules p/r au bassin	70	100	70	30
45d	Orientation des épaules p/r au bassin	70	75	75	0

On constate des augmentations moyennes de l'ordre de 20% en faveur des tests inter postsaisie – deux accords demeurant inchangés ou quasi. Puisque le concepteur a fait une seule saisie, ce résultat montre qu'il y a eu un changement chez l'observatrice en cours de saisie, i.e. entre le moment où elle a saisi les données et celui où elle a refait 20 séquences en postsaisie. Nous aborderons dans la discussion ce qui peut probablement expliquer ce changement.

2. Validité interne des observations

Les résultats de la comparaison entre 29 variables d'observation et les mesures biomécaniques correspondantes sont présentés au tableau 5.5 pour les moments de prise et de dépôt et au tableau 5.6 pour les phases de soulèvement et de transport. Puisque 10 variables sont observées à la prise et au dépôt, la validité interne de 39 observations est rapportée. De ce total, 28 sont spécifiques à l'équilibre, ce qui permet de valider plus de 70% des observations effectuées pour cette condition à risque. Il est à noter que pour des raisons d'occurrence trop faible ($n < 3$), des classes ont été éliminées. Deux niveaux de résultats sont présentés pour les observations dont les classes ont été regroupées (trois classes et deux classes).

La première colonne des tableaux rapporte les valeurs biomécaniques moyennes correspondantes pour chaque classe des variables observées. Par exemple, pour les séquences où l'éloignement de la charge a été classée comme étant collée ou à l'intérieur de la base d'appui (voir tableau 5.5, variable 1), une valeur biomécanique moyenne

Tableau 5.5 Validité interne des variables observées pendant les moments de prise et de dépôt

#	Variables d'observation	Prise			Dépôt				
		Valeurs moy. biomécaniques	Écart	Tests	Valeurs moy. biomécaniques	Écart (cm)	Tests		
				T			W x-KW	T	W x-KW
Équilibre									
1	Éloignement de la charge p/r à la B.A.			.55***	***			.49***	***
	Collée/intérieure	11,7 (7,7)	] 15,8 cm			11,9 (9,8)	] 21,9 cm		
	Intermédiaire	24,2 (6,2)				25,7 (6,9)			
	Éloignée	27,5 (5,9)				33,8 (8,3)			
2	Symétrie de la charge p/r à la B.A.			.37***	***			.24***	***
	Intérieure [Centrée]	5,7 (4,7)	] 16,6 cm			5,6 (4,4)	] 5,8 cm		
	[Décentrée G/D]	10,3 (8)				7,9 (5,6)			
	Extérieure [G/D]	22,3 (9,2)	] 15,5 cm	.35***	***	11,4 (9,3)	] 5,1 cm	.21***	***
	Intérieur	6,8 (6,1)				6,3 (4,9)			
	Extérieur [G/D]	22,3 (9,2)				11,4 (9,3)			
5	Utilisation d'un appui principal			.47***	***			.54***	***
	Non (mesure ds plan frontal)	53 (9)	] 14%			42 (16)	] 20%		
	Oui [Gauche]	40 (15)				22 (12)			
	[Droite]	67 (15)				60 (19)			
	Non (mesure ds plan sagittal)	66 (10)	] 5%	.42***	***	67 (9)	] 8%	.39***	***
	Oui [Gauche]	71 (10)				66 (20)			
	[Droite]	71 (10)				75 (11)			
6	Position du dos p/r à la B.A. (2 pieds)			.57***	***				
	Intérieur [Avant]	-8,5 (6,5)	] 18,9 cm			---	] ---		
	[Centre]	1,4 (12,5)				---			
	[Arrière] - Extérieur	10,4 (9,7)				---			
7	Position du bassin p/r à la B.A.			-.68***	***			-.47***	***
	Intérieur	2,8 (14,5)	] 13,5 cm			21,1 (9,7)	] 19 cm		
	Extérieur [Intermédiaire]	0,1 (7,5)				3,5 (8,4)			
	[Éloigné]	-10,7 (6,7)				2,1 (---)			
8	Distance avant-arrière entre les pieds			.68***	***			.64***	***
	Rapprochée	36,3 (7,1)	] 40,9 cm			44,2 (11)	] 32,1 cm		
	Intermédiaire	61,0 (10,3)				64,6 (8)			
	Éloignée	77,2 (9,4)				76,3 (5)			
9	Largeur entre les pieds			.76***	***			.54***	***
	Rapprochée	35,2 (5,5)	] 27,7 cm			32,2 (9,2)	] 32,3 cm		
	Intermédiaire	50,5 (6,5)				49,0 (7,4)			
	Éloignée	62,9 (4,7)				64,5 (0,1)			

#	Variables d'observation	Prise				Dépôt			
		Valeurs moy. bioméc. (degré)	Écart (degré)	Tests		Valeurs moy. bioméc. (degré)	Écart (degré)	Tests	
				T	W x-KW			T	W x-KW
Asymétrie									
45	Orientation des épaules p/r au bassin								
	Même axe	-1 (7)	13			-6 (7)	13		
	Axe différent [Peu]	-12 (12)				-13 (12)			
	[Beaucoup]	-14 (8)				-19 (2)			
	Même axe	-1 (7)	11			-6 (7)	8		
	Axe différent	-12 (12)				-14 (12)			
46	Inclinaison du dos								
	20 à 45°	42 (8)	26			---	---		
	>45°	68 (12)				---			
47	Parallélisme des épaules p/r au sol								
	<10°	0 (5)	9			0 (4)	12		
	10 à 20° [G/D]	0 (13)				4,8 (7)			
	>20° [G/D]	9 (22)				12 (---)			
48	Hauteur des mains sur la charge								
	Vis-à-vis	4 (4)	16			3 (4)	18		
	Décalées	20 (6)				21 (7)			
49	Distance des mains sur la charge								
	Vis-à-vis	9 (8)	20			12 (8)	14		
	Décalées	29 (9)				26 (17)			

T=Coefficient de corrélation par rang de Kendall; *Wx*=Test du Wilcoxon-Mann-Whitney (2 classes); *KW*=Test de Kruskal-Wallis (3 classes)

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; n.s. = non significatif.

Tableau 5.6 Validité interne des variables observées pendant les phases

#	Variables d'observation	Valeurs moy. biomécaniques	Écart	Tests	
				T	Wx-KW
Équilibre					
10s	Trajectoire initiale de la charge (éloignement)			.31***	***
	Se rapproche	32° (8)	]9°		
	Constante	41° (13)			
11s	Trajectoire initiale de la charge (symétrie)			-.41***	***
	Centrée	55° (23)	]27°		
	Décentrée [G/D]	28° (18)			
12s	Charge a-t-elle été accélérée			.36***	***
	Non	3 (1) m/s ²	]1 m/s ²		
	Oui	4 (1) m/s ²			
13s	Hauteur maximale de la charge			.60***	***
	Haute	124 (4,9) cm	]23 cm		
	Basse [Peu]	116 (7,4) cm			
	[Beaucoup]	101 (10) cm			
	Haute	124 (4,9) cm	]14 cm	.39***	***
	Basse	110 (11,2) cm			
16s	Réorganisation faite de façon précipitée			.12	n.s.
	Non	6,9 (2,3) m/s ²	]1,2 m/s ²		
	Oui	8,1 (1,7) m/s ²			
17s	Distance entre les pieds			.72***	***
	Rapprochée	60,4 (10,3) cm	]31,4 cm		
	Intermédiaire	80,1 (4,1) cm			
	Éloignée	91,8 (2,7) cm			
18t	Éloignement entre la charge et le sujet			.31***	***
	Collée ou quasi	42,2 (6,2) cm	]3,8 cm		
	Intermédiaire	46 (5,3) cm			
19t	Symétrie entre la charge et le sujet			.22***	***
	Centrée	44 (28) %	]18%		
	Décentrée [G/D + Peu/Bcp]	62 (37) %			
20t	Hauteur maximale de la charge			.46***	***
	Haute	133 (4,9) cm	]9 cm		
	Basse	124 (5,1) cm			
21t	Trajectoire des pieds			.41***	***
	Même direction	14° (10)	]16°		
	Changement de direction	30° (14)			
22t	Est-ce que les pieds se croisent			-.22***	**
	Non	-13° (13)	]25°		
	Oui [Peu]	-21° (10)			
	[Beaucoup]	-38° (6)			
24t	Augmentation du rythme des pas			.17**	**
	Non	9,3 (2,4) m/s ²	]2,3 m/s ²		
	Oui	11,6 (2,7) m/s ²			
25t	Distance entre les pieds			.39***	***
	Rapprochée	74,5 (8,9) cm	]10,2 cm		
	Intermédiaire	84,7 (6,7) cm			

#	Variables d'observation	Valeurs moy. biomécaniques	Écart	Tests	
				T	W _{X-KW}
26t	Trajectoire finale de la charge			-.09	n.s.
	En ligne	16° (14)	]0°		
	De biais	16° (16)			
27t	Charge a-t-elle été accélérée			.12	n.s.
	Non	0,2 (1) m/s ²	]0,5 m/s ²		
	Oui	0,7 (1,5) m/s ²			
Contrôle					
36st	Le sujet fait-il bouger la charge			.52***	***
	Non	7,3 (3,7) cm	]10,9 cm		
	Oui [Peu]	10,7 (5,2) cm			
	[Beaucoup]	18,2 (6,1) cm			
	Non	7,3 (3,7) cm	]7 cm	.40***	***
	Oui	14,3 (6,8) cm			
Fluidité					
43st	Trajectoire globale de la charge			.31***	***
	Linéaire	1,95 (0,32) m	]0,25 m		
	Équerre	2,20 (0,23) m			

Légende: s=soulèvement; t=transport; st=soulèvement et transport (transfert)

correspondante de 11,7 cm a été mesurée (écart-type de 7,7 cm). On a calculé dans la seconde colonne l'écart entre les valeurs biomécaniques moyennes des classes extrêmes afin de voir la différence entre les moyennes pour ces classes. Deux tests statistiques sont ensuite présentés. Un premier test (coefficient de corrélation par rang de Kendall) porte sur le gradient des classes. Il permet de vérifier la correspondance entre les valeurs biomécaniques, qui sont des mesures de nature continue, et notre découpage en deux ou trois classes. L'autre test, appliqué en fonction du nombre de classes utilisées (Wilcoxon-Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis), est l'équivalent d'un test-t non paramétrique et évalue l'importance des chevauchements des valeurs biomécaniques entre les classes.

Globalement, une relation significative ($p < .05$) est observée entre 36 des 39 observations et les valeurs biomécaniques qui leur correspondent et ce, pour les deux tests employés. Les résultats pour le coefficient de corrélation par rang de Kendall sont en général supérieurs pour les variables observées à un moment par rapport à celles observées pendant une phase (moyenne: .50 vs .34).

2.1 Observations pour les moments

Toutes les variables d'équilibre et d'asymétrie sont significativement reliées aux mesures biomécaniques. Ces relations sont observées alors que plusieurs écarts entre les classes extrêmes sont plutôt faibles. Par exemple, une différence de 13 degrés a été mesurée entre les classes extrêmes (même axe vs axe différent [beaucoup]) pour l'observation de l'orientation des épaules par rapport au bassin à la prise (variable 45).

La variable «utilisation d'un appui principal» (variable 5) est un cas particulier. Pour toutes les autres variables, le lien entre l'observation et la mesure biomécanique est direct. Par exemple, la mesure de la largeur entre les pieds équivaut à la distance (en cm) qui sépare le pied gauche du pied droit dans le plan frontal et correspond à ce que nous observons. Pour ce qui est de l'appui principal, il s'agit davantage d'une association: la mesure biomécanique permet de situer la position du centre de pression du sujet par rapport au pied gauche (plan frontal) et arrière (plan sagittal). Il s'agit néanmoins de l'information que l'on veut trouver avec cette variable d'observation. Cette position est

établie en fonction de la base d'appui de chaque sujet et la valeur biomécanique est donc une proportion (%). Un centre de pression directement au centre de la base d'appui équivaut à une mesure de 50% (entre 0 et 50% pour le côté gauche ou l'arrière et entre 50 et 100% pour le côté droit ou l'avant).

Les résultats obtenus pour cette variable confirment le fait que l'observation d'un appui principal est associée à une déportation non seulement latérale, mais aussi antéro-postérieure du centre de pression. Les deux mesures biomécaniques sont donc nécessaires pour valider cette variable.

Les coefficients de corrélation par rang de Kendall obtenus sont en général meilleurs à la prise qu'au dépôt (moyenne: .53 vs .46), les différences les plus marquées étant observées pour la position du bassin, la largeur entre les pieds et la distance des mains sur la charge. L'analyse des variables observées à la prise et au dépôt permet de mettre en évidence un phénomène que l'on pourrait qualifier de «contextuel». En effet, l'utilisation d'une même classe, dont les critères d'observation sont pour ainsi dire identiques, ne traduit pas la même réalité. Prenons l'exemple de l'éloignement de la charge (variable 1) où on constate des moyennes de valeurs biomécaniques très similaires pour les deux premières classes, mais un écart de plus de six centimètres pour la classe «éloignée». On constate des écarts importants au niveau des classes extrêmes pour la symétrie de la charge (extérieur G/D: 10,9 cm) et la position du bassin (intérieur: 18,3 cm).

2.2 Observations pour les phases

Des 17 variables utilisées pour l'observation de l'équilibre, trois variables ne rencontrent pas le seuil de signification. Deux d'entre elles exigeaient une évaluation soit de la vitesse de déplacement d'un appui (variable 16s) ou de l'accélération de la charge (variable 27t). La dernière (variable 26) demandait de situer la trajectoire de la charge (en ligne droite ou de biais) en fonction de la position du sujet un peu avant le dépôt. La variable liée au contrôle de même que celle pour la fluidité sont toutes deux en relation avec les mesures biomécaniques qui leur correspondent.

De nouveau, des relations significatives sont enregistrées pour des variables dont les écarts de valeurs biomécaniques moyennes entre les classes sont pourtant faibles. Par exemple, pour l'accélération de la charge dans la phase de soulèvement, une différence de 1 m/s^2 est mesurée. Ce constat s'applique pour l'ensemble des variables de phase où les écarts sont en général petits.

2.3 Effet du découpage des variables

Les faibles écarts de valeurs biomécaniques moyennes mesurées entre les classes de certaines variables suggèrent que l'observatrice se trouvait souvent dans une zone frontière, i.e. à la limite entre deux classes, et devait prendre une décision de classification. Par exemple, c'est le cas de l'inclinaison du dos (variable 46) où la valeur moyenne mesurée pour la classe «20 à 45°» est de 42° (écart-type de 8°). Les flexions du dos observées étaient donc à la limite de cette classe. Par contre, la valeur moyenne enregistrée pour la dernière classe (> 45°) est le 68° (écart-type de 12°). Des flexions importantes ont donc été observées.

2.4 Effet des regroupements de classes

Comme on l'a vu dans la section qui porte sur les tests de reproductibilité, des regroupements de classes ont été effectués pour huit observations, des mesures biomécaniques permettant d'évaluer leur validité interne ayant été trouvées pour six d'entre elles (variables 2 et 45 à la prise et au dépôt; variables 13s et 36st pour les phases). Contrairement aux niveaux d'accord, ces regroupements (2 classes vs 3 classes) ont généralement pour effet de diminuer la valeur du coefficient de corrélation par rang de Kendall (moyenne: .45 vs .38). Si on prend l'exemple de la hauteur maximale de la charge (variable 13), on peut voir que le fait de considérer une troisième classe (basse [beaucoup]) améliore la valeur du Kendall (0.60 vs 0.39). L'écart entre les classes extrêmes passe alors de 14 cm (2 classes) à 23 cm (3 classes). Pour toutes ces observations, quand on passe de 2 à 3 classes, l'écart entre les classes extrêmes (1 vs 2 ou 1 vs 3) augmente.

3. Validité concourante

3.1 Variables d'observation individuelles

3.1.1 Équilibre

Les résultats de la comparaison entre chaque variable d'observation de l'équilibre et la mesure de la force déséquilibrante (FD) sont présentés pour les moments de prise et de dépôt au tableau 5.7 et pour les phases de soulèvement et de transport au tableau 5.8. On retrouve dans la première colonne de ces tableaux les valeurs moyenne de FD pour chacune des classes des variables d'observation. Pour chaque variable, l'ordre des classes suit une logique d'association avec la FD qui tient compte de l'impact attendu de la variable sur l'équilibre. Par exemple, une augmentation progressive de l'éloignement de la charge par rapport à la base d'appui (collée/intérieure vers éloignée) devrait correspondre à une diminution progressive de la FD. Rappelons que la valeur de FD est directement proportionnelle à la qualité de l'équilibre. Suivent les tests statistiques. Ce sont les mêmes que ceux utilisés dans la section sur la validité interne. Nous présentons finalement les écarts respectifs des mesures biomécaniques spécifiques aux variables – tel que mesurés dans la phase précédente de validité interne – et celui des valeurs de FD moyennes entre les classes extrêmes, exprimé en pourcentage. Ce dernier écart permet de voir l'ampleur de la variation de la force déséquilibrante entre les classes les plus distantes et sera principalement utilisé pour montrer l'impact d'une variable sur la FD.

Comme on peut le voir au tableau 5.7, mise à part la largeur entre les pieds à la prise, toutes les variables observées aux moments de prise et de dépôt ont un impact significatif ($p < .05$) sur la FD. Les valeurs de FD au dépôt sont en général inférieures de 40 à 60% à celles mesurées à la prise. Les valeurs moyennes de FD entre les classes vont du simple au triple tant à la prise (56 vs 161) qu'au dépôt (26 vs 76). Les résultats entre la prise et le dépôt pour le coefficient par rang de Kendall (moyenne : .28 vs .28) et les écarts de FD (moyenne en valeur absolue: 32 vs 31) sont similaires. Sur les 17 observations, 10 présentent un écart de plus de 30% de FD entre les valeurs extrêmes des classes. Les écarts-types sont généralement importants.

Tableau 5.7 Comparaisons entre les variables d'observation et la force déséquilibrante (FD) pour les moments de prise/dépôt

#	Variables d'observation	<i>Prise</i>				<i>Dépôt</i>			
		Valeurs de FD (N)	Tests		Écart des valeurs biomécan. de FD (%)	Valeurs de FD (N)	Tests		Écart des valeurs biomécan. de FD (%)
			<i>T</i>	<i>Wx-KW</i>			<i>T</i>	<i>Wx-KW</i>	
1	Éloignement de la charge p/r à la B.A.								
	Collée/intérieure	147 (52)	-26***	***	15,8 cm	54 (23)	-15*	*	21,9 cm
	Intermédiaire	117 (50)				66 (22)			
	Éloignée	106 (43)				60 (33)			
2	Symétrie de la charge p/r à la B.A.								
	Intérieure [Centrée]	137 (52)	-31***	***	16,6 cm	60 (23)	-23***	***	5,8 cm
	[Décentrée G/D]	110 (39)				56 (29)			
	Extérieure [G/D]	76 (34)				46 (15)			
3	Nombre de pied(s) en contact avec le sol								
	2	131 (49)	-36***	***	---	59 (23)	-30***	***	---
	1 [G/D]	56 (16)				38 (16)			
8	Distance avant-arrière entre les pieds								
	Rapprochée	141 (52)	-25***	***	40,9 cm	65 (25)	-26***	***	32,1 cm
	Intermédiaire	125 (39)				56 (20)			
	Éloignée	93 (25)				39 (6)			
9	Largeur entre les pieds								
	Rapprochée	122 (40)	10	n.s.	27,7 cm	57 (21)	-19**	**	32,3 cm
	Intermédiaire	123 (36)				73 (25)			
	Éloignée	148 (65)				26 (36) ^a			
4	Un pied est-il devant l'autre								
	Non	144 (51)	-36***	***	---	76 (23)	-39***	***	---
	Oui [G/D]	100 (40)				50 (20)			
5	Utilisation d'un appui principal								
	Non (<i>mesure ds plan frontal</i>)	142 (54)	-0.18**	**	14%	75 (27)	-31***	***	20%
	Oui [G/D]	119 (41)				52 (20)			
	Non (<i>mesure ds plan sagittal</i>)	142 (54)			5%	75 (27)			8%
	Oui [G/D]	119 (41)				52 (20)			
6	Position du dos p/r à la B.A.								
	Intérieur [Centre]	129 (52)	-32***	***	18,9 cm	---	---	---	---
	[Arrière]	161 (61)				---			
	[Avant]	103 (32)				---			
7	Position du bassin p/r à la B.A.								
	Intérieur	94 (26)	-39***	***	13,5 cm	50 (17)	-38***	***	19 cm
	Extérieur [Intermédiaire]	115 (32)				71 (25)			
	[Éloigné]	153 (53)				42 (---)			

^a Seulement deux observations pour cette classe. L'écart (16) a donc été mesuré entre les deux premières classes.

Tableau 5.8 Comparaisons entre les variables d'observation et la force déséquilibrante (FD) pour les phases

#	Variables d'observation	Valeurs de FD (N)	Tests		Écart des valeurs biomécan. de FD (%)	
			T	W _{X-KW}		
10s	Trajectoire initiale de la charge (éloignement)					
	Se rapproche	152 (48)	.01	n.s.	9°	2
	Constante	155 (58)				
11s	Trajectoire initiale de la charge (symétrie)					
	Centrée	171 (50)	.41***	***	27°	-35
	Décentrée [G/D]	112 (43)				
12s	Charge a-t-elle été accélérée					
	Non	157 (54)	-.13*	*	1 m/s ²	-17
	Oui	130 (53)				
13s	Hauteur maximale de la charge					
	Haute	160 (65)	.02	n.s.	14 cm	4
	Basse	153 (53)				
15s	Objectif de la réorganisation de la B.A.					
	Réorientation	149 (54)	.16*	*	-	15
	Réajustement	175 (51)				
18t	Éloignement entre la charge et le sujet					
	Collée ou quasi	166 (53)	-.27***	***	3,8 cm	-22
	Intermédiaire	129 (51)				
19t	Symétrie entre la charge et le sujet					
	Centrée	162 (53)	-.16*	*	18%	-13
	Décentrée [G/D + Peu/Bcp]	141 (55)				
20t	Hauteur maximale de la charge					
	Haute	121 (57)	-.28***	***	9 cm	-26
	Basse	163 (51)				
21t	Trajectoire des pieds					
	Même direction	130 (41)	.21**	**	16°	21
	Changement de direction	164 (57)				
22t	Est-ce que les pieds se croisent					
	Non	153 (54)	.06	n.s.	25°	-22
	Oui [Peu]	167 (58)				
	[Beaucoup]	119 (32)				

#	Variables d'observation	Valeurs de FD	Tests		Écart des valeurs	
			T	W x-KW	bioméc.	de FD (%)
26t	Trajectoire finale de la charge					
	En ligne	158 (55)	-13*	*	0°	-15
	De biais	135 (50)				
27t	Charge a-t-elle été accélérée					
	Non	154 (55)	-.002	n.s.	0,5 m/s ²	0
	Oui	154 (55)				
Symptômes de difficulté						
14s	Travail de stabilisation des pieds					
	Non	153 (54)	.04	n.s.	---	6
	Oui	162 (56)				
16s	Réorganisation faite de façon précipitée					
	Non	152 (54)	.06	n.s.	1,2 m/s ²	10
	Oui	168 (62)				
24t	Augmentation du rythme des pas					
	Non	159 (55)	-.20**	**	2,3 m/s ²	-33
	Oui	106 (30)				
Compensation						
17s	Distance entre les pieds					
	Rapprochée	151 (52)	.01	n.s.	31,4 cm	-19
	Intermédiaire	160 (57)				
	Éloignée	123 (68)				
23t	Est-ce que le pied arrière tourne					
	Non	165 (53)	-.24***	***	---	-19
	Oui	134 (52)				
25t	Distance entre les pieds					
	Rapprochée	155 (56)	.02	n.s.	10,2 cm	1
	Intermédiaire	157 (48)				

Quatre observations se distinguent quant à l'impact qu'elles ont sur la mesure de FD. L'observation du nombre de pied(s) en contact avec le sol enregistre l'écart le plus important de FD (57%). La plus petite valeur moyenne de FD est d'ailleurs mesurée (56) quand un seul appui est en contact avec le sol. La symétrie (latéralité) de la charge en relation avec la base d'appui a aussi un impact qui est toutefois plus marqué à la prise. Une augmentation de la distance antéro-postérieure entre les pieds se traduit par une diminution de FD, particulièrement au dépôt. Finalement, une augmentation de la compensation du bassin à la prise (variable 7) contribue à augmenter la valeur de FD. Plus la compensation du bassin est importante, plus le sujet améliore son équilibre. Nous avons vérifié la relation entre la position du dos et celle du bassin. La position du dos par rapport à la base d'appui est en grande majorité (80%) dans la partie avant lorsqu'il n'y a pas de compensation du bassin (intérieur). Les genoux sont alors moins fléchis, mais le dos est plus incliné. Lorsque la compensation est maximale (extérieur éloigné), la position du dos se situe les trois quart du temps dans la partie centrale ou à l'arrière de la base d'appui. Il y a donc un recul du dos – par rapport à la base d'appui – au fur et à mesure que la compensation du bassin augmente. Il y aurait donc double compensation.

Pour ce qui est des autres observations, l'éloignement de la charge a un impact plus important sur la FD à la prise qu'au dépôt. L'agrandissement de la base d'appui en largeur est favorable à l'équilibre. L'utilisation d'un appui principal se traduit par une diminution de la qualité de l'équilibre. À la prise, lorsque la position du dos se situe dans la partie arrière de la base d'appui, on enregistre la valeur moyenne de FD la plus élevée (161). La différence de FD entre une position du dos avant vs arrière est de 36%.

En général, il n'y a pas une relation claire entre les écarts de valeurs biomécaniques et les écarts respectifs de FD. Par exemple, l'éloignement de la charge au dépôt est six centimètres plus grand qu'à la prise, mais l'impact sur l'équilibre est moins grand. Bien que la distance antéro-postérieure entre les appuis soit près de neuf centimètres moins grande au dépôt qu'à la prise, son impact sur l'équilibre est plus important.

Le tableau 5.8 permet de constater que les valeurs moyennes de FD sont plus élevées pour la phase de transfert comparativement aux moments, particulièrement au dépôt. De façon générale, les variables observées pendant les phases ont moins d'impact sur l'équilibre. Huit variables sur 18 n'ont pas un impact significatif alors qu'un écart de plus de 30% de FD entre les classes extrêmes est observé pour deux variables.

Les variables associées à la position de la charge ont le plus d'impact sur la FD, particulièrement le déplacement latéral de la charge au soulèvement (11s), l'éloignement entre le sujet et la charge (18t) et la hauteur de la charge au transport (20t). On observe aussi une relation pour les variables qui touchent au déplacement des appuis comme la trajectoire des pieds et le croisement. Un symptôme de difficulté sur trois est significativement relié à la FD soit l'augmentation du rythme des pas pendant le transport. Le travail de stabilisation des pieds n'est pas en relation avec la FD. Une seule des trois variables de compensation a un impact significatif sur la FD (23t).

Bien que certains écarts pour les mesures biomécaniques soient plutôt faibles, on remarque un impact sur la FD. C'est le cas entre autres de l'éloignement entre la charge et le sujet durant le transport où une différence entre les deux classes de 3,8 centimètres se traduit par un écart de FD de 22%.

3.1.2 Asymétrie

Les résultats de la comparaison entre chaque variable d'observation de l'asymétrie pour les moments de prise et de dépôt et la mesure des moments d'asymétrie au dos (MA) sont présentés au tableau 5.9. Ce tableau présente la même structure que ceux de la section précédente. Les valeurs moyennes de MA sont systématiquement moins élevées au dépôt qu'à la prise. Mise à part la position latérale de la charge, on remarque que les observations effectuées à la prise sont toutes significativement reliées ($p < .05$) à la mesure des MA. Par contre, ce n'est pas le cas au dépôt où une seule variable, soit l'orientation des épaules par rapport au bassin, est liée à la mesure. La relation observée va toutefois à l'inverse de ce qui était attendue puisqu'il y a diminution des MA alors que les épaules ne sont pas dans le même axe que le bassin.

Tableau 5.9 Comparaisons entre les variables d'observation et les moments d'asymétrie (MA) pour les moments de prise/dépôt

# Variables d'observation	<i>Prise</i>						<i>Dépôt</i>					
	Valeurs de MA (N)	Tests		Écart des valeurs biomec. de MA (%)		Valeurs de MA (N)	Tests		Écart des valeurs biomec. de MA (%)			
		<i>T</i>	<i>W</i> x- <i>K</i> W				<i>T</i>	<i>W</i> x- <i>K</i> W				
2 Symétrie de la charge p/r à la B.A.												
Intérieure [Centrée]	33 (23)	.09	n.s.	16,6 cm	6	17 (11)	.09	n.s.	5,8 cm	15		
[Décentrée G/D]	32 (16)					16 (13)						
Extérieure [G/D]	35 (8)					20 (13)						
45 Orientation des épaules p/r au bassin												
Même axe	31 (20)	.22**	**	13°	26	18 (12)	-.15*	•	13°	-22		
Axe différent [Peu]	42 (21)					14 (10)						
[Beaucoup]	56 ^a					6 ^a						
Même axe	31 (20)	.21**	**	11°	28	18 (12)	-.15*	•	8°	-28		
Axe différent	43 (21)					13 (10)						
46 Inclinaison du dos												
20 à 45°	18 (13)	.25***	***	26°	49	16 (14)	---	---	---	---		
>45°	35 (20)					18 (12)						
47 Parallélisme des épaules p/r au sol												
<10°	29 (18)	.28***	***	9°	56	17 (12)	.10	n.s.	12°	15		
10 à 20° [G/D]	42 (17)					20 (11)						
>20° [G/D]	66 (40)					---						
48 Hauteur des mains sur la charge												
Vis-à-vis	26 (15)	.32***	***	16°	38	18 (12)	-.03	n.s.	18°	-6		
Décalées	42 (23)					17 (12)						
49 Distance des mains sur la charge												
Vis-à-vis	27 (16)	.25***	***	20°	33	17 (12)	.01	n.s.	14°	6		
Décalées	40 (22)					18 (12)						

T=Coefficient de corrélation par rang de Kendall; *W*x=Test du Wilcoxon-Mann-Whitney (2 classes); *K*W=Test de Kruskal-Wallis (3 classes)

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; n.s. = non significatif.

^a Étant donné le nombre trop faible d'observations, le calcul des écarts a été fait entre les deux premières classes

À la prise, une diminution du parallélisme des épaules avec le sol conduit à plus d'asymétrie. C'est la variable pour laquelle l'écart de MA entre les classes extrêmes est le plus grand (56%). De façon assez surprenante, une augmentation de l'inclinaison du dos se traduit par une augmentation de l'asymétrie. Le fait de ne pas avoir les mains vis-à-vis l'une de l'autre, que ce soit en hauteur ou en distance, a aussi pour effet d'augmenter l'asymétrie. Au dépôt, à l'exception de l'orientation des épaules, les écarts de valeurs moyennes de MA entre les classes observées sont faibles (entre 6 et 15%).

3.2 Modules

Au chapitre 3, cinq modules pour l'équilibre ont été présentés. Rappelons que ces modules regroupent deux ou trois variables d'état similaires dans le but d'en vérifier l'interaction. Afin de comparer ces modules à la FD, nous avons attribué des cotes de 1 à 3 qui évaluent l'impact de la combinaison de ces variables sur l'équilibre. Une combinaison qui reçoit la cote 1 réunit des conditions favorables à l'équilibre, une cote 2, des conditions neutres, alors qu'une cote 3 désigne des conditions d'équilibre défavorables. Certaines variables, pour lesquelles nous disposions de peu d'observations, ont été retirées. C'est le cas par exemple du module sur le déplacement de la charge où nous avons ignoré la variable «accélération de la charge» (module 4): très peu observée, son ajout avait pour conséquence de réduire le nombre d'observations dans chaque cellule et de diminuer la puissance des tests statistiques. Les cinq modules ont ainsi été comparés à la FD.

Le tableau 5.10 présente les résultats de la comparaison de trois modules pour les moments de prise et de dépôt. Le module sur la répartition du poids dans la base d'appui (module 2) est considéré seulement à la prise puisque l'observation de la position du dos n'a été observée qu'à ce moment. Dans la partie de gauche, on retrouve les modules qui combinent les variables. Les cotes, qui correspondent aux zones de couleur blanche (cote 1), grise (cote 2) et noire (cote 3), sont attribuées pour chaque interaction de deux classes. Un module qui compte deux variables d'observation avec chacune trois classes demande donc que neuf cotes soient attribuées. En plus de la cote, on précise dans chaque cas la fréquence des observations, la valeur moyenne de FD mesurée et l'écart-type. Dans

Tableau 5.10 Comparaisons des modules avec la force déséquilibrante (FD) pour les moments de prise et de dépôt

1) Module 1: Position de la charge p/r à la base d'appui

Prise

Symétrie de la charge (2p)	Éloignement de la charge (1p)		
	Collée/intérieure n=59 147(52) ^d	Intermédiaire n=61 117(50)	Éloignée n=50 106(43)
Int. [Centrée] n=114 137(52)	n=43 156(52) ¹	n=41 132(48) ¹	n=30 116 (48) ²
Int. [Décent. G/D] n=39 110(39)	n=15 125(45) ¹	n=14 97(37) ²	n=10 104(21)
Extérieure G/D n=17 76(34)	n=1 118(---) ²	n=6 65(37)	n=10 79(34)

Dépôt

Symétrie de la charge (2d)	Éloignement de la charge (1d)		
	Collée/intérieure n=136 54(23)	Intermédiaire n=26 66(22)	Éloignée n=9 60(33)
Int. [Centrée] n=95 60(23)	n=74 57(22)	n=15 70(21)	n=6 76(23)
Int. [Décent. G/D] n=41	n=31 54(30)	n=8 64 (26)	n=2 41(8)
Extérieure [G/D] n=32 44(12)	n=29 45(10)	n=2 76(23)	n=1 0(---)

2) Module 2: Répartition du poids dans la base d'appui

Prise

Utilisation appui principal (5)	Position du dos p/r à la B.A. (6)		
	Int. [Centre] n=65 129(52)	Int. [Arrière] n=23 161(61)	Int. [Avant] n=65 103(32)
Non n=79 142(54)	n=36 147(49)	n=14 177 (63)	n=26 110(36)
Oui [G/D] n=77 119(41)	n=29 135 (43)	n=9 148(49)	n=39 101(27)

Évaluations des 3 conditions d'équilibre et de l'écart extrême

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	Wx-KW		T	Wx-KW
n=99 141(51) ^a					
n=45 110(45) ^b	-0.34***	***	-39	-0.38***	***
n=26 86(32)					

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	Wx-KW		T	Wx-KW
n=120 58(25)					
n=43 53(20)	-0.13*	*	-40	-0.16*	*
n=5 35(21)					

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	Wx-KW		T	Wx-KW
n=50 155(54)					
n=38 137 (44)	-0.36***	***	-33	-0.42***	***
n=65 104(31)					

3) Module 3: Surface de la B.A. quand les 2 pieds sont au sol

Prise

Largeur entre les pieds (9p)	Distance avant-arrière entre les pieds (8p)		
	Rapprochée n=101 141(52)	Intermédiaire n=32 125(39)	Éloignée n=23 93(25)
Rapprochée n=48 122(40)	n=16 141(29)	n=19 129(43)	n=13 89(27)
Intermédiaire n=59 123(36)	n=43 128(38)	n=8 123(29)	n=8 97(19)
Éloignée n=49 148(65)	n=42 154 (66)	n=5 116(43)	n=2 102(40)

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	W _{X-KW}		T	W _{X-KW}
n=23 111(31)					
n=55 139(65)	0.10	n.s.	15	0.18*	*
n=78 131(38)					

Dépôt

Largeur entre les pieds (9d)	Distance avant-arrière entre les pieds (8d)		
	Rapprochée n=75 65(25)	Intermédiaire n=58 56(20)	Éloignée n=9 39(6)
Rapprochée n=106 57(21)	n=46 62(23)	n=52 55(19)	n=8 39(6)
Intermédiaire n=31 73(25)	n=25 75(24)	n=6 63(27)	n=0
Éloignée n=2 26(36)	n=2 26(36)	n=0	n=0

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	W _{X-KW}		T	W _{X-KW}
n=6 63(27)					
n=10 36(15)	0.20**	***	-3	0.01	n.s.
n=123 61(23)					

^d n=59=nombre d'observations pour cette cellule; 147= valeur de la force déséquilibrante moyenne mesurée (N); (52)=valeur de l'écart-type (N)

Conditions d'équilibre favorables¹, neutres² et défavorables³

Regroupement des conditions favorables^a (cellules blanches), neutres^b (cellules grises) et défavorables^c (cellules noires)

la partie de droite, on regroupe chacune des cotes de 1 à 3 et les tests statistiques sont appliqués. L'écart entre les cotes extrêmes est calculé et exprimé en pourcentage. Nous avons aussi effectué des tests statistiques sur ces écarts extrêmes.

Les modules sur la position de la charge et la répartition du poids dans la base d'appui sont significativement reliés ($p < .05$) à la mesure de FD. Le module sur la surface d'appui (module 3), où on combine la distance et la largeur entre les pieds, n'est cependant pas en lien avec la FD. Dans ce module, on supposait une relation proportionnelle entre une augmentation de la surface totale d'appui et la qualité de l'équilibre. Toutefois, une augmentation de la distance antéro-postérieure entre les pieds s'avère défavorable à l'équilibre. L'hypothèse de départ était donc erronée. Mentionnons que certains regroupements de variables en modules ont eu pour effet souvent de diminuer le nombre d'observations pour une cote donnée. C'est le cas par exemple du module 1 au dépôt où on retrouve seulement cinq observations pour la cote 3.

Le tableau 5.11 résume les résultats précédents en ne retenant que l'impact de chaque variable prise individuellement, puis de leur combinaison en modules, sur la mesure de FD. Cela permet de voir qu'est-ce qui a le plus d'impact. Par exemple, on peut voir que la symétrie de la charge à la prise a plus d'impact que son éloignement sur la FD. Pour ce même module, on remarque au dépôt que la combinaison des variables améliore substantiellement l'impact sur la FD. En fait, dans un cas, une variable individuelle (symétrie de la charge à la prise) a plus d'impact que le module qui la combine avec l'éloignement (écarts respectifs de -45% et -39%). Pour le module sur la répartition du poids à la prise, la combinaison présente des écarts plus importants de FD que les variables individuelles. Les résultats pour le module sur la surface d'appui montrent bien que l'attribution des cotes est basée sur une hypothèse erronée.

Le tableau 5.12 présente les comparaisons avec la FD pour deux modules pour les phases. La combinaison d'au moins deux variables pour le déplacement des appuis n'était possible que pour la phase de transport. Les deux modules sont significativement reliés à la mesure de FD. La combinaison des variables liées au déplacement de la charge montre

Tableau 5.11 Écarts des valeurs de force déséquilibrante (FD) pour les variables et les modules pour les moments de prise et dépôt

#	Variables d'observation	Prise		Dépôt			
		Écarts de FD (%)		Écarts de FD (%)			
		variable	module	variable	module		
Module 1: Position de la charge							
1	Éloignement de la charge p/r à la B.A.	-28	-39	10	-40		
	Collée/intérieure						
	Intermédiaire						
	Éloignée	-45		-23			
2	Symétrie de la charge p/r à la B.A.						
	Intérieure [Centrée]						
	[Décentrée G/D]						
	Extérieure [G/D]						
Module 2: Répartition du poids							
5	Utilisation d'un appui principal	-16	-33	-31	—		
	Non						
	Oui [G/D]	-20		—			
6	Position du dos p/r à la B.A.						
	Intérieure [Centre]						
	[Arrière]						
	[Avant]						
Module 3: Surface de la base d'appui							
8	Distance avant-arrière entre les pieds	-34	15	-40	-3		
	Rapprochée						
	Intermédiaire						
	Éloignée	18		16			
9	Largeur entre les pieds						
	Rapprochée						
	Intermédiaire						
	Éloignée						

Tableau 5.12 Comparaisons des modules avec la force déséquilibrante pour les phases

1) Module 4: Déplacement de la charge p/r au corps

Soulèvement

Symétrie de la charge (11)	Éloignement de la charge (10) + Hauteur maximale (13)			
	Se rapproche n=58 152(48)		Constante n=116 155(58)	
	Basse n=148 153(53)	Haute n=26 160(65)	Basse n=148 153(53)	Haute n=26 160(65)
Centre n=125 171(50)	n=30 174(38)	n=9 141(40)	n=73 168(52)	n=13 201(55)
Décentrée [G/D] n=49	n=19 124(50)	n=0	n=26 110(35)	n=4 70(12)

Transport

Symétrie de la charge (19)	Éloignement de la charge (18) + Hauteur maximale (20)			
	Collée n=118 166(53)		Intermédiaire n=51 129(51)	
	Basse n=134 163(51)	Haute n=36 121(57)	Basse n=134 163(51)	Haute n=36 121(57)
Centre n=64	n=70 178(46)	n=9 154(59)	n=24 138(50)	n=5 93(46)
Décentrée [G/D] n=110 162(53)	n=23 163(49)	n=16 125(62)	n=16 142(52)	n=6 88(10)

2) Module 5: Déplacement des appuis

Transport

Croisement des pieds (22)	Trajectoire des pieds (21)	
	Même direction n=43 130(41)	Changement n=124 164(57)
Non n=136 153(54)	n=41 128(39)	n=95 164(56)
Peu n=29 167(58)	n=2 174(62)	n=27 167(59)
Beaucoup n=2 119(32)	n=0	n=2 119(32)

Évaluations des 3 conditions d'équilibre et de l'écart extrême

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	Wx-KW		T	Wx-KW
n=125 171(50)					
n=19 124(50)	-0.41***	***	-39	-0.41***	***
n=30 104(36)					

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	Wx-KW		T	Wx-KW
n=94 168(50)					
n=53 149(54)	-0.26***	***	-32	-0.34***	***
n=22 118(86)					

Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart	
	T	Wx-KW		T	Wx-KW
n=43 130(41)					
n=95 164(56)	0.17**	**	21	0.22*	*
n=29 164(59)					

un écart plus important sur la FD que le déplacement des pieds. Ce dernier module montre aussi que l'hypothèse sous-jacente à l'attribution des cotes est fausse puisqu'on observe une augmentation de FD entre les cotes extrêmes. C'est la trajectoire des pieds qui engendre ce problème, alors qu'un changement de direction (qui correspond à une augmentation de l'angulation entre les deux pieds) apparaît favorable à l'équilibre.

On peut voir au tableau 5.13 que le fait de combiner les variables pour le déplacement de la charge permet d'améliorer la relation avec la FD comparativement aux variables prises individuellement, particulièrement pour la phase de transport. Étant donné l'hypothèse erronée concernant la trajectoire des pieds, le module sur le déplacement des appuis n'a pas d'intérêt.

Nous avons aussi combiné des modules entre eux ou avec une variable d'observations puisque certaines permettent d'évaluer en elle-mêmes des aspects intéressants (ex. : nombre de pieds en contact avec le sol). Les résultats sont présentés à l'annexe 4. Il est apparu que ces combinaisons n'avaient pas pour effet d'augmenter beaucoup les écarts déjà obtenus avec les modules.

Tableau 5.13 Écarts des valeurs de force déséquilibrante (FD) pour les variables et les modules pendant les phases

#	Variables d'observation	Écart de FD (%)		
		variable	module	
Module 4: Déplacement de la charge (soulèvement)				
10s	Trajectoire initiale de la charge (éloignement)	]	-39	
	Se rapproche			2
	Constante			
11s	Trajectoire initiale de la charge (symétrie)	]		
	Centrée			-35
	Décentrée [G/D]			
13s	Hauteur maximale de la charge	]		
	Haute			4
	Basse			
Module 4: Déplacement de la charge (transport)				
18t	Éloignement entre la charge et le sujet	]	-32	
	Collée ou quasi			-22
	Intermédiaire			
19t	Symétrie entre la charge et le sujet	]		
	Centrée			-13
	Décentrée [G/D – Peu/Beaucoup]			
20t	Hauteur maximale de la charge	]		
	Haute			-26
	Basse			
Module 5: Déplacement des appuis (transport)				
21t	Trajectoire des pieds	]	21	
	Même direction			21
	Changement de direction			
22t	Est-ce que les pieds se croisent	]		
	Non			
	Oui [Peu]			-22
	[Beaucoup]			

CHAPITRE 6

ÉTUDE SUR LES CONDITIONS D'UTILISATION

Cette étude a été réalisée pour répondre à certaines questions méthodologiques soulevées lors de la phase de développement et d'application de la stratégie d'observation. Les résultats ont permis de faire des ajustements par la suite pour la saisie des données. Par exemple, les critères d'observation pour certaines variables ont été modifiés suite aux taux d'accord obtenus et aux problèmes qui ont été mentionnés par les observateurs. Rappelons que nous avons comparé la fiabilité de six observateurs d'expérience (des ergonomes) à celle de six observateurs inexpérimentés (des étudiants en biologie) après une formation de base de deux heures (postformation), puis une semaine plus tard après une session de pratique (postpratique). Deux formats de pratique étaient utilisés soit une pratique libre et des exercices dirigés. La fiabilité a été mesurée pour 17 variables (tableau 6.1) sur 20 séquences où des photos (variables de moments) et un support vidéo (variables de phases) ont été utilisés. La majorité des variables sont les mêmes que celles présentées au tableau 3.1. Pour chaque observation, nous demandions aux observateurs de donner leur niveau de confiance dans leur réponse, d'évaluer cette confiance sur une échelle de 0 à 10 et d'expliquer les raisons de cette évaluation.

1. Performance générale

Comme le montre le tableau 6.2, les pourcentages d'accord après la formation initiale sont supérieurs à 90% une fois sur trois et à 80% trois fois sur quatre. Les valeurs pour la statistique kappa sont supérieures à .60 deux fois sur trois, la plus petite valeur étant .53. Les niveaux d'accord sont inférieurs de 5% à 10% pour les variables de phases après les deux évaluations. Des niveaux d'accord insuffisants ont été enregistrés pour les variables «éloignement entre la charge et le sujet» (variable 13) et «croisement des pieds» (variable 15). Pour cette première variable, nous utilisons un repère relatif à la longueur de l'avant-bras du sujet pour évaluer l'éloignement. Nous avons par la suite modifié ce critère et utilisé les dimensions de la charge manipulée pour établir la distance entre la charge et le sujet. Pour le croisement des pieds, l'angle de la caméra ne permettait pas de

Tableau 6.1. Variables d'observation (n=17)

#	Variables d'observation	Descripteurs / classes
<i>Moments (photo)</i>		
1	Éloignement du sujet p/r à la plate-forme ^a	< 1 carreau - 1 à 2 carr. - > 2 carr.
2	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	1 - 2 [G/D]
3	Utilisation d'un appui principal	Non - Oui [G/D]
4	Position du dos p/r à la B.A.	Int. [Avant/Centre/Arrière] - Ext.
5	Position du bassin p/r à la B.A.	Int. - Ext. [Intermédiaire/Éloigné]
6	Localisation de la main droite sur la charge	0 à 9
7	Localisation de la main gauche sur la charge	0 à 9
8	Une main est-elle opposée à la gravité ^a	Non - Partiellement - Oui
9	Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt	Non - Oui [Peu/Beaucoup]
<i>Phases (vidéo)</i>		
10	Charge a-t-elle été accélérée	Non - Oui
11	Travail de stabilisation des pieds	Non - Oui
12	Est-ce que la charge bascule	Non - Oui
13	Éloignement entre la charge et le sujet ^b	Collée - Intermédiaire - Éloignée
14	Hauteur maximale de la charge	Haute - Basse
15	Est-ce que les pieds se croisent	Non - Oui [Peu/Beaucoup]
16	La charge est-elle stabilisée avant le dépôt	Non - Oui
17	Utilisation d'un appui principal ^c	Non - Oui [G/D]

^a Variables qui ne sont pas dans de la stratégie d'observation présentée

^b Le critère d'observation pour cette variable a été complètement modifié suite à cette étude

^c Variable qui n'est plus observée dans la phase de transport mais au moment du dépôt

Tableau 6.2. Niveaux d'accord suite à la formation et à la pratique

#	Variables d'observation	Formation		Pratique libre		Exercice dirigé	
		Po	k	Po	k	Po	k
Moments:							
1	Éloignement du sujet p/r à la plate-forme	93,8	.67	93,3	.63	95,0	.71
2	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	98,3	.94	99,2	.98	99,2	.98
3	Utilisation d'un appui principal	89,2	.82	92,5	.85	88,3	.81
4	Position du dos p/r à la B.A.	97,5	.91	95,8	.76	95,0	.95
5	Position du bassin p/r à la B.A.	79,2	.67	76,7	.67	85,8	.78
6	Localisation de la main droite sur la charge	87,1	.57	91,7	.61	93,3	.73
7	Localisation de la main gauche sur la charge	91,7	.68	95,0	.74	94,2	.71
8	Une main est-elle opposée à la gravité	74,6	.54	81,7	.67	80,0	.65
9	Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt	90,1	.87	85,4	.75	94,8	.91
	<i>Moyenne:</i>	88,1	.74	90,1	.74	91,7	.80
	n=Po ≥ 90%, κ ≥ .8	5	4	6	2	6	4
	n=Po ≥ 80%, κ ≥ .6	7	7	8	9	9	9
Phases:							
10	Charge a-t-elle été accélérée	80,0	.57	77,5	.55	84,2	.64
11	Travail de stabilisation des pieds	82,5	.59	85,8	.55	88,3	.69
12	Est-ce que la charge bascule	86,3	.71	89,2	.76	90,0	.78
13	Éloignement entre la charge et le sujet	65,8	.53	65,0	.53	71,7	.58
14	Hauteur maximale de la charge	86,7	.63	85,0	.67	85,0	.53
15	Est-ce que les pieds se croisent	74,0	.50	77,5	.69	76,7	.62
16	La charge est-elle stabilisée avant le dépôt	94,2	.73	91,7	.70	92,5	.81
17	Utilisation d'un appui principal	85,8	.78	90,8	.86	92,5	.88
	<i>Moyenne:</i>	81,9	.63	83,0	.66	85,1	.69
	n=Po ≥ 90%, κ ≥ .8	1	0	2	1	3	2
	n=Po ≥ 80%, κ ≥ .6	6	4	5	5	6	6

faire une évaluation exacte : il y avait un problème de perspective. Nous avons ajouté des consignes pour l'observation qui ont permis de faire des ajustements essentiels quand le sujet ne se retrouve pas dans le même plan que la caméra.

2. Impact de l'expérience sur la fiabilité

Comme on peut le voir au tableau 6.3, les pourcentages d'accord et les kappas sont très similaires tant pour les observateurs expérimentés que pour les observateurs inexpérimentés et ce, à tous les moments. Le fait de posséder ou non de l'expérience en ergonomie n'a donc pas eu un impact significatif sur les taux d'accord.

Tableau 6.3. Impact de l'expérience sur la fiabilité

Observateurs	Formation		Pratique libre		Exercice dirigé	
	Po	k	Po	k	Po	k
<i>Expérimentés</i>						
Oui	85.8	.70	88,1	.72	88,8	.76
Non	85,8	.69	85,3	.68	88,5	.74

Comme le montre le tableau 6.4, le seul impact notable a été dans le temps pris pour remplir les observations. Les observateurs expérimentés ont pris environ 30% plus de temps pour effectuer la saisie que les inexpérimentés tant pour les variables de moments (photo) que pour les variables de phases (vidéo). Le temps de saisie est variable, l'observateur le plus lent prenant trois fois plus de temps que les plus rapides. Néanmoins, ils rejoignent presque les inexpérimentés lors de la seconde évaluation.

En général, la formation des observateurs expérimentés a été plus exigeante. Ils posaient plus de questions à propos du choix des variables et de leur pertinence que les observateurs inexpérimentés. Au contraire, ces derniers n'ont jamais demandé la raison pour laquelle une variable était utilisée et étaient davantage préoccupés à comprendre les critères d'observation.

Tableau 6.4. Durée de saisie des observations (minutes)

Observateur	Post formation		Post pratique		Amélioration (%)	
	Photo	Vidéo	Photo	Vidéo	Photo	Vidéo
Étudiants						
Exerc. dirigé	1	60	100	45	85	+15
	2	70	100	50	85	+20
	3	70	100	50	85	+20
Pratique libre	4	55	100	60	65	-5
	5	75	75	55	65	+20
	6	75	75	60	65	+15
<i>Moyenne:</i>		68	92	53	75	+16
Ergonomes						
Exerc. dirigé	1	95	125	58	92	+37
	2	118	125	67	92	+51
	3	148	125	90	92	+58
Pratique libre	4	82	125	46	75	+36
	5	86	125	60	58	+26
	6	98	125	46	75	+52
<i>Moyenne:</i>		105	125	61	81	+43
<i>Différence:</i>		-37	-33	-8	-6	

3. Impact de la pratique et de son format sur la fiabilité

La pratique améliore légèrement la fiabilité comparativement à la formation de base (voir tableau 6.2) et les exercices dirigés sont un peu plus efficaces que la pratique libre. En fait, les sessions de pratique ont surtout eu pour effet de diminuer le temps de saisie, en particulier pour les observateurs plus lents qui tendaient alors à rejoindre les plus rapides. Après les sessions de pratique, les observateurs ont pris en moyenne 25 secondes pour effectuer une observation. Aucune relation n'a été notée entre la durée et les niveaux d'accord.

4. Confiance exprimée et problème rapportés

En moyenne, 96% du temps, les observateurs répondent qu'ils ont confiance en leur réponse (tableau 6.5). À l'exception d'une variable (localisation de la main droite : 87%), les observateurs disent avoir confiance dans leurs réponses au moins 94% du temps. Cette question n'apparaît pas discriminante.

Toutefois, lors de l'évaluation de leur confiance sur une échelle de 0 à 10, 14% des fois les observateurs ont coté 8 ou moins. Les observateurs devaient alors indiquer la raison qui justifiait ce niveau de confiance. La raison la plus souvent indiquée a été le fait d'être à la limite entre deux classes et ce, particulièrement pour les variables dynamiques. La deuxième raison a été le fait d'avoir de la difficulté à bien voir. Cette raison a surtout été invoquée pour la variable portant sur la localisation de la main gauche sur la charge. L'angle de la caméra était en effet peu approprié pour faire cette observation. Les observateurs ont rarement invoqué une difficulté avec les critères d'observation. Le matériel utilisé pour évaluer la reproductibilité des observations semble donc présenter un certain niveau de difficulté.

On a classé au tableau 6.6 les résultats d'observation selon la performance à l'observation. On a mis en parallèle le niveau de confiance tel qu'exprimé sur l'échelle de 0 à 10 de façon à voir si une relation existe entre les deux. Comme on peut voir, les taux d'accord inférieurs correspondent aux variables pour lesquelles la confiance en la réponse donnée était moindre. Ainsi, pour le groupe où le Po est supérieur à 90%, 78% du temps les sujets cotent 9 ou 10 alors que ce pourcentage passe à 63% et 52,6% respectivement pour les groupes où le Po est entre 80 et 90% et inférieur à 80%. Mise à part une variable, les observateurs ont coté 9 ou 10 sur l'échelle de confiance au moins 77% du temps. L'exception est la localisation de la main gauche sur la charge qui, comme on l'a vu, présentait des problèmes visuels qui ont été surestimés si on en juge par les taux d'accord. Il semble donc y avoir un lien entre la confiance des observateurs et les niveaux d'accord.

Tableau 6.5. Confiance exprimée par les observateurs et problèmes rapportés aux deux évaluations

#	Variables d'observation	"Oui, j'ai confiance" (%)		Confiance < 8 (%)		Problèmes d'observation ^a					
		Post		Post		Post formation			Post pratique		
		Formation	Pratique	Formation	Pratique	Limite	Critère	Visuel	Limite	Critère	Visuel
Moments:											
1	Éloignement du sujet p/r à la plate-forme	99	99	5	5	3	.5	2	5		.5
2	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	98	99	8	9	4		4	6		4
3	Utilisation d'un appui principal	98	100	8	4	5		3	4		.5
4	Position du dos p/r à la B.A.	98	95	17	21	7	.5	10	15		5
5	Position du bassin p/r à la B.A.	95	97	12	18	10		2	13	.5	5
6	Localisation de la main droite sur la charge	87	90	30	32	5		25	5		26
7	Localisation de la main gauche sur la charge	95	98	9	6	5		5	1		5
8	Une main est-elle opposée à la gravité	96	95	15	14	9		6	5	.5	9
9	Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt	97	98	5	10	4	.5	1	8	.5	2
	Moyenne:	96	97	12	14	6		6	7	---	6
Phases:											
10	Charge a-t-elle été accélérée	92	96	28	14	21	7		15	.5	
11	Travail de stabilisation des pieds	97	98	16	15	16			15		
12	Est-ce que la charge bascule	98	96	17	14	16			12	1	.5
13	Éloignement entre la charge et le sujet	94	94	20	22	17	.5	2	15		6
14	Hauteur maximale de la charge	96	97	11	12	11			10	.5	1
15	Est-ce que les pieds se croisent	98	99	13	20	13			16	.5	3
16	La charge est-elle stabilisée avant le dépôt	98	99	6	8	5	.5		7	1	
17	Utilisation d'un appui principal	99	100	1	3	2			3		
	Moyenne:	96	97	14	14	13	1	--	12	1	3

^a Limite: à la frontière entre deux classes; Critère: pas clair ou difficile à appliquer pour cette situation; Visuel: difficulté à voir.

Tableau 6.6. Fiabilité vs évaluation de la confiance sur une échelle de 0 à 10

Variables d'observation	Po > 90	k	Evaluation de la confiance (%)			
			10-9	8	7	6
Nombre de pied(s) en contact avec le sol	99,2	.98	84,2	7,1	7,9	0,8
Localisation de la main droite sur la charge	94,6	.73	77,1	17,1	3,7	2,1
Éloignement du sujet p/r à la plate-forme	94,6	.67	92,1	2,9	4,6	0,4
Localisation de la main gauche sur la charge	92,5	.67	48,3	20,0	17,9	13,7
La charge est-elle stabilisée avant le dépôt	92,1	.75	77,1	15,0	6,7	1,2
Utilisation d'un appui principal	91,7	.87	82,1	14,6	3,3	0,0
Utilisation d'un appui principal (prise)	90,4	.83	85,8	10,0	3,3	0,8
Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt	90,1	.83	77,1	12,9	9,6	0,4
<i>Moyenne:</i>			78,0	12,4	7,1	2,4
	<u>Po 80-90</u>					
Est-ce que la charge bascule	89,6	.77	69,6	16,2	10,4	3,7
Travail de stabilisation des pieds	87,1	.62	55,8	28,7	14,6	0,8
Hauteur maximale de la charge	85,0	.60	67,9	20,0	10,4	1,7
Une main est-elle opposée à la gravité	80,8	.66	67,9	18,3	10,4	3,3
Charge a-t-elle été accélérée	80,8	.60	54,2	31,7	12,1	2,1
<i>Moyenne:</i>			63,1	23,0	11,6	2,3
	<u>Po < 80</u>					
Position du bassin p/r à la B.A.	75,9	.67	52,5	29,6	14,2	3,7
Est-ce que les pieds se croisent	75,5	.67	57,9	22,1	15,0	5,0
Position du dos p/r à la B.A.	70,8	.76	51,2	27,9	17,9	2,9
Éloignement entre la charge et le sujet	68,3	.55	48,7	29,6	18,3	3,3
<i>Moyenne:</i>			52,6	27,3	16,3	3,7

CHAPITRE 7

DISCUSSION

Cette discussion est divisée en trois parties. Dans un premier temps, nous soulignons les limites de cette étude. Par la suite, nous faisons une synthèse des principaux résultats rattachés à la performance de l'observation comme instrument de recueil de données et des conditions qui paraissent l'influencer. Finalement, nous faisons le point sur les résultats obtenus pour l'observation des conditions à risque.

1. Limites de l'étude

1.1 Les conditions d'observation

Conditions de visionnement

Afin de répondre à l'un des objectifs de cette étude qui était d'évaluer la stratégie d'observation par une comparaison avec des mesures biomécaniques, la tâche de manutention a été réalisée en laboratoire. Cet environnement présente des avantages au niveau des conditions de visionnement. Deux caméras placées à angle droit l'une par rapport à l'autre nous assuraient d'avoir des vues dans les plans sagittal et frontal tant à la prise qu'au dépôt. Des repères avaient été ajoutés pour faciliter l'observation. Ainsi, des lignes ont été tracées sur les contenants ainsi que sur la plate-forme de force pour aider à la localisation respective des mains et des pieds. De plus, pour les besoins des mesures biomécaniques, plusieurs marqueurs anatomiques étaient fixés sur les sujets qui ne portaient qu'un maillot de bain et des souliers de type sport. Nous nous sommes servis de ces marqueurs pour certaines observations. Par exemple, pour la position du dos par rapport à la base d'appui, nous utilisons les marqueurs situés de part et d'autre de la huitième vertèbre thoracique (T8) à partir desquels nous projetons une ligne jusque dans la base d'appui. Ces conditions d'observation ne correspondent pas à celles que l'on retrouve en temps normal dans les lieux de travail et certaines observations effectuées ici pourraient être difficiles à reproduire dans ces milieux.

Les conditions d'observation n'étaient cependant pas optimales. Étant donné les contraintes physiques du laboratoire, un grand angle a été installé sur l'une des caméras et chacune d'elles était munie d'un filtre optique pour atténuer les reflets qui provenaient de la plate-forme enduite de vernis. Pour que les caméras biomécaniques puissent capter les marqueurs anatomiques, le niveau d'éclairage général était maintenu bas et des projecteurs étaient orientés à des endroits spécifiques. Nos images étaient donc plus sombres qu'à l'habitude puisque l'éclairage était moins uniforme.

Conditions de suivi pour la saisie des données

La saisie des données n'a pas été un processus passif : plusieurs discussions entre le concepteur et l'observatrice ont eu lieu et des rétroactions régulières étaient données. Les séquences qui posaient le plus de problèmes pour une variable donnée étaient observées à nouveau et la réponse de l'observatrice était comparée à celle du concepteur. Cet exercice a d'ailleurs mené à la reprise complète de la saisie de quelques variables dont le critère avait mal été interprété par l'observatrice. Il s'agit là de conditions de suivi plutôt exceptionnelles qui n'ont pas cours en temps normal et pourraient expliquer en partie les bons résultats obtenus. Il faut toutefois préciser que notre méthode d'observation est particulièrement complexe, tant par le nombre de variables qui la compose que par la part de jugement importante qu'exigent certaines variables. Il devenait important de considérer un large éventail de variables au départ pour que, suite aux comparaisons avec les mesures biomécaniques, on puisse retenir celles qui ont le plus d'impact et écarter les autres. S'assurer du meilleur niveau de fiabilité possible devenait alors essentiel si nous voulions éviter que ce soit un facteur confondant dans nos comparaisons avec les mesures biomécaniques.

1.2 Variabilité des modes opératoires

Le laboratoire constitue un environnement expérimental où un contrôle rigoureux est nécessaire sur plusieurs paramètres afin d'étudier l'effet de certains traitements particuliers. Dans cette étude toutefois, les sujets étaient libres d'exécuter la manutention comme ils le désiraient, i.e. dans un contexte réaliste d'asymétrie (espace tridimensionnel). Seuls les endroits de prise et de dépôt étaient standardisés. Le

mouvement des pieds n'était pas restreint puisqu'une plate-forme à grandes dimensions a été utilisée pour la première fois dans le cadre de ce projet (Desjardins et Gagnon, 2000). Des efforts ont aussi été consentis pour rendre la situation réaliste en terme de niveau de difficulté offert. Ainsi, nous avons mis l'emphase sur certaines caractéristiques de marchandises, en l'occurrence quant à leur format (boîte vs cylindre) et composition hétérogène (décentrage du centre de gravité).

Pourtant, ces conditions correspondent tout de même à une réduction de la variabilité du travail des manutentionnaires si on les compare au contexte réel d'exécution où plusieurs incidents et/ou difficultés viennent perturber le travail (Lortie et Pelletier, 1996). On peut présumer que la variabilité des stratégies et des modes opératoires utilisés dans cette étude est par conséquent restreinte. À cet égard, l'échantillon utilisé constitue aussi une limite dans la mesure où le niveau d'expérience en manutention des sujets étudiés était limité. De fait, lors de l'exécution d'une seule tâche libre de manutention reproduite en laboratoire, six travailleurs experts ont utilisé plus de 40 prises différentes (Authier et al., 1996b), ce qui est deux fois plus que dans notre étude.

La taille de l'échantillon est un autre facteur ayant affecté la variabilité des modes opératoires. Ce n'est pas tant le nombre de sujets qui constitue une limite comme le nombre de séquences totales observées. En effet, comme notre objectif n'était pas de prédire, mais de vérifier des hypothèses concernant l'impact de variables d'observation sur des conditions à risque, le nombre de sujets n'était pas un enjeu. Par contre, un plus grand nombre de séquences aurait possiblement permis d'observer une plus grande variabilité dans les façons de faire. Le fait de retenir plus de séquences aurait surtout contribué à augmenter le nombre d'observations pour des variables ou des classes de variables moins souvent observées et dont l'impact a été plus difficile à montrer. Il y avait souvent disparité en nombre entre les classes comparées et les relations étaient alors plus difficiles à établir avec les valeurs biomécaniques. La lourdeur et les coûts élevés des analyses biomécaniques constituaient autant de restriction à l'ajout de séquences supplémentaires.

1.3 Comparaisons entre les observations et les mesures biomécaniques

Plusieurs réunions avec un biomécanicien associé au projet ont été nécessaires pour assurer la meilleure compatibilité entre les observations et les mesures biomécaniques. En venir à une compréhension mutuelle de ce qui était observé et de ce qui pouvait être mesuré a occupé une grande partie des discussions. Cette correspondance souhaitée n'allait pas toujours de soi. Par exemple, la localisation des mains sur la charge est une observation assez facile à réaliser, mais une mesure biomécanique correspondante était pourtant impossible à trouver. Ainsi, pour différentes raisons, plusieurs variables n'ont pas pu être validées.

Il a été tout aussi difficile de choisir des mesures biomécaniques globales permettant d'évaluer les conditions à risque. La plus appropriée est apparue être celle de l'équilibre. Pourtant, cette méthode biomécanique comporte deux principales limites (Delisle, 1996). D'abord, pour chaque instant où la force déséquilibrante est calculée, le système est considéré comme étant figé. Il ne s'agit donc pas d'une approche complètement dynamique. De plus, cette méthode de calcul n'est pas sensible à la position horizontale du centre de gravité (accélération ou décélération du centre de gravité), seuls l'emplacement du centre de pression, l'amplitude de la force de réaction verticale et la hauteur du centre de gravité affectent la force déséquilibrante. Il est donc permis de penser que cette mesure soit plus efficace pour les moments que pour les phases.

La mesure des moments secondaires à la région lombo-sacrée (L5/S1) s'est aussi avérée compatible avec nos observations d'asymétrie. L'évaluation du contrôle par la mesure du «jerk» ou évaluation des changements brusques d'accélération n'a cependant pas été retenue. L'hypothèse de départ était qu'une minimisation du «jerk» pouvait refléter un bon contrôle. Pourtant, un mouvement de la charge sur elle-même a généralement pour conséquence d'augmenter la valeur de cette mesure. Or, on sait que ce mouvement n'est pas nécessairement indicateur d'un mauvais contrôle et qu'il peut au contraire être bénéfique du fait qu'il peut permettre de rapprocher la charge ou de

resymétriser le centre de gravité des boîtes décentrées. De fait, on observe que les charges décentrées bougent plus souvent que les autres boîtes.

Pour la fluidité, le jugement global porté par l'observatrice ne s'est pas avéré reproductible, tant au niveau des tests intra-observatrice que interobservateurs et le lien entre cette évaluation et les autres variables liées à la fluidité (trajectoire globale et accélération) n'était pas clair. Ces conditions ne nous ont pas paru être appropriées pour procéder à l'évaluation de la validité concourante de la fluidité.

1.4 Généralisation des résultats : l'intérêt des modules

Les résultats montrent que le contexte peut jouer un rôle dans les relations observées, une variable n'ayant pas le même impact selon qu'on l'observe à deux moments différents. Pour l'équilibre, mis à part quelques exceptions, les tendances vont toujours dans le même sens, i.e. qu'une variable a le même effet sur la mesure de FD. La différence se situe davantage au niveau de l'importance de cet effet. Dans la mesure où notre objectif n'était pas de prédire, nous avons donc des données qui sont pour la plupart conformes aux hypothèses avancées, même si le contexte est différent. Il est toutefois légitime de se demander si les effets observés seraient les mêmes pour des variations de contexte plus marquées (ex. : augmentation du poids de la charge, hauteurs de prise et de dépôt différentes) et ce, particulièrement pour les variables dont la relation n'est pas claire ou à la limite.

De façon générale, les modules regroupant deux ou trois variables d'état ont souvent permis d'améliorer la relation avec la FD. Quelquefois pourtant, des variables individuelles avaient plus d'impact sur la mesure de FD. Cet impact pouvait se manifester à la prise sans que ce soit le cas au dépôt. Il devient difficile de savoir quand une variable sera ainsi dominante dans un contexte donné. Une variable individuelle est certes plus susceptible à ces changements qu'une combinaison de variables. Les modules apparaissent comme étant plus stables et moins sujets à ces variations contextuelles du fait qu'ils combinent l'effet de plus d'une variable. Considérer l'effet d'agrégats de variables semble donc plus pertinent. Bien que cette stratégie d'analyse par modules ait

permis de vérifier nos hypothèses, elle est pourtant longue et complexe. Les résultats actuels ouvrent de nouvelles perspectives au niveau du mode d'observation à privilégier dans une future grille d'observation de l'équilibre. Cette grille pourrait se présenter sous la forme d'une structure arborescente et fonctionner en séquence où les variables les plus déterminantes seraient intégrées une à une. Nous y reviendrons dans la troisième partie.

2. Performance de l'observation : fiabilité et validité interne

Tout comme la revue de littérature l'avait montré, nos résultats sur la reproductibilité et la validité interne montrent le potentiel intéressant de l'observation. Le bilan réalisé dans le cadre de la revue sur la validité interne montrait que les résultats ne portaient que sur un nombre limité d'observations, essentiellement des variables posturales. Nous avons été en mesure de trouver des correspondances biomécaniques pour une gamme plus large d'observations qui impliquaient des déplacements de charge (ex. : trajectoire, accélération), une interaction entre la position de la charge et celle du sujet (ex. : éloignement et déportation latérale de la charge par rapport au corps), des positions et des déplacements d'appuis (ex. : largeur entre les appuis, croisement des pieds), etc. Les résultats obtenus ont montré que l'observation peut effectivement être valide et que la diversité des objets d'observation peut être importante et aller au-delà des variables de posture.

Les variables d'observation qui présentent le plus de difficultés sont celles effectuées sur une séquence continue (phases) plutôt que sur un arrêt image (moments). On note des problèmes en particulier pour évaluer la vitesse de déplacement et parfois pour situer la charge par rapport au corps. Cependant, les problèmes d'observation ne sont pas généralisés à toutes les variables qui ont ces particularités.

La revue de littérature avait fourni très peu d'indications sur les conditions à rencontrer pour obtenir des résultats satisfaisants ou sur ce qui pouvait expliquer de moins bons résultats. L'interaction avec l'observatrice qui a effectué la saisie des données, les comparaisons avec les mesures biomécaniques et l'étude réalisée sur les conditions d'utilisation permettent d'identifier des éléments qui ont eu un impact sur nos

résultats d'observation. Une dimension est apparue dominante et a trait au découpage des variables en classes. Nous en traitons spécifiquement à la section 2.1.

L'expérience (qualification) de l'observateur et l'effet d'apprentissage

Notre étude sur les conditions d'utilisation montre que les qualifications de l'observateur ne sont pas une condition indispensable à l'obtention de résultats fiables, tout comme l'avait conclu Fransson-Hall et al. (1995). Pour la saisie des données, nous avons toutefois opté pour une observatrice expérimentée dont nous connaissions le professionnalisme, la minutie et la motivation. Elle était l'une des participantes de l'étude. Nous étions assurés qu'elle communiquerait tout problème rencontré et, en ce sens, les conditions de suivi ont été particulièrement étroites.

Un effet d'apprentissage a été constaté entre le début et la fin de la saisie suite à une comparaison entre les tests intra-observatrice et interobservateurs. Rappelons que les tests intra présentés ne sont pas tout à fait standards. Le fait que l'observatrice ait pu discuter en cours de saisie des problèmes d'observation rencontrés et demander des précisions supplémentaires a permis un travail d'affinage progressif sur les critères d'observation. Il y a donc eu des changements en cours de saisie. Cet effet d'apprentissage pourrait donc être attribuable à une meilleure définition des critères d'observation ou au fait que l'observatrice s'est elle-même améliorée durant la saisie avec la pratique. Il s'agit là de deux issues assez différentes. Van der Beek et al. (1992) ont rapporté des améliorations (jusqu'à 6%) entre deux périodes de saisie. Les auteurs ont attribué ces améliorations à une meilleure définition des critères d'observation. Nous croyons également qu'il s'agit là d'un facteur clé pour expliquer nos résultats. Refaire au complet la saisie n'aurait possiblement pas amélioré significativement nos résultats sans que des changements ne soient apportés aux critères d'observation. Certaines observations ont effectivement été refaites. Le problème se situait alors au niveau de la clarté des critères et de leur compréhension initiale par l'observatrice et non au niveau du temps de pratique qui aurait été insuffisant.

Les critères d'observation

L'observateur doit continuellement prendre des décisions lorsqu'il analyse une situation de travail. Certaines d'entre elles sont tributaires de ses propres capacités d'observation. À ce sujet, des études sur la validité interne pour l'observation de la posture ont montré que les observateurs pouvaient être précis. Par exemple, van der Beek et al. (1992) ont rapporté une erreur de 5° pour l'observation de la flexion sagittale. D'autres décisions relèvent plus directement des critères d'observation établis qui servent de repères pour l'observation. Ces derniers sont essentiels pour limiter au maximum la part de jugement nécessaire à l'attribution de tel ou tel événement à une classe préalablement établie. Or, il s'avère souvent difficile pour certaines variables de trouver des critères d'observation «francs» qui puissent définir exactement ce qui est à observer. Prenons deux cas contrastants. Pour l'observation de la hauteur maximale de la charge dans la phase de transport, le critère d'observation précisait d'évaluer la hauteur du centre de la charge (carré jaune au centre de la boîte ou le milieu du cylindre) en fonction de la poitrine du sujet (hauteur des mamelons). Nous avons nommé ce type de critère «monocritérié» puisqu'il permet de définir ce qui est à observer de façon simple, succincte et en utilisant généralement un seul repère. Pour ce qui est de l'évaluation globale de la fluidité, nous avons eu à préciser plusieurs repères d'observation, entre autres quant aux changements de vitesse, de trajectoire, etc. Ce critère, qualifié de «multicritérié», demande de la part de l'observateur d'intégrer plusieurs informations et de porter un jugement, ce dernier étant certainement plus difficile que dans le cas précédent. L'accélération de la charge est une autre observation pour laquelle il est difficile de complètement formaliser les critères d'observation. En fait, plusieurs variables associées aux phases, sans que ce phénomène leur soit exclusif, ont cette particularité. Cela peut expliquer en partie nos résultats plus faibles pour les variables de phases.

Dans ces cas précis, il devenait essentiel de s'assurer que l'observatrice ait des repères adéquats qui soient communs à ceux du concepteur. Cette acquisition de «références communes» a été possible par la recherche d'un consensus entre les deux observateurs lors de visionnements et par des discussions sur les difficultés de

classification préalablement à la saisie. Comme il était impossible de faire toutes les séquences lors de ces rencontres présaisie, certains problèmes apparaissaient en cours de saisie et c'est souvent à ce moment que les critères étaient modifiés pour répondre aux difficultés.

La formation/pratique à l'observation

Il est intéressant de noter que la majorité des grilles recensées dans la revue de littérature ne donnent aucun renseignement sur la formation à suivre par les utilisateurs subséquents. L'attention est actuellement centrée sur l'informatisation afin de faciliter le traitement et étendre leur utilisation dans les industries.

Une formation de base équivalente à environ cinq à six minutes par variable a permis d'atteindre des pourcentages d'accord supérieurs à 80% pour trois variables sur quatre lors de l'étude sur les conditions d'utilisation. L'ajout de pratiques supplémentaires n'a pas eu un impact clair sur la fiabilité. Néanmoins, les sessions de pratique ont eu pour conséquence d'améliorer l'efficacité de la saisie en diminuant sa durée. En fait, les observateurs les plus lents ont rattrapé les plus rapides. Même si la pratique n'a pas amélioré beaucoup la fiabilité, les exercices dirigés apparaissent comme un meilleur format que les pratiques libres. Ils sont plus utiles pour identifier des problèmes d'observation potentiels. Les observateurs peuvent devenir plus conscients de ces problèmes puisqu'ils sont confrontés immédiatement avec leurs réponses.

Pour la saisie, étant donné le grand nombre de variables à observer, nous avons utilisé une stratégie de formation spéciale. Un nombre élevé de variables peut avoir un double effet, l'un sur les exigences en terme de mémoire (plus marqué lors d'observations in situ), l'autre sur la motivation de l'observateur. Ici, les exigences de mémorisation ont été contournées. De petits groupes de variables ayant des caractéristiques similaires ont été observés en même temps sur l'ensemble du matériel. Il y a donc eu autant de visionnements qu'il y avait de groupes de variables. Ces multiples passes ont permis à l'observatrice de connaître parfaitement le matériel, d'anticiper des difficultés éventuelles et de trouver des solutions «à l'avance». Cette approche nous semble également permettre

un apprentissage plus rapide. Elle a toutefois eu pour conséquence – aux dires de l'observatrice – de créer un effet de «saturation» dans les derniers moments de la saisie. Pour assurer la qualité des données, on a certes avantage à réduire le nombre total d'observations.

2.1 Le découpage des variables d'observation

La signification du découpage

Les résultats de la comparaison avec les mesures biomécaniques ont permis de saisir toute la complexité du découpage des variables. Les valeurs biomécaniques obtenues permettent de déterminer un ordre de grandeur pour chaque classe. Cette information n'est pas toujours connue a priori lorsqu'on choisit le mode de découpage. Bien qu'une caractéristique importante du découpage soit liée à l'interprétation que l'on peut en tirer, il doit aussi faciliter l'observation et un compromis doit souvent être fait. Or, pour plusieurs variables, il s'avère plus simple et efficace de fixer des classes d'observation relatives à l'environnement observé plutôt que d'utiliser des classes absolues, chiffrées.

Par exemple, pour la latéralité (symétrie) de la charge par rapport à la base d'appui, les classes choisies demandaient d'évaluer si le centre de la charge se trouvait à l'intérieur de la base d'appui et en plein centre, à l'intérieur mais plus de côté (gauche ou droite) ou à l'extérieur des limites latérales (pied) de la base d'appui. Cette façon d'observer est bien différente que si on avait demandé d'évaluer si la charge était déportée latéralement de 10, 15 ou 20 cm par rapport au milieu de la base d'appui. Ce dernier découpage (absolu) a l'avantage de pouvoir être interprété directement en terme de quantité et permet d'établir plus facilement des comparaisons avec d'autres études. Il s'avère pourtant très difficile pour l'observation, l'échelle entre l'image et la réalité n'étant pas de un pour un (1 : 1). Pour certaines variables, traduire les classes en quantité est plus facile : un écartement de pieds de la largeur des épaules équivaut approximativement à une valeur de 40 à 50 cm. Cet exercice devient quasi impossible pour d'autres (ex. : angle de trajectoire de charge, vitesses de déplacement des appuis ou de la charge), à moins de refaire des mesures sur le matériel.

Même si on arrive à la «chiffrer», une classe pour une même variable, observée à deux moments différents, peut présenter deux réalités assez différentes. C'est le cas surtout des classes extrêmes dont l'étendue peut varier. Par exemple, pour la dernière classe de l'éloignement de la charge, qui devait permettre d'observer l'éloignement le plus important entre la charge et le sujet, une différence de 6 cm est notée au niveau de la mesure biomécanique entre la prise et le dépôt. Il faut souligner toutefois que pour cette variable, seulement neuf observations ont été notées au dépôt pour cette dernière classe. On peut penser que l'ajout d'une autre classe aurait été nécessaire.

Ce dernier point est lié à une autre préoccupation dans le choix d'un découpage et concerne l'adéquation entre ce dernier et la réalité qu'il est censé capter. Par exemple, le choix des classes pour la flexion du dos ($< 20^\circ$ / 20° à 45° / $> 45^\circ$) a été en partie inspiré par la revue de littérature, ce découpage étant le plus utilisé. Les valeurs biomécaniques montrent que, pour la classe 20° à 45° , l'angle moyen à observer est de 42° (écart-type de 8°), ce qui suppose que peu de flexions inférieures ou près de 30° ont été mesurées. Pour la dernière classe ($> 45^\circ$), cette valeur est de 68° (écart-type de 20°) et implique cette fois que des flexions très importantes ont été mesurées. Ce découpage s'avère donc inapproprié pour traduire les flexions lombaires dans cette situation.

Les problèmes de zones frontières : impact du matériel observé

L'exemple de l'inclinaison du dos est le reflet d'un problème qui est apparu dominant dans cette étude et a trait au fait qu'une observation puisse se trouver à la limite entre deux classes : c'est le problème des zones frontières. Une valeur biomécanique moyenne de 42° pour la classe 20° à 45° signifie que l'observatrice se trouvait souvent dans une zone frontière et devait prendre une décision de classification. Nous avons vu que certains problèmes de fiabilité se situent au niveau des variables dites de phase qui sont observées sur une séquence vidéo plutôt qu'à partir d'une image arrêtée. On remarque que, dans plusieurs cas, le calcul des valeurs biomécaniques montre qu'il y a peu d'écart entre les classes. C'est le cas par exemple de l'accélération et de la distance sujet/charge. On est même impressionné par la capacité qu'a eue l'observatrice à faire certaines distinctions. On comprend ainsi plus facilement pourquoi on obtient des

résultats de reproductibilité assez faibles pour une variable simple comme le déplacement initial de la charge dans le plan sagittal (éloignement) quand on constate que la différence entre les deux classes était de 9°. Non seulement peut-on y voir un problème potentiel pour la fiabilité, mais aussi au niveau des comparaisons avec les mesures biomécaniques. Par exemple, dans le cas de l'accélération, les valeurs biomécaniques montrent de faibles écarts entre une charge dite accélérée et une autre qui ne l'est pas. Le résultat net est qu'il y a peu d'accélérations franches. Il est ainsi plus difficile d'établir si l'accélération a un impact sur l'équilibre ou la fluidité.

Les problèmes de zone frontière dépendent de ce qui est à observer. La difficulté du matériel choisi pour effectuer les tests de reproductibilité peut à cet égard être un facteur majeur affectant les résultats et expliquer pourquoi on peut obtenir des écarts parfois importants de taux d'accord pour une même variable entre deux tâches. Il apparaît alors nécessaire d'évaluer le matériel lui-même et non simplement l'observateur.

Lors de l'étude sur les conditions d'utilisation, les observateurs ont montré un potentiel intéressant pour évaluer les difficultés qu'ils éprouvaient et cette capacité peut être utile à l'analyse du matériel. Les trois types de difficultés proposés – zone frontière, problème visuel et précision du critère d'observation – apparaissent suffisants pour couvrir l'ensemble des problèmes d'observation. Toutefois, l'ajout d'une catégorie sur les problèmes de perspective serait souhaitable (Paul et Douwes, 1993). Pouvoir ainsi identifier ce qui occasionne des difficultés dans l'observation peut mener à des solutions.

Ainsi, l'identification de problèmes d'ordre visuel ou de perspective pourrait aider éventuellement à mieux positionner les caméras. Comme nous l'avons vu, une fois un problème identifié, une amélioration aux critères d'observation peut aussi être apportée. Il s'agit en fait de la façon la plus courante de régler les difficultés. Lors de l'étude, les problèmes reliés aux critères d'observation ont rarement été mentionnés. Ce problème faisait référence à la clarté du critère proposé. Or, un critère d'observation peut être clair mais inadéquat. De fait, un nouveau critère a été utilisé pour l'éloignement de la charge par rapport au corps suite à cette étude ce qui a permis d'améliorer considérablement les

taux d'accord ($\pm 65\%$ à 90%). Cette variable avait été identifiée comme étant problématique, mais des problèmes de zone frontière étaient alors mentionnés. Une modification aux critères peut être souhaitable sans qu'un problème lié aux critères eux-mêmes soit mentionné. Les problèmes de zone frontière sont quant à eux plus difficiles à résoudre. Dans une étude sur la formation à l'observation (Baril-Gingras et Lortie, 1990), une formation en groupe avait contribué à résoudre certains problèmes de zone frontière par l'acquisition de «repères communs» quand plusieurs observateurs sont impliqués. L'utilisation d'une pratique dirigée peut aussi aider. Enfin, comme dans le cas de l'éloignement de la charge, l'utilisation d'une stratégie d'observation différente doit parfois être envisagée.

Bien que les observateurs apparaissent être en mesure d'identifier des problèmes d'observation, simplement leur demander s'ils ont confiance ou non dans leur réponse n'est pas suffisant. Une échelle de confiance doit être utilisée. Dans notre étude, les observateurs devaient identifier un problème seulement s'ils cotaient huit ou moins sur l'échelle. Un meilleur seuil serait de neuf et moins. Lors de la conception d'une grille et de l'élaboration de critères d'observation, il est difficile de prévoir les problèmes qui peuvent survenir et cette échelle apparaît utile en ce sens.

Les caractéristiques du matériel ont aussi eu un autre impact sur les niveaux d'accord, particulièrement sur le calcul de la statistique kappa. En effet, bien que des variables aient obtenu des pourcentages d'accord supérieurs à 90% , les kappas étaient très bas ($\kappa \approx 0.3$). Ces résultats montrent jusqu'à quel point la valeur de kappa peut être affectée par la prévalence de l'événement à observer, particulièrement si seulement deux classes sont proposées. Par exemple, bien que 19 fois sur 20 les observateurs se soient entendus pour dire qu'il n'y avait pas d'accélération de charge dans la phase de transport, le fait qu'un observateur ait vu une accélération et l'autre non a fait en sorte de faire chuter la valeur du kappa à $.29$.

Les deux mesures d'accord utilisées dans le cadre de cette étude apparaissent complémentaires. Une étude sur la fiabilité interobservateurs (Burt et Punnett, 1999)

ayant utilisé quatre modes d'évaluation du niveau d'accord conclut que le pourcentage d'accord seul est une mesure inadéquate puisqu'elle ne tient pas compte de la chance et peut mener à une surestimation de la fiabilité. Nous pensons que le pourcentage d'accord reflète bien le niveau d'accord entre deux observateurs, mais qu'associé avec un kappa faible, les résultats sont à nuancer : le matériel ne permet pas alors de bien évaluer la fiabilité puisqu'il ne permet pas de bien couvrir l'ensemble des classes proposées. Cette situation est d'ailleurs très difficile à gérer quand vient le temps de choisir un matériel échantillon pour évaluer la fiabilité. Comment s'assurer que, pour toutes les variables à observer, le matériel puisse être suffisant pour assurer une bonne évaluation? Dans le cas d'événements qui se produisent moins fréquemment, ce matériel doit-il permettre d'évaluer la capacité à observer et/ou la capacité à détecter?

Impact du regroupement de classes

Une stratégie utilisée dans cette étude pour pallier aux problèmes de fiabilité a consisté à regrouper des classes a posteriori. Ces regroupements ont permis en général d'augmenter les résultats aux tests de reproductibilité, mais diminuent paradoxalement les résultats de validité interne, particulièrement lorsqu'on regroupe des classes ayant des écarts de valeurs biomécaniques importants. On gagne en fiabilité pour perdre en précision. Il faut dire que ces regroupements, bien que leur but premier fut d'augmenter les taux d'accord, n'ont pas été faits «à l'aveugle». Comme on l'a vu, ces variables ont été choisies sur la base d'un modèle théorique qui leur donne une signification et cette dernière n'est pas affectée par le fait de regrouper des classes. Le niveau de précision de l'observation l'est toutefois. Si on prend l'exemple de l'orientation des épaules par rapport au bassin, le fait de grouper les deux dernières classes était une décision logique puisque très peu d'observations ($n < 5$) avaient été enregistrées pour l'une des classes. De fait, les résultats de validité interne sont demeurés identiques alors que les taux d'accord ont augmenté, les désaccords étant effectivement sur ces observations rares. Toutefois, dans une autre situation, considérer une troisième classe pourrait être utile si l'orientation entre les épaules et le bassin s'avère plus prononcée.

3. Observation des conditions à risque

3.1 Équilibre

Les résultats montrent de bonnes relations entre les variables prises individuellement et la force déséquilibrante (FD), particulièrement à la prise et au dépôt. Il faut toutefois être prudent dans cette analyse puisqu'il est possible que d'autres variables, en relation avec celle considérée, puissent aussi influencer les valeurs biomécaniques mesurées. Ainsi, la symétrie de la charge a un impact important sur l'équilibre. Toutefois, une analyse complémentaire a montré qu'une charge prise à l'extérieur de la base d'appui est aussi associée au fait que le sujet se retrouve sur un pied, variable fortement en lien avec la FD. Il demeure délicat de penser que l'on peut évaluer l'équilibre en ne considérant qu'une variable, d'où l'intérêt des modules.

Importance de la répartition du poids dans la base d'appui

La surface de la base d'appui – déterminée par le nombre de pied(s) en contact avec le sol – s'avère un élément déterminant de l'équilibre, seule ou lorsque combinée aux modules. Ce résultat est apparu important puisque les biomécaniciens, étant donné l'utilisation d'une seule plate-forme de force, ne peuvent avoir cette information pour juger de l'équilibre. Leur stratégie actuelle est de considérer le sujet comme étant sur deux pieds et, même si un des pieds est soulevé, calculer la surface d'appui à partir de la position de ce pied en projetant au sol les repères utiles sur le pied. Lorsque les deux pieds sont au sol, une augmentation de la surface de la base d'appui n'améliore pas l'équilibre. En fait, si un écartement latéral entre les pieds favorise l'équilibre, l'inverse a été observé pour le plan sagittal. De nouveau, les manutentionnaires experts soulignaient fréquemment qu'un trop grand écart avant/arrière entre les appuis était une condition défavorable d'équilibre.

Ce résultat est cohérent avec une étude (Kirby et al. 1987) où on a mesuré l'oscillation de la posture (*postural sway*) et le déplacement du centre de pression (mesures associées à l'équilibre) chez des sujets se tenant debout pendant 20 secondes selon différentes positions de pied (écartement médio-latéral et antéro-postérieur et angulation). Ces auteurs rapportent qu'une augmentation de 15cm de l'écartement en

largeur entre les pieds (comparativement aux pieds collés) diminue l'oscillation posturale tant latéralement que de l'avant vers l'arrière. Une augmentation de l'écartement de 30 ou 45 cm n'améliore pas davantage l'équilibre. La position moyenne du centre de pression avec une variation de la largeur entre les appuis n'est pas significativement affectée. Ils constatent toutefois qu'une augmentation progressive de la distance antéro-postérieure entre les pieds (le pied gauche demeure fixe et le pied droit est amené devant et derrière) augmente l'oscillation de posture latérale, mais aussi avant/arrière. Cette augmentation est substantielle pour une distance de 30 cm. Ils constatent une variation significative de la position du centre de pression avec cette position des pieds, le centre de gravité étant déporté sur le pied arrière.

Il semble donc important de considérer la répartition du poids dans la base d'appui plutôt que la surface d'appui. À cet égard, la position du dos est possiblement un bon indicateur de la déportation avant du poids, mais demeure une observation difficile puisque demandant un repère précis sur le dos. Son application est utile seulement quand une charge est prise ou déposée à de basses hauteurs. Pourtant, le fait que sur les 14 séquences où les sujets se retrouvent sur un pied à la prise, 11 fois la projection du point de référence sur le dos ait été dans la partie centrale du pied – une surface très restreinte (± 10 cm) – suggère que la position du dos est importante pour éviter un déséquilibre. Ne considérer que la flexion du dos pourrait ne pas être approprié puisque, comme on l'a vu, les variations de la position du bassin permettent de moduler la position du dos par rapport à la base d'appui. Nous reviendrons sur ce point. Toutefois, une flexion du dos importante a certainement pour effet de déporter plus de poids dans la partie avant de la base d'appui.

Par contre, observer l'utilisation d'un appui principal est plus facile et constitue un observable qui pourrait permettre de juger de la répartition du poids tant dans les plans sagittal que latéral (frontal) et ainsi compenser pour l'information que procurait la position du dos. Être en appui principalement sur un pied a été mis en relation non seulement avec l'équilibre, mais aussi avec la position du centre de pression du sujet. Cet

observable devrait être possiblement le point de départ dans une éventuelle évaluation de l'équilibre.

La position de la charge

La position de la charge s'avère être aussi un paramètre important de l'équilibre et confirme ainsi les propos des manutentionnaires experts. Mis à part quelques exceptions, les variables d'éloignement et de symétrie (latéralité), seules ou combinées en modules, obtiennent des écarts de FD importants et en général supérieurs aux autres et ce, sans distinction des moments ou des phases d'observation. Bien que la distance de la charge soit une observation retenue dans les grilles, ce n'était pas nécessairement le cas pour la déportation latérale.

La compensation du bassin

Pour les variables de compensation, ce sont surtout les actions de contrepoids qui méritent une attention et particulièrement celles attribuables au bassin. La position du bassin apparaît comme un élément central pour moduler l'état d'équilibre en jouant avec la localisation du centre de gravité dans la base d'appui, surtout quand le sujet doit ramasser une charge basse. Plus la projection du bassin est importante vers l'arrière, plus le centre de gravité du sujet a tendance à suivre cette déportation, l'action étant justement nécessaire pour contrebalancer le poids de la charge. Toutefois, si une perte de contrôle survient et s'il y a rupture du système sujet/charge, le sujet risque de se retrouver en situation de perte d'équilibre vers l'arrière avec peu de possibilité pour récupérer. Il s'agit là d'un exemple où la mesure peut très bien confirmer que l'équilibre est bon, mais que la façon d'y arriver peut éventuellement être à risque.

Les résultats obtenus par Commissaris et Toussaint (1997), dans une étude des contraintes lombaires associées à la connaissance ou non du poids de la charge suggèrent une relation avec cette action du bassin. Ces auteurs observent que le fait de lever une charge de 6kg, que l'on croyait peser 16kg, entraîne une perte d'équilibre dans 92% des cas, les sujets montrant des signes de réponses compensatoires tels un soulèvement du pied avant ou un pas arrière pour prévenir une chute. Les auteurs observent des difficultés

d'équilibre dans des proportions différentes en fonction des deux techniques imposées (*leglift* : 44% vs *backlift* : 36%), une projection arrière plus importante du centre de gravité – que les auteurs qualifient d'action préparatoire – étant observée pour la technique *leglift*. Le fait de substituer une charge de 6kg à une charge de 16kg rend cette action préparatoire disproportionnée, une déportation du corps vers l'arrière étant alors presque inévitable. Selon la description qui en est faite et les illustrations d'une séquence type de soulèvement, on remarque une action arrière du bassin marquée qui peut expliquer ce recul du centre de gravité.

Les symptômes de difficulté

Les variables de symptômes de difficulté étaient des indices, des traces observables qu'un problème, en lien avec les conditions à risque, était présent dans la séquence de manutention. Malgré que l'on ait pu associer à leur apparition des variables que l'on sait avoir un impact sur l'équilibre (ex. : augmentation de l'éloignement de la charge), certains symptômes de difficulté n'ont pas pu être associés à la mesure de FD. Il est possible que ces résultats s'expliquent du fait d'avoir utilisé une mesure de comparaison intégrée, i.e. qui couvrait l'ensemble de la phase de transfert. Ces symptômes étaient des actions momentanées pouvant ne pas se refléter dans cette mesure globale. Par exemple, le travail de stabilisation des pieds se produisait dans les premiers moments du soulèvement et de façon très brève. Cette action, bien que reflétant clairement une réponse de récupération, n'obtient pas une bonne correspondance avec la FD et nous aurions certainement intérêt à redéfinir la mesure de comparaison.

3.2 Contrôle

La connaissance a priori de la position du centre de gravité des boîtes a permis de développer des modules prometteurs pour mieux comprendre le contrôle. La fiabilité des variables d'observation s'est aussi avérée excellente pour la plupart. Toutefois, la mesure du «jerk», que nous avons identifiée comme mesure potentielle de validité concourante pour le contrôle, a finalement été écartée. Notre concept de contrôle implique non seulement de pouvoir stabiliser la charge pour éviter de l'échapper, mais aussi de pouvoir la faire bouger au besoin afin de répondre à différentes préoccupations. Cette mesure

étant sensible aux mouvements de la charge, on ne peut donc établir une relation directe entre une mesure plus élevée et un contrôle déficient. Si notre compréhension de l'équilibre a évolué par la comparaison avec la FD, il pourrait en être de même pour le contrôle.

À cet égard, une mesure biomécanique qui permettrait de suivre la relation entre la prise et le centre de gravité de la charge serait utile puisque cette information n'est pas accessible par observation. Nous pourrions alors faire un rapprochement avec une mesure globale comme le «jerk» et savoir si cette dernière peut être réellement interprétée comme reflétant le contrôle. Des observations effectuées en parallèle permettraient de savoir ce qui est à la source de ces modifications (ex.: un mouvement de la charge, une modification de la prise). Notre compréhension du contrôle pourrait alors en profiter. Une autre avenue possible serait de développer une mesure biomécanique du contrôle, similaire à celle de l'équilibre, où un calcul serait fait de la force minimale à appliquer sur la charge pour amener une perte de contrôle. Cette mesure est possible seulement si la boîte utilisée est instrumentée pour permettre le calcul des forces appliquées. Cette boîte existe déjà (Larivière et Gagnon, 1999), mais des développements sont encore à prévoir pour la rendre plus fonctionnelle. Une telle mesure serait compatible avec nos observations et nos modules pour le contrôle.

La plupart des variables de symptômes de difficulté pour le contrôle ont été rarement observées outre la bascule de la charge. Cette observation est apparue le reflet d'une difficulté réelle de contrôle à la prise puisque dans la quasi-totalité des cas, cette bascule de charge survenait avec les boîtes décentrées, particulièrement avec le décentrage avant. Il s'agit là d'un observable pertinent à conserver.

3.3 Asymétrie

Des études (Gagnon et Gagnon, 1993; Plamondon et al., 1995) avaient soulevé la possibilité de réduire les efforts asymétriques lorsque les manœuvres de manutention sont exécutées en maintenant les épaules parallèles au sol. Nos observations montrent qu'une diminution du parallélisme des épaules par rapport au sol est associée à une augmentation

significative ($p < .05$) des moments d'asymétrie (MA). Observer la position des épaules s'avère être possiblement plus facile que de considérer la flexion latérale ou la torsion pour lesquelles on obtient en général des taux de reproductibilité assez faibles.

La flexion avant du tronc couplée, soit avec la torsion, soit avec l'inclinaison latérale, a été associée à une augmentation des contraintes des tissus mous de la colonne (Shirazi-Adl, 1989; Gordon et al., 1991). Nous avons observé plusieurs flexions avant du tronc supérieures à 45° , les données biomécaniques montrant que celles-ci sont en moyenne de 68° . Une augmentation de la flexion du dos a un impact significatif ($p < .05$) sur les MA, ce qui, à prime abord, peut paraître surprenant. Il est donc probable que ces flexions soient combinées avec d'autres actions des sujets et mènent à une augmentation des efforts asymétriques. Une combinaison des variables en modules pourrait nous en apprendre davantage. Aucune association, mis à part l'orientation des épaules avec le bassin qui va d'ailleurs en sens inverse de ce qui était attendu, n'a été trouvée au dépôt. Les sujets avaient alors à déposer la charge en hauteur et les flexions du dos étaient absentes ou légères. Il est possible alors que la flexion du dos, couplée à d'autres éléments, soit un facteur déterminant pour l'asymétrie. Il y a là une question intéressante à approfondir.

3.4 Fluidité

L'observation globale de fluidité n'est pas apparue fiable. Cette observation était basée sur un ensemble de critères qui devaient permettre une évaluation de la continuité du mouvement. Bien que l'observation des changements de direction de la charge ait été plus souvent associée à notre évaluation de la fluidité que les changements de vitesse, un portrait clair était difficile à établir. Cette évaluation semblait tenir compte d'un ensemble plus large d'éléments que nous n'avons pas été en mesure de faire ressortir. Cet aspect nécessite encore des recherches pour identifier plus d'éléments susceptibles d'avoir un impact sur la fluidité.

3.5 Concept de conditions à risque : l'exemple de l'équilibre

Cette étude avait pour objectif principal de vérifier si des variables d'observation avaient un impact sur des conditions à risque. Nous n'avons pas tenté d'établir des liens entre ces conditions à risque pas plus qu'avec des mesures biomécaniques de contraintes lombaires. Les biomécaniciens du projet ont toutefois fait des tentatives en ce sens. Ils ont effectué des comparaisons en considérant le meilleur et le pire essai à la prise de chaque sujet au niveau du moment ou effort résultant net et des moments asymétriques en L5/S1, deux indices de contrainte au dos. Des analyses ont permis d'identifier des variables biomécaniques qui permettaient de différencier les meilleurs essais des pires. La mesure de force déséquilibrante ne fut pas affectée : la qualité d'équilibre ne serait donc pas en relation avec les contraintes lombaires pour cette tâche.

Nous avons identifié par observation des séquences où la manutention se fait alors que le sujet est sur un seul pied (n=43, 14 à la prise et 29 au dépôt). Les résultats de notre comparaison avec la mesure de FD montrent que cette action est l'une des plus défavorables pour l'équilibre. Toutefois, il est possible que prendre appui sur un pied puisse présenter des avantages en permettant de rapprocher la charge de soi, de lui donner un élan en se servant de la jambe libre à l'arrière qui fait contrepoids, de diminuer la durée de maintien et d'éviter d'avoir à pivoter les pieds avec la charge en mains. Sur ce dernier point, il est en effet permis de penser qu'en libérant un appui du sol, on diminue des contraintes de fixité posturale au bassin. Tous ces facteurs pourraient contribuer à réduire les efforts et les asymétries au dos. Ainsi, pour deux mesures d'équilibre défavorables, les comportements associés à l'une d'elle pourraient avoir d'autres fins. De fait, l'exécution de tâches de manutention appelle souvent la résolution de problèmes potentiellement conflictuels et amène à des solutions de compromis (Authier et Lortie, 1993). On favorise alors des facteurs jugés prioritaires dans une situation de travail donnée (ex. : réduire la fatigue, l'effort, optimiser l'équilibre, la précision du mouvement).

On peut aussi se demander si une mesure d'équilibre favorable est toujours le gage d'une façon de faire sécuritaire. Commissaris et Toussaint (1997) ont montré qu'une

évaluation erronée du poids de la charge à soulever a très souvent pour conséquence une perte d'équilibre, particulièrement si des actions préparatoires sont effectuées (projection arrière du centre de gravité ou contrepoids). Or, nos résultats montrent que l'action de compensation du bassin favorise l'équilibre.

Ces exemples illustrent bien que l'équilibre ne représente pas un risque direct dans la mesure où celui-ci n'a pas nécessairement pour effet d'engendrer des contraintes supplémentaires. L'équilibre représente toutefois une condition à risque qui peut mener à une blessure. Si un incident survient quand le manutentionnaire se retrouve sur un pied ou si l'action de compensation de son bassin ne correspond pas à l'évaluation qu'il a faite du poids de la charge, il augmente ses probabilités de perdre l'équilibre et de se blesser, conséquence des mouvements correctifs rapides qu'il doit effectuer pour préserver son équilibre.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES FUTURES

Ce travail a permis d'apporter certains éléments de réponse à des questions méthodologiques posées par le développement d'une stratégie d'observation. Il a aussi permis d'identifier des variables d'observation ayant un impact sur l'équilibre et l'asymétrie. Voici donc les principales recommandations que l'on peut formuler suite à cette recherche. Nous avons également inclus des commentaires sur le travail à poursuivre.

A. Recommandations concernant les questions méthodologiques

- Si les critères d'observation sont définis de façon très précise, l'expérience de l'observateur n'est pas un enjeu majeur en terme de fiabilité.
- L'élaboration d'une formation adéquate portant sur les critères d'observation est essentielle et constitue une clé importante pour assurer de bons taux de reproductibilité, quelque soit l'expérience des observateurs.

- Une période de pratique post-formation, bien qu'elle n'ait pas d'effet important sur la fiabilité, peut être envisagée pour améliorer l'efficacité de la saisie.

Une des principales conclusions de la revue de littérature réalisée en début de projet concernait la grande variabilité du découpage des variables, particulièrement pour la posture. Nous souhaitons alors une plus grande uniformité dans le découpage, du moins pour les variables les plus souvent observées comme la flexion sagittale au dos, afin de faciliter les interprétations et les comparaisons entre les études. Or, notre étude a pu mettre en évidence l'effet de l'interaction entre le matériel observé et le découpage adopté sur la fiabilité des données. Voici des recommandations qui en découlent :

- Une standardisation stricte des grilles au niveau du découpage des variables d'observation n'apparaît pas souhaitable. La recherche d'une plus grande homogénéité demeure toutefois un objectif à poursuivre.
- Le découpage des variables d'observation doit tenir compte davantage du matériel à observer. D'une part, pour mieux en traduire la réalité et, d'autre part, pour assurer la meilleure fiabilité possible, i.e. éviter les problèmes de zones frontières.
- Le matériel à observer devrait être testé. Par l'utilisation d'une échelle de confiance, il est possible de demander aux observateurs de faire cette évaluation. Les principales difficultés à anticiper pourront ainsi être identifiées.

B. Recommandations concernant les variables d'observation

Pour cette portion de l'étude, nous avons été en mesure de recueillir des données pour lesquelles nous pouvons déjà formuler des recommandations suffisamment précises alors que pour d'autres, de nouvelles analyses seront nécessaires afin d'en arriver à tirer des conclusions claires. Dans un premier temps, nous allons donc présenter des recommandations qui ont trait à l'observation de l'équilibre et de l'asymétrie de posture. Nous sommes conscients que la capacité d'utilisation (*usability*) de ces variables dans un contexte réaliste de travail demande à être testée. Finalement, nous allons mentionner quelques perspectives futures de recherche à envisager pour poursuivre ce travail.

Équilibre :

- Connaître la répartition du poids dans la base d'appui doit être le point de départ pour évaluer l'équilibre. Trois variables doivent être utilisées soit le nombre de pieds en contact avec le sol, le recours à un appui principal et la position du dos.
- Par la suite, une série d'observations doit porter sur la position de la charge par rapport au sujet en terme de distance, mais aussi en terme de déportation latérale.
- En complément à ces observations, on pourrait considérer l'ajout de variables d'indice de difficulté (ex. : travail de stabilisation des pieds).

Asymétrie posturale :

- La position des épaules – qui ouvre de nouvelles perspectives d'observation pour cet élément – et la position des mains sur la charge constituent des clés d'observation intéressantes.
- Les observations devraient être concentrées à la prise et au dépôt, moments où les plus grandes concessions au niveau postural sont consenties pour contrôler la charge et qui sont potentiellement source d'asymétrie.

Perspectives futures de recherche :

- La proposition d'une grille d'observation opérationnelle n'a pas été faite dans le cadre de cette thèse. Pour ce faire, il faut arriver à simplifier la stratégie d'observation actuelle et surtout à mieux la situer dans un contexte d'utilisation. Ce dernier point implique un jugement de pertinence sur ce qui doit être observé à un moment particulier. Par exemple, dans la tâche étudiée, les hauteurs de prise et de dépôt étaient différentes, la prise faisant parfois apparaître des difficultés particulières puisque la plate-forme était plus basse. Une simple inversion des lieux de prise et de dépôt aurait eu pour effet de donner une importance accrue au dépôt.
- Des comparaisons entre certaines observations et les mesures biomécaniques qui évaluent les contraintes au dos sont à faire. Ces analyses apparaissent pertinentes entre autres pour les variables d'indice de difficulté pour lesquelles nous n'avons pas obtenu de résultats concluants pour la validité concourante. On chercherait à savoir

comment se traduit par exemple une bascule soudaine de la charge au niveau des moments au dos.

- Des comparaisons similaires pourraient être faites pour les variables d'état. Cependant, comme l'ont révélé des études antérieures, la manutention est une activité aux exigences considérables pour laquelle les manutentionnaires doivent gérer des problèmes potentiellement conflictuels. Des situations de compromis sont donc à envisager. À cet égard, certains manutentionnaires nous disent quelques fois se retrouver dans un état d'équilibre précaire afin d'en tirer profit (ex. : réduction des efforts). On peut donc penser qu'un certain nombre de situations déséquilibrantes pourraient être bénéfique pour le dos, à condition bien entendu qu'aucun incident ne survient. Au contraire, d'autres déséquilibres peuvent ne présenter aucun avantage et même se traduire par des efforts supplémentaires au niveau lombaire. Il faut donc identifier certains de ces compromis favorables pour lesquels il serait intéressant d'analyser les moments résultants au dos et de les comparer à d'autres situations déséquilibrantes qui apparaissent ne présenter aucun avantage.

CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude montrent que l'équilibre d'une personne qui effectue une tâche de manutention peut être affecté par plusieurs facteurs que nous sommes en mesure de pouvoir observer de façon fiable et valide, particulièrement aux moments où la charge est prise et déposée. En particulier, le nombre d'appuis au sol, la répartition du poids dans la base d'appui, la position de la charge et des pieds de même que l'action de compensation du bassin sont des éléments qui ont un impact significatif sur l'équilibre. Même si le contexte de manutention semble jouer un rôle sur les associations constatées, l'impact de ce qui est observé est toujours en lien avec les hypothèses avancées et le fait de regrouper des variables en modules apparaît atténuer cet effet de contexte. Ces modules ont souvent permis d'améliorer la relation avec l'équilibre et il apparaît pertinent de considérer ces combinaisons de variables.

Pour ce qui est de l'asymétrie, l'orientation des épaules par rapport au bassin, l'inclinaison du dos, le parallélisme des épaules avec le sol et la position des mains sur la charge sont des facteurs qui sont significativement associés à la mesure biomécanique d'asymétrie à la prise. Le fait de ne pas constater de relations similaires au dépôt, qui se faisait en hauteur, suggère que l'inclinaison du dos couplée aux autres éléments peut être une clé dans l'explication des efforts asymétriques. Des regroupements de variables en modules, comme pour l'équilibre, sont à envisager. Le parallélisme des épaules avec le sol est une observation qui s'est avérée facile à faire, contrairement à l'orientation des épaules par rapport au bassin, et pourrait être considérée dorénavant pour l'évaluation de l'asymétrie.

La présente étude montre que l'observation peut mener à l'obtention de résultats fiables et valides dans la mesure où certaines conditions sont rencontrées. L'expérience des observateurs et des périodes de pratique supplémentaires n'ont pas eu beaucoup d'impact sur les résultats d'observation. Par contre, la formation donnée, les critères d'observation utilisés et le mode de découpage des variables d'observation en classes sont des facteurs à prendre en compte pour assurer une performance optimale du processus d'observation. Les problèmes de zones frontières, où une observation se trouve à la limite entre deux classes d'observation, représentent une préoccupation importante en observation et dépendent du matériel qui est à observer. Nos résultats tant de fiabilité que de validité interne ont été plus faibles pour les observations effectuées pendant les phases comparativement aux moments de prise et de dépôt. De fait, les valeurs biomécaniques moyennes ont montré de faibles écarts entre les classes d'observation utilisées, ce qui suggère des difficultés de zones frontières. Les observateurs se sont avérés capables d'identifier les problèmes d'observation qu'ils éprouvaient et cette compétence peut être utile à l'évaluation du niveau de difficulté du matériel d'observation. L'utilisation d'une échelle de confiance représente une façon simple d'évaluer tant les problèmes associés au matériel que ceux rencontrés par les observateurs.

Originalité

Les travaux de cette thèse ont une portée tant pratique que méthodologique. À l'origine prévu pour évaluer un programme de formation à la manutention, ce projet a été élargi pour prendre en compte l'analyse plus large des situations de manutention. La contribution de cette étude à l'avancement des connaissances peut se définir ainsi :

- Une meilleure compréhension et une identification plus facile par observation de facteurs qui ont un impact sur certaines conditions à risque en manutention;
- Construction d'une structure d'observation où plusieurs catégories de variables sont identifiées et où des regroupements de variables sont effectués pour faciliter l'interprétation;
- Élaboration d'une stratégie de comparaison entre des observables ergonomiques et des mesures biomécaniques. Amélioration de l'interface entre ces deux types de données. Montre le potentiel d'une collaboration entre les deux disciplines dans l'analyse des situations de travail;
- Un élargissement des objets d'observation à des variables cinématiques (ex. : accélération de charge, vitesse de déplacement des appuis), peu observées actuellement. Identification, en collaboration avec des biomécaniciens, de mesures biomécaniques qui permettent de valider ces observations;
- Une progression de notre compréhension des facteurs qui influencent le processus d'observation, un outil de recueil de données grandement utilisé dans la communauté des ergonomes.

RÉFÉRENCES

- Adams, M.A. (1980). *The mechanical properties of lumbar intervertebral joints with special reference to the causes of low back pain* [PhD Thesis]. London, Polytechnic of Central London.
- Adams, M.A. (1996). Biomechanics of low back pain. *Pain Reviews*, 3, 15-30.
- Adams, M.A., & Hutton, W.C. (1981). The relevance of torsion to the mechanical derangement of the lumbar spine. *Spine*, 6, 241-248.
- Adams, M.A., & Hutton, W.C. (1983). The mechanical function of the lumbar apophyseal joints. *Spine*, 8, 327-330.
- Anderson, C.K., & Chaffin, D.B. (1986). A biomechanical evaluation of five lifting techniques. *Applied Ergonomics*, 17, 2-8.
- Andersson, G.B.J. (1981). Epidemiological aspects on low-back pain in industry. *Spine*, 6, 53-60.
- Andrews, D.M., Norman, R.W., Wells, R.P., & Neumann, P. (1997). The accuracy of self-report and trained observer methods for obtaining estimates of peak load information during industrial work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 445-455.
- Amalberti, R., de Montmollin, M., & Theureau, J. (1991). *Modèles en analyse du travail*. Liège: Mardaga, 346 pp.
- Armstrong, R.B., Warren, G.L., & Warren, J.A. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Journal of Sport Medicine*, 12, 184-207.

- Authier, M. (1996). Analyse ergonomique des stratégies de manutentionnaires experts et novices. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- Authier, M. & Lortie, M. (1995). Y a-t-il une bonne méthode de manutention? Le point de vue de manutentionnaires experts. *Travail et Santé*, 11, s.2-s.5.
- Authier, M. & Lortie, M. (1993). Assessment of factors considered to be important in handling tasks by expert handlers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 11, 331-340.
- Authier, M., Lortie, M., & Gagnon, M. (1996a). Handling techniques: the influence of weight and height for experts and novices. *Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1, 262-275.
- Authier, M., Lortie, M., & Gagnon, M. (1996b). Manual handling techniques : Comparing novices and experts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 419-429.
- Baty, D., Buckle, P.W. & Stubbs, D.A. (1986). *Posture recording by direct observation, questionnaire assessment and instrumentation: a comparison based on a recent field study*. In: The ergonomics of working postures. Taylor and Francis, pp. 275-284.
- Baril-Gingras, G. & Lortie, M. (1990). L'observation en ergonomie : comment s'assurer de la reproductibilité des données? In: *Proceedings of SELF 26th Annual Meeting*, 23-26.
- Baril-Gingras, G. & Lortie, M. (1995). The handling of objects other than boxes : Univariate analysis of handling techniques in a large transport company. *Ergonomics*, 38, 905-925.
- Barnes, M.M. (1950). *Motion and time study* (3rd ed.). Chapman & Hall, 559 p.
- Bently, T.A. & Haslam, R.A. (1997). Interviews with slip, trip and fall accident involved postal delivery employees. In : Seppälä, P., Luopajarvi, T., Nygard, C.H., mattila, M. (Eds.), *Proceedings of the 13th triennial Congress of the IEA*, vol. 3, Tampere, pp. 359-361.

- Braam, I.Th.J., van Dormolen, M., & Frings-Dresen, M.H.W. (1996). The work load of warehouse workers in three different working systems. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 469-480.
- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D., & Moir, S. (1996). PATH : A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work. *Applied Ergonomics*, 27, 177-187.
- Burdorf, A. (1992a). Exposure assessment of risk factors for disorders of the back in occupational epidemiology. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 18, 1-9.
- Burdorf, A. (1992b). Sources of variance in exposure to postural load on the back in occupational groups. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 18, 361-367.
- Burdorf, A. (1995). Reducing random measurement error in assessing postural load on the back in epidemiologic surveys. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21, 15-23.
- Burdorf, A., Govaert, G., & Elders, L. (1991). Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated concrete elements. *Ergonomics*, 34, 909-918.
- Burdorf, A., Derksen, J., Naaktgeboren, B., & Van Riel, M. (1992). Measurement of trunk bending during work by direct observation and continuous measurement. *Applied Ergonomics*, 23, 263-267.
- Burt, S. & Punnett, L. (1999). Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study. *Applied ergonomics*, 30, 121-135.

- Burton, A.K., Tillotson, K.M., & Boocock, M.G. (1994). Estimation of spinal loads in overhead work. *Ergonomics*, 37, 1311-1321.
- Bush-Joseph, C., Schipplein, O.D., Andersson, G.B.J., & Andriacchi, T.P. (1988). Influence of dynamic factors on the lumbar spine moment in lifting. *Ergonomics*, 31, 211-216.
- Carrasco, C., Coleman, N., Healey, S., & Lusted, M. (1995). Packing products for customers : An ergonomics evaluation of three supermarket checkouts. *Applied Ergonomics*, 26, 101-108.
- Chavalitsakulchai, P., & Shahnavaz, H. (1993). Ergonomics method for prevention of the musculoskeletal discomfort among female industrial workers : Physical characteristics and work factors. *Journal of Human Ergology*, 22, 95-113.
- Chen, J.-G., Peacock, J.B., & Schlegel, R.E. (1989). An observational technique for physical work stress analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 3, 167-176.
- Christensen, H., Pedersen, M. B., & Sjogaard, G. (1995). A national cross-sectional study in the Danish wood and furniture industry on working postures and manual materials handling. *Ergonomics*, 38, 793-805.
- Cicchetti, D.V. & Feinstein, A. (1990). High agreement but low kappa : II. Resolving the paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43, 551-558.
- Cohen, H., 1960, A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Commissaris, D.A.C.M. & Toussaint, M. H. (1997). Load knowledge affects low-back loading and control of balance in lifting tasks. *Ergonomics*, 40, 559-575.

- Corlett, E.N., Madeley, S.J., & Manenica, I. (1979). Posture targetting : A technique for recording working postures. *Ergonomics*, 22, 357-366.
- Damlund, M., Goth, S., & Munk, K. (1986). Low back strain in Danish semi-skilled construction work. *Applied Ergonomics*, 17, 31-39.
- Daniellou, F. (1992). *Le statut de la pratique et des connaissances en ergonomie*. Thèse d'habilitation. Toulouse, Université le Mirail.
- Delisle, A. (1996). Analyse biomécanique de modes opératoires typiques d'experts et novices en manutention : simulation par des novices. Thèse de doctorat. Université de Montréal.
- Delisle, A., & Gagnon, M. (1995). Segmental dynamic analysis when throwing loads. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 16, 9-21.
- Delisle, A., Gagnon, M., & Desjardins, P. (1996a). Handgrip and box tilting strategies : effect on stability and trunk and knee efforts. *International Journal of Occupational Safety and ergonomics*, 2, 109-118.
- Delisle, A., Gagnon, M., & Desjardins, P. (1996b). An approach to estimate workers' stability in manual materials handling. *Proceedings of the 9th Biennial Conference of the Canadian Society for Biomechanics*, Burnaby, British Columbia, Canada, pp. 76-77.
- Delisle, A., Gagnon, M., & Desjardins, P. (1998). Knee flexion and base of support in asymmetrical handling: effects on the worker's dynamic stability and the moments of the L5/S1 and knee joints. *Clinical Biomechanics*, 13, 506-514.
- de Looze, M.P., Toussaint, H.M., Ensink, J., & Magnus, C. (1994). The validity of visual observation to assess posture in a laboratory-simulated, manual material handling task. *Ergonomics*, 37, 1335-1343.

- de Montmollin, M. (1984). *L'intelligence de la tâche: Eléments d'ergonomie cognitive*. Berne: Editions Peter Lang SA. 183 pp.
- Denis, D., Lortie, M. & Rossignol, M. (2000). Observation procedures characterizing occupational physical activities : critical review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, (In press).
- Desjardins, P. & Gagnon, M. (2000). A large platform for human displacements. 20th Congress of the Société de biomécanique combined with 21th Congress of the Canadian Society of Biomachanics, August, Montréal.
- Doormaal, M.T.A.J., Driessen, A.P.A., Landeweerd, J.A., & Drost, M.R. (1995). Physical workload of ambulance assistants. *Ergonomics*, 38, 361-376.
- Drury, C.G. (1985a). Influence of restricted space on manual materials handling. *Ergonomics*, 28, 167-175.
- Drury, C.G. (1985b). The role of the hand in manual materials handling. *Ergonomics*, 28, 213-227.
- Drury, C.G., Law, C-H., & Pawenski, C.S. (1982). A survey of industrial box handling. *Human Factors*, 24, 553-565.
- Eastman Kodak Company. Human Factor Section. Ergonomic design for people at work, Volume 1. Lifetime Learning Publications, California, 406 pp.
- Edwards, R.H.T. (1988). Hypotheses of peripheral and central mechanisms underlying occupational muscle pain and injury. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 275-281.

- Engels, J.A., Landeweerd, J.A., Kant, Y. (1994a). An OWAS-based analysis of nurses' working postures. *Ergonomics*, 37, 909-919.
- Engels, J.A., van der Gulden, J.W.J., Senden, T.F., Hertog, C.A.W.M., Kolk, J.J., & Binkhorst, R.A. (1994b). Physical work load and its assessment among the nursing staff in nursing homes. *Journal of Medicine*, 36, 338-345.
- Engström, T., & Medbo, P. (1997). Data collection and analysis of manual work using video recording and personal computer techniques. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 291-298.
- Feinstein, A. & Cicchetti, D.V. (1990). High agreement but low kappa : I. The problems of two paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43, 543-549.
- Flash, T. & Hogan, N. (1985). The coordination of arm movements: an experimentally confirmed mathematical model. *Journal of Neuroscience*, 7, 1688-1703.
- Foreman, T.K., Davies, J.C., & Troup, J.D.G. (1988). A postural and activity classification system using a micro-computer. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2, 285-289.
- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, I., & Winkel, J. (1995). A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Applied Ergonomics*, 26, 93-100.
- Frings-Dresen, M.H.W., Kempert, H.C.G., Stassen, A.R.A., Crolla, I.F.A.M., & Markslag, A.M.T. (1995). The daily work load of refuse collectors working with three different collecting methods : A field study. *Ergonomics*, 38, 2045-2055.
- Gagnon, D. & Gagnon, M. (1993). The role of the general motion principles in asymmetrical lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 289-300.

- Gagnon, M., Plamondon, A. & Gravel, D. (1993). Pivoting with the load: an alternative for protecting the back in asymmetrical lifting. *Spine*, 18, 1515-1524.
- Gallagher, S., Hamrick, C.A., Love, A.C. & Marras, W.S. (1994). Dynamic biomechanical modelling of symmetric and asymmetric lifting tasks in restricted postures. *Ergonomics*, 37, 1289-1310.
- Genaidy, A.M., Simmons, R.J., Guo, L., & Hidalgo, J.A. (1993). Can visual perception be used to estimate body part angles ? *Ergonomics*, 36, 323-329.
- Goel, V.K., Voo, L.M., Weinstein, J.N., Liu, Y.K., Okuma, T., & Hjus, G.O. (1986). Response of the ligamentous lumbar spine to cyclic bending loads. *Spine*, 13, 294-300.
- Gordon, S.J., King, H.Y., Mayer, P.J., Mace, A.H., Kish, V.L. & Rading, E.L. (1991). Mechanism of disc rupture. A preliminary report. *Spine*, 16, 450-456.
- Grant, K.A., & Habes, D.J. (1995). An analysis of scanning postures among grocery cashiers and its relationship to checkstand design. *Ergonomics*, 38, 2078-2090.
- Grant, K.A., Habes, D.J., & Tepper, A.L. (1995). Work activities and musculoskeletal complaints among preschool workers. *Applied Ergonomics*, 26, 405-410.
- Gravel, D., Gagnon, M., Plamondon, A., & Desjardins, P. (1992). Maximal axial rotation moment of trunk muscles as related to flexion and rotation angles of torso. In *Book of Abstracts of the Eight Meeting of the European Society of Biomechanics* (p.290). Roma.
- Gunzburg, R., Hutton, W., Fraser, R. (1991). Axial rotation of the lumbar spine and the effect of flexion. *Spine*, 16, 22-28.

- Hägg, G.M., Öster, J., & Byström, S. (1997). Forearm muscular load and wrist angle among automobile assembly line workers in relation to symptoms. *Applied Ergonomics*, 28, 41-47.
- Harber, P., Shimozaki, S., Gardner, G., Billet, E., Vojtecky, M., & Kanim, L. (1987). Importance of non-patient transfer activities in nursing-related back pain : II. Observational study and implications. *Journal of Occupational Medicine*, 29, 971-974.
- Harber, P., Billet, E., Shimozaki, S., & Vojtecky, M. (1988). Occupational back pain of nurses : Special problems and prevention. *Applied Ergonomics*, 19, 219-224.
- Harber, P., Bloswick, D., Pena, L., Beck, J., Lee, J., Baker, D. (1992). The ergonomic challenge of repetitive motion with varying ergonomic stresses : Characterizing supermarket checking work. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 34, 518-528.
- Hignett, S. (1996). Postural analysis of nursing work. *Applied Ergonomics*, 27, 171-175.
- Hildebrant, V.H. (1987). A review of epidemiological research on risk factors of low back pain. In : *Musculoskeletal disorders at work*, 9-16.
- Holbein, M.A. & Chaffin, D.B. (1997). Stability limits in extreme postures : effects of load positioning, foot placement, and strength. *Human factors*, 39, 456-468.
- Holbein, M.A. & Redfern, M.S. (1997). Functional stability limits while holding loads in various positions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 387-395.
- Imbeau, D., Montpetit, Y., Desjardins, L., Riel, P., & James, D.A. (1998). Handling of fiberglass extension ladders in the work of telephone technicians. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22, 177-194.

Jäger, M. & Luttmann, A. (1992). The load of the lumbar spine during asymmetrical bimanual material handling. *Ergonomics*, 35, 783-805.

Jackson, R.P. (1992). The facet syndrome: myth or reality ?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 279, 110-121.

Johansson, J.A., Kadefors, R., Rubenowitz, S., Klingenstierna, U., Lindström, I., Engström, T., & Johansson, M. (1993). Musculoskeletal symptoms, ergonomic aspects and psychosocial factors in two different truck assembly concepts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 35-48.

Kant, I., Notermans, J.H.V., & Borm, P.J.A. (1990). Observations of working postures in garages using the Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) and consequent workload reduction recommendations. *Ergonomics*, 33, 209-220.

Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry : A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8, 199-201.

Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P., & Vepsäläinen, P. (1981). Observing working postures in industry : Examples of OWAS application. *Applied Ergonomics*, 12, 13-17.

Karlqvist, L., Winkel, J., & Wiktorin, C. (1994). Direct measurements and systematic observations of physical workload among medical secretaries, furniture removers and male and female reference populations. *Applied Ergonomics*, 25, 319-326.

Keyserling, W.M. (1986). Postural analysis of the trunk and shoulders in simulated real time. *Ergonomics*, 29, 569-583.

Kerserling, W.M., & Wittig, S.J. (1988). An Analysis experts' ratings of ergonomics stress. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2, 291-304.

- Keyserling, W.M. (1990). Computer-aided posture analysis of the trunk, neck, shoulders and lower extremities. In W. Karwowski, A.M. Genaidy & S.S. Asfour (eds.), *Computer-aided ergonomic* (pp. 261-272). London : Taylor & Francis.
- Keyserling, W.M., Brouwer, M., & Silverstein, B.A. (1993). The effectiveness of a joint labor-management program in controlling awkward postures of the trunk, neck, and shoulders : Results of a field study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 11, 51-65.
- Kelsey, J.L., Githens, P.B., White, A.A., Holford, T.R., Walter, S.D., O'Connor, T. (1984). An epidemiologic study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disk. *Journal of Orthopaedic Research*, 2, 61-66.
- Kilbom, A. (1994). Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders : What information can be obtained from systematic observation ? *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 20, 30-45.
- Kirby, R.L., Price, N.A. & MacLeod, D.A. (1987). The influence of foot position on standing balance. *Journal of Biomechanics*, 20, 423-427.
- Kivi, P., & Mattila, M. (1991). Analysis and improvement of work postures in the building industry : Application of the computerised OWAS method. *Applied Ergonomics*, 22, 43-48.
- Koozekanani, S.H., Stockwell, C.W., McGee, R.B. & Firoozmand, F. (1980). On the role of dynamic models in quantitative posturography. *IEEE Transactions in Biomedical Engineering*, 27, 605-609.
- Kumar, S., Mital, A., Garand, D., & Persad, A. (1993). Operator stress in palletizing tasks with restricted access and headroom. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 153-162.

- Kumar, S. (1980). Physiological responses to weight lifting in different planes. *Ergonomics*, 23, 987-993.
- Kumar, S. (1994). The epidemiology and functional evaluation of low-back pain: a literature review. *European Journal of Physical Medecine and Rehabilitation*, 4, 15-25.
- Kuorinka, I., Lortie, M., & Gautreau, M. (1994). Manual handling in warehouses : The illusion of correct working postures. *Ergonomics*, 37, 655-661.
- Larivière, C. & Gagnon, D. (1999). The influence of trunk modelling in 3D biomechanical analysis of simple and complex lifting tasks. *Clinical Biomechanics*, 14, 449-461.
- Lavender, S.A., Mirka, G.A., Schoenmarklin, R.W., Sommerich, C.M., Sudhakar, L.R., & Marras, W.S. (1989). The effects of preview and task symmetry on trunk muscle response to sudden loading. *Human factors*, 31, 101-115.
- Lawrence, V.A., Tugwell, P., Gafni, A., Kosuwon, W., & Spitzer, W.O. (1992). Acute low back pain and economics of therapy: the iterative loop approach. *Journal of Clinical Epidemiology*, 45, 301-311.
- Leamon, T.B. and Murphy, P.L. (1995). Occupational slips and falls: more than a trivial problem. *Ergonomics*, 38, 487-498.
- Leplat, J. (1993). *L'analyse du travail en psychologie ergonomique: recueil de textes*. Tome 2, Octares Editions, 401 pp.
- Leskinen, T., Hall, C., Rauas, S., Ulin, S., Tönnies, M., Viikari-Juntura, E., & Takala, E-P. (1997). Validation of Portable Ergonomic Observation (PEO) method using optoelectronic and video recordings. *Applied Ergonomics*, 28, 75-83.

- Ljungberg, A-S., Kilbom, & A., Hägg, G.M. (1989). Occupational lifting by nursing aides and warehouse workers. *Ergonomics*, 32, 59-78.
- Lortie, M. (1986). Analyse du travail de manutention de patients par des aides-soignants dans un hôpital pour soins prolongés. *Le Travail humain*, 49, 315-332.
- Lortie, M., Lamonde, F., Collingue, C. & Tellier, C. (1996). Analyse des accidents associés au travail de manutentionnaires sur les quais dans le secteur transport. *Le travail humain*, 59, 187-205.
- Lortie, M. & Pelletier, R. (1996). Incidents in manual handling activities. *Safety Science*, 21, 223-237.
- Louhevaara, V., Hakola, T., & Ollila, H. (1990). Physical work and strain involved in manual sorting of postal parcels. *Ergonomics*, 33, 1115-1130.
- Magnusson, M., & Örtengren, R. (1987). Investigation of optimal table height and surface angle in meatcutting. *Applied Ergonomics*, 18, 146-152.
- Magora, A. (1973). Investigation of the relation between low back pain and occupation. IV. Physical requirements: bending, rotation, reaching and sudden maximal effort. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 5, 186-190.
- Malchaire, J.B., & Rezk-Kallah, B. (1991). Evaluation of the physical work load of bricklayers in the steel industry. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 17, 110-116.
- Manning, D.P., Mitchell, R.G. & Blanchfield, L.P. (1984). Body movements and events contributing to accidental and nonaccidental back injuries. *Spine*, 9, 734-739.

- Manning, D.P., Ayers, I., Jones, C., Bruce, M., & Cohen, K. (1988). The incidence of underfoot accidents during 1985 in a working population of 10,000 Meyerside people. *Journal of Occupational Accident*, 10, 121-130.
- Marras, W.S., & Mirka, G.A. (1989). Trunk strength during asymmetric trunk motion. *Human factors*, 31, 667-677.
- Marras, W.S., Rangarajulu, S.L. & Lavender, S.A. (1987). Trunk loading and expectation. *Ergonomics*, 30, 551-562.
- Mattila, M., Karwowski, W., & Vilkki, M. (1993). Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. *Applied Ergonomics*, 24, 405-412.
- McAtamney, L., & Corlett, E.N. (1993). RULA : A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- McGill, S.M., & Norman, R.W. (1985). Dynamically and statically determined low back moments during lifting. *Journal of Biomechanics*, 18, 877-885.
- Mital, A. & Kromodihardjo, S. (1986). Kinetic analysis of manual lifting activities: part II- Biomechanical analysis of task variables. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1, 91-101.
- Nieves Serratos-Perez, J., & Mendiola-Anda, C. (1993). Musculoskeletal disorders among male sewing machine operators in shoemaking. *Ergonomics*, 36, 793-800.
- Niskanen, T. & Lanttamäki, J. (1989). Accidents in materials handling at building construction sites. *Journal of Occupational Accidents*, 11, 1-17.

- Oddsson, L.I.E. (1990). Control of voluntary trunk movements in man-mechanisms for postural equilibrium during standing. *Acta Physiol. Scand.*, 140 (Sup. 595), 1-60.
- Ombredane, A., & Faverge, J.M. (1955). *L'analyse du travail*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Paul, J.A. and Douwes, M., 1993, Two-dimensional photographic posture recording and description : a validity study, *Applied Ergonomics*, **24**, 83-90.
- Pinzke, S. (1994). A computerised system for analysing working postures in agriculture. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 13, 307-315.
- Pope, M.H. (1989). Risk indicators in low back pain. *Annals of Medicine*, 21, 287-392.
- Plamondon, A., Gagnon, M. & Gravel, D. (1995). Moments at the L5/S1 joint during asymmetrical lifting : effects of different load trajectories and initial positions. *Clinical Biomechanics*, 10, 128-136.
- Punnett, L., & Keyserling, W.M. (1987). Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: application and critique of job-site work analysis methods. *Ergonomics*, 30, 1099-1116.
- Punnett, L., Fine, L.J., Keyserling, W.M., Herrin, G.D., & Chaffin, D.B. (1991). Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 17, 337-346.
- Puranen-Nevala, N. (1995). Reduction of farmers' postural load during occupationally oriented medical rehabilitation. *Applied Ergonomics*, 26, 411-415.
- Régie Nationale des usines Renault. (1983). *Aide-mémoire d'ergonomie: Conception et réception des postes de travail* (2^e ed.). Vanves: Technic Imprim, 159 pp.

- Rohmert, W., & Landau, K. (1983). *A new technique for job analysis*. New York : Taylor & Francis Inc, 93 pp.
- Ryan, G.A. (1989). The prevalence of musculo-skeletal symptoms in supermarket workers. *Ergonomics*, 32, 359-371.
- Saari, J., & Wickström. G. (1978). Load on back in concrete reinforcement work. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 4, 13-19.
- Sasaki, T., Katahira, K., Sakaba, S. & Tsukahara, S. (1990). Foot-pressure and body sway under standing posture with motion of head and lumber. *Japanese Journal of Human Posture*, 10, 27-35.
- Schierhout, G.H., Myers, J.E., & Bridger, R. (1993). Musculoskeletal pain and workplace stressors in manufacturing industry in South Africa. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 3-11.
- Schneider, K. & Zernicke, R.F. (1989). Jerk-cost modulations during the practice of rapid arm movements. *Biol. Cybern.*, 60, 221-230.
- Scholz, J.P. (1993). Organizational principles for the coordination of manual squat lifting. *Human Movement Science*, 12, 427-459.
- Schultz, A.B., Andersson, G.B.J., Haderspeck, K., Ortengren, R., Nordin, M., & Bjork, R. (1982). Analysis and measurement of lumbar-trunk loads in tasks involving bends and twists. *Journal of biomechanics*. 15. 669-675.
- Scott, G.B., & Lambe, N.R. (1996). Working practices in a perchery system, using the OVAKO Working posture Analysing System (OWAS). *Applied Ergonomics*, 27, 281-284.

- Shirazi-Adl, A. (1989). Strain in fibers of a lumbar disc: Analysis of the role of lifting in producing disc prolapse. *Spine*, 14, 96-103.
- Stålhammar, H.R., Leskinen, T.P.J., Kuorinka, I.A.A., Gautreau, M.H.J., & Troup, J.D.G. (1986). Postural, epidemiological and biomechanical analysis of luggage handling in an aircraft luggage compartement. *Applied Ergonomics*, 17, 177-183.
- Strandberg, L. (1985). The effect of conditions underfoot on falling and overexertion accidents. *Ergonomics*, 28, 131-147.
- St-Vincent, M., Tellier, C., & Lortie, M. (1989). Training in handling : An evaluation study. *Ergonomics*, 32, 191-210.
- Takala, E.-P., & Kukkonen, R. (1987). The handling of patients on geriatric wards : A challenge for on-the-job training. *Applied Ergonomics*, 18, 17-22.
- Tanaka, T., Takeda, H., Izumi, T., Ino, S & Ifukube, T. (1999). Effects on the location of the centre of gravity and the foot pressure contribution to standing balance associated with ageing. *Ergonomics*, 42, 997-1010.
- Thomas, R.G., van Baar, C.E., & van der Stee, M.J. (1995). Baggage handling postures and the design of conveyors. *Applied Ergonomics*, 26, 123-127.
- Troup, J.D.G., Davis, J.C. & Manning, D.P. (1988). A model for the investigation of back injuries and manual handling problems at work. *Journal of Occupational Accidents*, 10, 107-119.
- Troup, J.D.G., Martin, J.W. & Lloyd, D.C.E.F. (1981). Back pain in industry. A prospective survey. *Spine*, 6, 61-69.

- Tuure, V-M. (1992). Determination of physical stress in agricultural work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 275-284.
- van der Beek, A.J., van Gaalen, L.C., & Frings-dresen, H.W. (1992). Working postures and activities of lorry drivers: A reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer. *Applied Ergonomics*, 23, 331-336.
- van der Beek, A.J., & Frings-Dresen, M.H.W. (1995). Physical workload of lorry drivers : A comparison of four methods of transport. *Ergonomics*, 38, 1508-1520.
- van der Beek, A.J., Kuiper, J.I., Dawson, M., Burdorf, A., Bongers, P.M., & Frings-Dresen, M.H.W. (1995). Sources of variance in exposure to nonneutral trunk postures in varying work situations. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21, 215-222.
- Van Dieën, J.H., & Oude Vrielink, H.H.E. (1994). Mechanical behaviour and strength of the motion segment under compression: Implications for the evaluation of physical work load. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, 293-305.
- van Wendel de Joode, B., Burdorf, A., & Verspuyl, C. (1997). Physical load in ship maintenance : Hazard evaluation by means of a workplace survey. *Applied Ergonomics*, 28, 213-219.
- Väyrynen, S. (1991). Short and long-term effects of a training program on work postures in rehabilitees : A pilot study of loggers suffering from back troubles. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 7, 103-109.
- Wickström, G., Laine, M., Pentti, J., Hyytiäinen, K., & Salminen, J.J. (1996). A video-based method for evaluation of low-back load in long-cycle jobs. *Ergonomics*, 39, 826-841.

- Wiktorin, C., Mortimer, M., Ekenvall, L., Kilbom, I., & Hjelm, E.W. (1995). HARBO, a simple computer-aided observation method for recording work postures. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21, 440-449.
- Winkel, J., & Westgaard, R.H. (1996). A model for solving work related musculoskeletal problems in a profitable way. *Applied ergonomics*, 27, 71-77.
- Winn Jr., F.J., Biersner, R.J., & Morrissey, S. (1996). Exposure probabilities to ergonomic hazards among miners. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18, 417-422.

ANNEXE 1

CRITÈRES D'OBSERVATION DES VARIABLES DE LA STRATÉGIE D'OBSERVATION

CRITÈRES D'OBSERVATION POUR LES MOMENTS DE PRISE ET DE DÉPÔT

Équilibre

Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Sagittal	Comptoir et porte	Variable d'état monocritère / continu

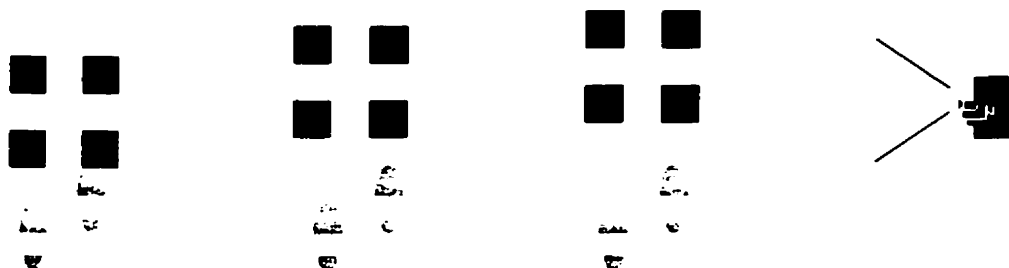
v1 Éloignement de la charge p/r à la base d'appui

- évaluer la distance qui sépare la pointe du pied du sujet et la surface de la charge qui est la plus près de ce dernier (surface plane, arête ou coin). Il faut déterminer si la charge est à une distance inférieure ou supérieure au $\frac{1}{3}$ de sa propre largeur dans le cas de la boîte et à la $\frac{1}{2}$ dans le cas du cylindre. Comme le dépôt se fait en hauteur, utiliser un transparent avec une ligne verticale pour voir où se situe la charge p/r à l'appui.
- Si le pied droit est devant: prendre ce pied comme point de repère.
- Si le pied gauche est devant: prendre ce pied comme point de repère.
- Si les pieds sont au même niveau (parallèle): prendre le pied droit comme point de repère.

Collée ou à l'intérieur

Intermédiaire : $< \frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{2}$ de sa propre largeur

Éloignée : $> \frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{2}$ de sa propre largeur



Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Frontal	Biomécanique et comptoir	Variable d'état monocritère / continu

v2 Symétrie de la charge p/r à la base d'appui

Pour les boîtes :

- évaluer la symétrie en observant la portion de la charge qui dépasse la limite extérieure latérales de la base d'appui. Il faut déterminer si la charge dépasse de plus ou moins du $\frac{1}{3}$ de sa propre largeur. Comme le dépôt se fait en hauteur, utiliser un transparent avec une ligne verticale pour voir où se situe la charge p/r à l'appui. Cette observation peut être difficile à réaliser au dépôt puisque le corps du sujet peut cacher la position exacte de la charge.

Intérieur [Centrée] : la charge est à l'intérieur des limites extrêmes latérales de la base d'appui.

Intérieur [Décentrée G] : la charge dépasse la limite extrême latérale gauche de la base d'appui, mais $< \frac{1}{3}$ de sa propre largeur.

Intérieur [Décentrée D] : la charge dépasse la limite extrême latérale droite de la base d'appui, mais $< \frac{1}{3}$ de sa propre largeur.

Extérieur [G] : la charge dépasse la limite extrême latérale gauche de la base d'appui de $> \frac{1}{3}$ de sa propre largeur.
 Extérieur [D] : la charge dépasse la limite extrême latérale droite de la base d'appui de $> \frac{1}{3}$ de sa propre largeur.

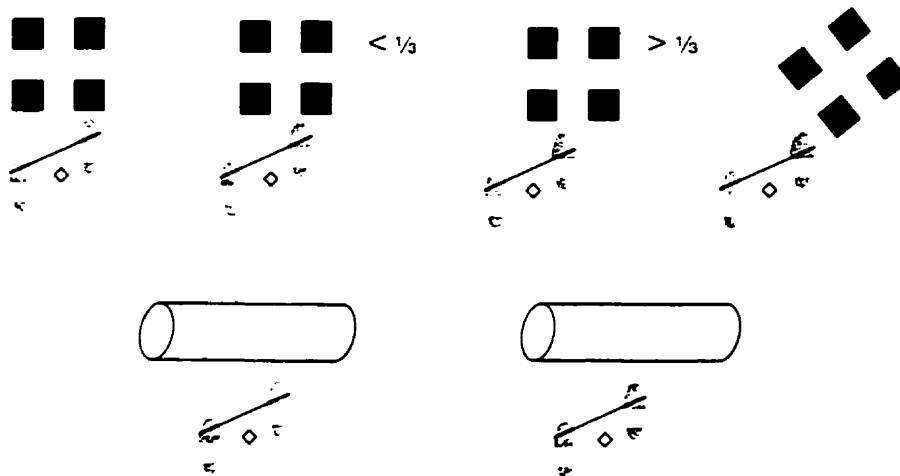
Pour le cylindre :

- évaluer la symétrie en observant les portions du cylindre qui dépassent respectivement à gauche et à droite des limites extrêmes latérales de la base d'appui.

Intérieur [Centrée] : les portions qui dépassent des limites extrêmes de la base d'appui sont proportionnelles.

Intérieur [Décentrée G] : la portion qui dépasse la limite extrême gauche de la base d'appui est plus importante que celle qui dépasse du côté droit et doit être équivalente au $\frac{1}{4}$ de la longueur du cylindre.

Intérieur [Décentrée D] : la portion qui dépasse la limite extrême droite de la base d'appui est plus importante que celle qui dépasse du côté gauche et doit être équivalente au $\frac{1}{4}$ de la longueur du cylindre.



Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt		Comptoir et mur	Variable d'état monocritère / discret

v3 Nombre de pied(s) en contact avec le sol

- on considère qu'un pied est en contact avec la surface lorsqu'il touche à cette dernière, sans considération de l'importance de ce contact (bout du pied, partiellement ou complètement à plat). Par contre, si le pied est en mouvement lors du soulèvement et que le contact avec le sol est difficile à établir, considérer ce pied comme n'étant pas en contact avec le sol. Demande parfois l'utilisation du vidéo.

Un: Gauche ☐ Droite ☐

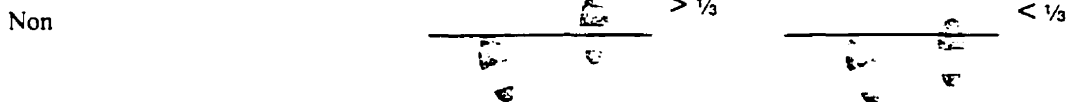
Deux

Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Sagittal	Comptoir et porte	Variable d'état monocritérié / continue

v4 Si les deux pieds sont au sol, un pied est-il devant l'autre

- un pied est considéré être devant l'autre lorsque $> \frac{1}{3}$ du pied qui est devant surpasse la pointe du pied qui est derrière.

Oui: Gauche ☐ Droite ☐



Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Sagittal et frontal	Comptoir et porte	Variable d'état multicritérié / discret

v5 Si les deux pieds sont au sol, utilisation d'un appui principal

- lorsque le poids du sujet n'est pas réparti également sur les deux pieds (ou appuis), on appelle «appui principal» le pied où le poids du sujet est le plus concentré. Pour voir si l'autre pied est stable à la prise, faire un arrêt sur image au code SMPTE correspondant à la prise et continuer au ralenti: on peut alors voir le pied bouger.

Non: les deux appuis sont à plat au sol, stables lors de la prise, **quasi ou parfaitement parallèles**.

Oui: cet appui est en avant de l'autre et à plat au sol. L'autre pied est derrière et ne supporte peu ou pas le poids du corps. Il peut:

- sans être libre, ne pas être encore stabilisé au moment de la prise, i.e. qu'il bouge encore;
- être partiellement en contact avec le sol, i.e. sur la pointe ou la plante des pieds;
- être à plat au sol, mais le sujet est fléchi vers l'avant pour saisir la charge.

 Gauche ☐ Droite ☐

Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise	Sagittal	Comptoir	Variable d'état monocritérié / continu

v6 Position du dos p/r à la base d'appui

2 pieds au sol :

- la position du dos s'établit en projetant une ligne droite à partir de marqueurs situés au milieu du dos du sujet jusqu'au sol: on évalue alors la position de cette projection p/r à la base d'appui. Il s'agit de diviser la base d'appui en trois parties d'égale grandeur (à l'avant, au centre et à l'arrière) et de situer où est le dos. Il faut d'abord trouver le milieu de la base d'appui, i.e. prendre le point milieu sur une ligne qui relie les deux points de contact les plus extérieurs (distant) sur chacun des pieds. Ce point est au centre de la base d'appui.

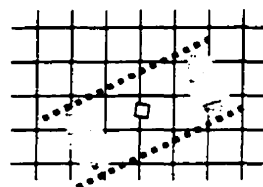
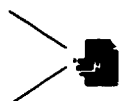
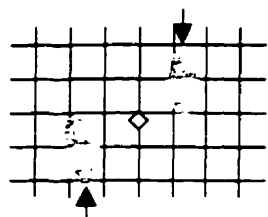
- Si le sujet est dans le même plan que la caméra: prendre le seul marqueur visible comme point de repère.
- Si le sujet est en position oblique p/r à la caméra: prendre le point milieu entre les deux marqueurs qui sont visibles. La projection s'évalue alors différemment: il s'agit de tenir compte du fait que la base d'appui n'est pas dans le même plan que la caméra. Faire l'évaluation la plus juste possible en fonction de l'angle de vision offert.

Intérieur [Avant]:

Intérieur [Centre]: le marqueur est à l'intérieur de la base d'appui, quasi ou complètement au milieu.

Intérieur [Arrière]:

Extérieur: le marqueur est à l'extérieur de la base d'appui.



1 pied au sol :

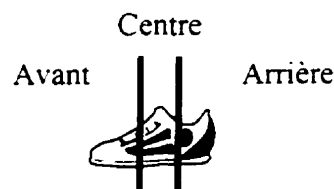
- la position du dos s'établit en projetant une ligne droite à partir du marqueur situé au milieu du dos du sujet jusqu'au sol: on évalue alors la position de cette projection p/r au pied qui est en contact avec la surface. Il s'agit de diviser le pied en trois parties d'égale grandeur (à l'avant, au centre et à l'arrière) et de situer où est le dos.
- Si le sujet est dans le même plan que la caméra: prendre le seul marqueur visible comme point de repère.
- Si le sujet est en position oblique p/r à la caméra: prendre le point milieu entre les deux marqueurs qui sont visibles. L'évaluation doit tenir compte du fait que le sujet est en position oblique et nécessite donc un jugement de la part de l'observateur.

Intérieur [Avant]

Intérieur [Centre]

Intérieur [Arrière]

Extérieur: le marqueur est à l'extérieur de la base d'appui.



Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Sagittal	Comptoir et porte	Variable de compensation monocritérié / continu

v7 Si les deux pieds sont au sol, position du bassin p/r à la base d'appui

- la position du bassin s'établit en projetant une ligne droite à partir de l'**arrière du bassin** (bout du fessier) jusqu'au sol: on évalue alors la position de cette projection p/r à la **limite arrière de la base d'appui** en fonction des lignes sur le plancher.

Si le sujet est dans le même axe que la caméra

- Si le pied droit est derrière: prendre le talon du pied droit comme point de repère.
- Si le pied gauche est derrière: prendre le talon du pied gauche comme point de repère.
- Si les pieds sont au même niveau (parallèle): prendre le talon du pied droit comme point de repère.

Si le sujet est en position oblique p/r à la caméra

- Prendre le milieu des fesses pour faire la projection.
- La limite arrière de la base d'appui s'évalue en fonction d'une ligne qui relie les deux talons.
- Plus les genoux sont fléchis, plus le sujet est susceptible de compenser avec son bassin et vice versa.

Intérieur: l'arrière du bassin (bout du fessier) est à l'intérieur de la base d'appui.
 Extérieur [Intermédiaire] : l'arrière du bassin est à < 1 carreau de la limite arrière de la base d'appui.
 Extérieur [Éloigné] : l'arrière du bassin est à > 1 carreau de la limite arrière de la base d'appui.

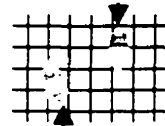
Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Sagittal	Comptoir et porte	Var. d'état et compensation monocritérié / continu

v8 Distance avant-arrière entre les pieds

2 pieds au sol :

- évaluer la distance entre les deux points de contact les plus distants en fonction des lignes sur le plancher.

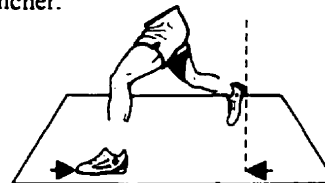
Rapproché : < 3 carreaux
 Intermédiaire : 3 à 4 carreaux
 Éloigné : > 4 carreaux



1 pied est au sol (l'écart avant-arrière entre la jambe libre et le pied en contact)

- la position de la jambe libre s'établit en projetant une ligne droite à partir du talon de la jambe libre (ou partie du pied la plus éloignée) jusqu'au sol: on évalue alors l'écart p/r au pied qui est en contact avec la surface. Établir la distance entre le point de cette projection et le point du pied en contact (au sol) qui est le plus distant en fonction des lignes sur le plancher.

Rapproché : < 4 carreaux
 Intermédiaire : 4 à 6 carreaux
 Éloigné : > 6 carreaux



Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Frontal	Biomécanique et comptoir	Var. d'état et compensation monocritérié / continu

v9 Largeur entre les pieds

2 pieds au sol :

- évaluer la largeur entre les deux points de contact les plus distants en fonction des lignes sur le plancher.

Rapproché : < 3 carreaux
 Intermédiaire : 3 à 4 carreaux
 Éloigné : > 4 carreaux



1 pied est au sol (écart en largeur entre la jambe libre et le pied en contact)

- la position de la jambe libre s'établit en projetant une ligne droite à partir du talon de la jambe libre jusqu'au sol: on évalue alors l'écart p/r au pied qui est en contact avec la surface. Établir la distance entre le point de cette projection et le point du pied en contact (au sol) qui est le plus distant en fonction des lignes sur le plancher.

Rapproché : < 4 carreaux
Intermédiaire : 4 à 6 carreaux
Éloigné : > 6 carreaux

Contrôle

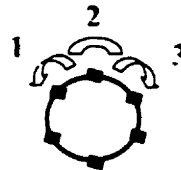
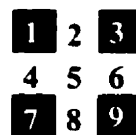
Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prise et dépôt</i>		<i>Comptoir / porte / biomec.</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v31 v32 Localisation des mains droite et gauche sur la charge

- la main est définie comme étant l'ensemble de la paume et de tous les doigts. La localisation de la main s'évalue en considérant l'endroit où se trouve la plus grande surface de cette dernière.
- Dans le cas d'une boîte: il faut déterminer où est la main sur les surfaces latérales de la boîte selon un code à neuf chiffres.
- Dans le cas du cylindre: il faut déterminer si la main est dans la partie avant (1), supérieure (2) ou dans la partie arrière du cylindre (3).

Main droite: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Main gauche: 1 2 3 4 5 6 7 8 9



Fluidité

Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prise</i>		<i>Comptoir</i>	<i>Variable d'état multicritérié / continu</i>

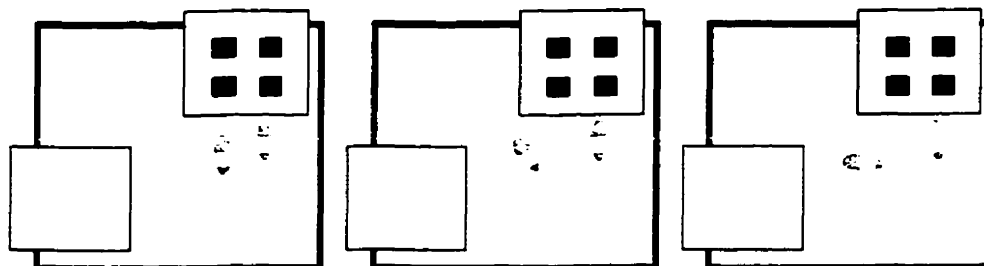
v39 Si les deux pieds sont au sol, orientation des pieds en direction du lieu de dépôt

- prendre la ligne sur le plancher qui est à la limite de la plate-forme de dépôt pour juger de l'orientation du pied gauche du sujet

Non: les pieds pointent vers la plate-forme de prise et/ou les pieds sont parallèles. Le sujet est face à la plate-forme de prise.

Oui [Peu]: les pieds sont décalés antéro-postérieurement et le pied gauche est à angle (ouvert), mais ne pointe pas encore suffisamment vers le dépôt, i.e. qu'il n'est pas parallèle à la ligne repère sur le plancher. Le sujet peut être en position oblique, mais pas de façon prononcée.

Oui [Beaucoup]: les pieds sont décalés antéro-postérieurement et le pied gauche pointe vers le dépôt, i.e. qu'il est parallèle ou quasi à la ligne repère sur le plancher. Le sujet est en position oblique. Le pied gauche doit être assez distant du droit, donc vraiment au niveau de la ligne repère.



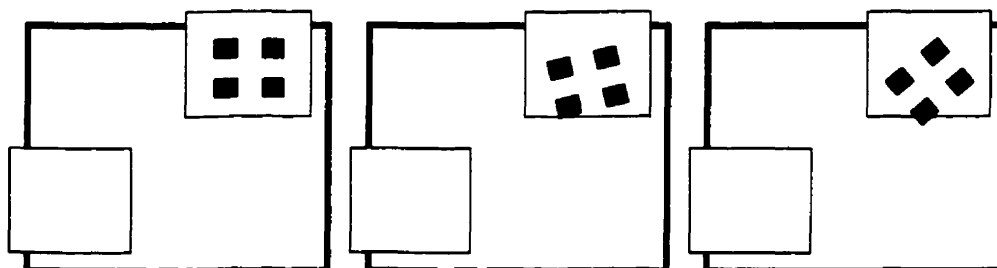
Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise		Comptoir / porte	Variable d'état multicritérié / continu

v40 Orientation de la charge vers le lieu de dépôt

Non: la charge n'est pas tournée par le sujet ou tournée dans le sens opposé.

Oui [Peu]: la charge est tournée légèrement, pas suffisamment pour qu'une des surfaces de la charge pointe en direction du lieu de dépôt.

Oui [Beaucoup]: la charge est tournée de telle sorte qu'une de ses surfaces est en ligne directe avec le dépôt, i.e. qu'elle pointe vers le dépôt.



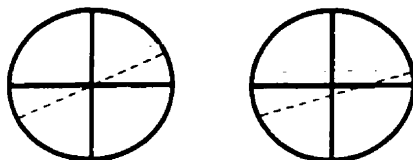
Asymétrie

Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Sagittal	Biomécanique et comptoir	Variable d'état multicritérié / continu

v45 Orientation des épaules p/r au bassin

- identifier les deux marqueurs situés dans le dos du sujet, à l'arrière des épaules (dans le haut des omoplates) ainsi que les deux marqueurs situés sur le côté extérieur des hanches, au niveau du maillot. Relier les marqueurs aux épaules et au bassin par une ligne et évaluer l'orientation d'une ligne p/r à l'autre.

Même axe: les épaules et le bassin du sujet suivent la même orientation ou quasi.
 Axe différent [Peu]: les épaules et le bassin du sujet ne suivent pas tout à fait la même orientation, i.e. que l'un est tourné p/r à l'autre.
 Axe différent [Beaucoup]: les épaules et le bassin du sujet ne sont clairement pas orientés dans la même direction, i.e. que l'un est tourné de façon marquée p/r à l'autre.



Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise	Sagittal	Comptoir	Variable d'état monocritérié / continu

v46 Inclinaison du dos

- prendre le rapporteur d'angle et mesurer l'inclinaison du dos en reliant par une ligne droite les marqueurs situés au niveau de l'omoplate et sur l'épicondyle latéral de l'humérus (au niveau de la hanche).

0 à 20°.
 20 à 45°
 > 45°

Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
Prise et dépôt	Vertical	Porte	Variable d'état monocritérié / continu

v47 Parallélisme des épaules p/r au sol

- prendre le rapporteur d'angle et mesurer l'inclinaison des épaules p/r au sol en reliant les 2 marqueurs situés dans le dos, à l'arrière des épaules (dans le haut des omoplates). La gauche et la droite s'évalue p/r au sujet.

0 à 10°.
 10 à 20°

Gauche ☐ Droite ☐

> 20°

Gauche ☐ Droite ☐

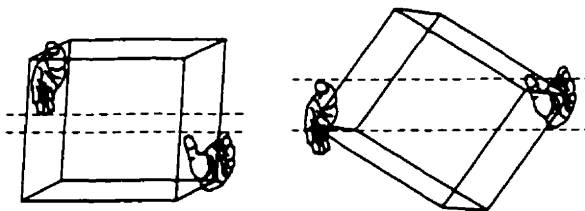
Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prise et dépôt</i>		<i>Porte et comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritère / continu</i>

v48 Hauteur des mains sur la charge

- si la charge n'est pas inclinée, la localisation des mains sur la charge devient un repère intéressant pour évaluer la hauteur respective des 2 mains.

Décalées: les mains ne sont clairement pas à la même hauteur, i.e. qu'une droite passant par le point supérieur de la main la plus basse ne rencontre pas la partie inférieure de la main la plus haute.

Vis-à-vis: les mains sont à la même hauteur (en ligne droite) ou légèrement décalées, i.e. que la partie supérieure de la main la plus basse rencontre la partie inférieure de la main la plus haute.



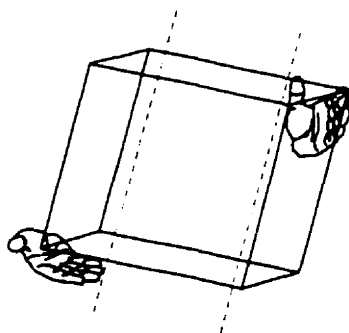
Moment	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prise et dépôt</i>		<i>Porte et comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritère / continu</i>

v49 Distance des mains sur la charge

- si la charge n'est pas tournée, la localisation des mains sur la charge devient un repère intéressant pour évaluer la distance respective des 2 mains.

Décalées: les mains ne sont clairement pas à la même distance, i.e. qu'une droite passant par le point distal (le point le plus éloigné) de la main la plus près du corps ne rencontre pas le point proximal (le point le plus rapproché) de la main la plus éloignée du corps.

Vis-à-vis: les mains sont à la même distance (en ligne droite) ou légèrement décalée, i.e. qu'une droite passant par le point distal (le point le plus éloigné) de la main la plus près du corps rencontre le point proximal (le point le plus rapproché) de la main la plus éloignée du corps.



CRITÈRES D'OBSERVATION POUR LES PHASES : soulèvement

Équilibre

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Sagittal</i>	<i>Comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

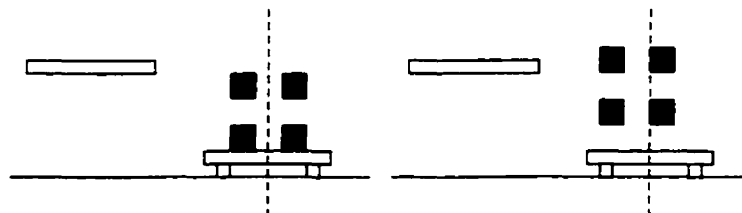
v10 Trajectoire initiale de la charge p/r au corps (éloignement)

- nécessite un visionnement au ralenti. On considère la trajectoire initiale comme étant le trajet de la charge jusqu'à ce que la base de cette dernière arrive approximativement **au niveau des genoux** du sujet. L'utilisation d'un transparent avec une ligne verticale, placée au centre de la charge à la prise, permet de suivre la trajectoire.
- Dans le cas d'une boîte: prendre la bande jaune au centre comme point de repère ou le milieu de la charge si la charge est tournée. Si la ligne demeure dans cette zone, la trajectoire initiale est constante.
- Dans le cas du cylindre: prendre le milieu cylindre comme point de repère.

Se rapproche

Constante: la trajectoire initiale est principalement vers le haut (plan vertical).

S'éloigne



Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Frontal</i>	<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

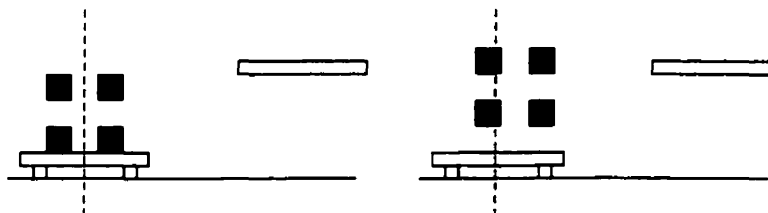
v11 Trajectoire initiale de la charge p/r au corps (symétrie)

- nécessite un visionnement au ralenti. On considère la trajectoire initiale comme étant le trajet de la charge jusqu'à ce que la base de cette dernière arrive approximativement **au niveau des genoux** du sujet. L'utilisation d'un transparent avec une ligne verticale, placée au centre de la charge à la prise, permet de suivre la trajectoire.
- Dans le cas d'une boîte: prendre la bande jaune au centre comme point de repère ou le milieu de la charge si la charge est tournée. Si la ligne demeure dans cette zone, la trajectoire initiale est au centre.
- Dans le cas du cylindre: prendre le milieu cylindre comme point de repère.

Centre: la trajectoire initiale de la charge demeure principalement en ligne avec le corps.

Décentrée [G] la trajectoire initiale de la charge est vers le lieu de dépôt

Décentrée [D] la trajectoire initiale de la charge est opposée au lieu de dépôt



Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>		<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable d'état multicritérié / discret</i>

v12 La charge est-elle accélérée

- souvent plus facile à voir avec un visionnement en vitesse normale.

Non: la charge est soulevée dans un mouvement uniforme, sans accélération soudaine.

Oui: une accélération est transmise à la charge. Donne parfois l'impression que la charge est arrachée de la plate-forme. C'est un mouvement brusque et soudain. On observe parfois un mouvement de recul des coudes, i.e. que les coudes sont projetés vers l'arrière.

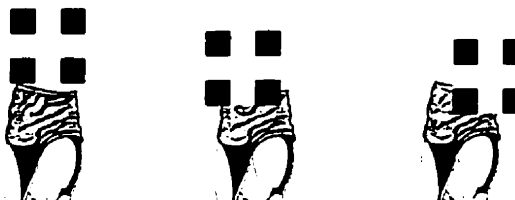
Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Vertical</i>	<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v13 Hauteur maximale de la charge

- la hauteur s'évalue en prenant comme point de repère le $\frac{1}{3}$ (boîte) ou la $\frac{1}{2}$ (cylindre) de la hauteur de la charge en fonction de la taille du sujet. Il faut déterminer si la charge est à une hauteur inférieure ou supérieure à la taille du sujet. Prendre la ligne supérieure du maillot pour situer la taille. Il faut observer le point maximal atteint par la charge.

- Dans le cas d'une boîte :

Haute : Au dessus
Basse [Peu] : En dessous ($< \frac{1}{3}$)
Basse [Beaucoup] : En dessous ($> \frac{1}{3}$)



- Dans le cas du cylindre :

Haute : Au dessus
Basse [Peu] : En dessous ($< \frac{1}{2}$)
Basse [Beaucoup] : En dessous ($> \frac{1}{2}$)

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Sagittal</i>	<i>Comptoir / biomécanique</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v14 Travail de stabilisation des pieds

- les marqueurs sur les pieds vacillent (bougent rapidement) lorsque le sujet doit faire cet effort de stabilisation. Le mouvement des marqueurs ne doit pas être lié au fait que le sujet se fléchisse les genoux vers l'avant pour prendre la charge, i.e. à un mouvement du pied dans le soulier, mais bien à un mouvement du soulier.

- Si un pied est devant l'autre: prendre ce pied comme point de repère (appui principal)
- Si les pieds sont au même niveau (parallèle): prendre l'un et/ou l'autre des pieds comme point de repère.

Non: les pieds ou l'appui principal sont stables jusqu'à ce qu'un premier pas soit effectué.
Oui: le talon des pieds ou de l'appui principal se soulèvent légèrement de la surface au moment où la charge quitte la plate-forme. Les pieds ou l'appui principal peuvent également s'incliner latéralement au moment où la charge quitte la plate-forme. En fait, ce qu'on

distingue, c'est un mouvement $\pm$ volontaire et soudain du pied sur place, sans que ce dernier ne pivote ou ne change de localisation.

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Sagittal / transverse</i>	<i>Comptoir / biomécanique</i>	<i>Var. d'état et de symptôme multicritérié / discret</i>

v15 Objectif de la réorganisation de la base d'appui

- la réorganisation des appuis renvoie au **premier mouvement d'un des pieds suite au soulèvement de la charge**. Ce mouvement peut engendrer un déplacement du sujet (pas glissé), mais pas sous forme de marche. La marche est définie ici comme l'action de se déplacer, se mouvoir, en mettant un pied devant l'autre.

Réorientation: le mouvement de l'appui sert à réaligner le sujet vers le lieu de dépôt, i.e. à mieux se positionner pour aller déposer la charge. En général, la pointe du pied sera dirigé vers le dépôt. Il peut s'agir d'un pivot du pied sur place ou d'une relocalisation du pied qui est souvent accompagné d'un déplacement du sujet sous forme de pas glissé.

Réajustement: le mouvement de l'appui n'est pas utile à la locomotion: il peut entraîner un déplacement du sujet, mais pas vers le lieu de dépôt (déplacement avant - arrière). Généralement, la pointe du pied n'est pas dirigé vers le dépôt. Il peut s'agir d'un mouvement de nature compensatoire, i.e. qu'il sert à récupérer une stabilité précaire avant de se diriger vers le dépôt, ou simplement d'un réajustement préalable à une réorientation vers le dépôt. **Le réajustement est toujours suivi d'une réorientation.**

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>		<i>Comptoir / biomécanique</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v16 Réorganisation de la base d'appui faite de façon précipitée

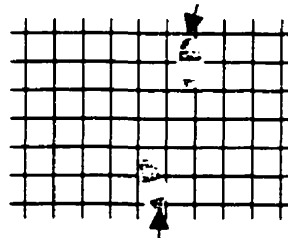
- Non: le mouvement du pied s'apparente aux pas normaux qu'effectuent le sujet lors de son déplacement. On ne perçoit pas de précipitation dans le mouvement du pied.
- Oui: le mouvement du pied est rapide, i.e. que le pied est amené rapidement à la position désirée. On perçoit un sentiment d'urgence à bouger rapidement le pied.

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Sagittal</i>	<i>biomécanique</i>	<i>Variable de compensation monocritérié / continu</i>

v17 Distance entre les pieds

- évaluer la distance entre les deux points de contacts les plus distants sur chacun des pieds au moment où la phase de transport débute (code SMPTE pré transport).

- Rapprochée : < 6 carreaux
Intermédiaire : entre 5 et 6 carreaux
Éloignée : > 6 carreaux



Contrôle

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Soulèvement</i>	<i>Sagittal/ transverse</i>	<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v33 Charge bascule

- Non: l'objet reste dans la même position où il est soulevé. Ce dernier peut bouger, mais pas de façon soudaine de telle sorte qu'il n'y a pas de manoeuvre pour rétablir son inclinaison.
- Oui: la charge bascule (s'incline) **soudainement** sur son axe. **Souvent**, des tentatives de redressement sont aussitôt entreprises.

Phase	Plan	Caméra	Procédure spéciale
<i>Soulèvement</i>	<i>Vertical</i>	<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v34 Glissement de la prise

- Non: les mains demeurent au même endroit ou change de localisation sur la charge, mais suite à une modification volontaire de la prise.
- Oui: une ou les 2 mains glissent sur l'objet. C'est un événement très soudain où le sujet n'a d'autre choix que de récupérer rapidement la situation.

CRITÈRES D'OBSERVATION POUR LES PHASES : transport

Équilibre

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>	<i>Sagittal</i>	<i>Porte</i>	<i>Variable d'état multicritérié / continu</i>

v18 Distance de la charge p/r au corps

- évaluer la distance qui sépare le corps du sujet et la surface de la charge qui est la plus près de ce dernier (surface plane, arête ou coin). Il faut déterminer si la charge est à une distance inférieure ou supérieure au de sa propre largeur. L'observation se fait sur un arrêt sur image, au moment où le sujet est parallèle à la caméra, mais avant que la charge ne soit au-dessus de la plate-forme.

➤ Dans le cas d'une boîte:

- Collée ou quasi: la charge est très près du corps, en contact ou quasi avec le tronc du sujet. Il est quasi ou impossible de voir l'arrière plan entre le corps et la charge.
- Intermédiaire : < 1/3 de sa propre largeur
- Éloignée : > 1/3 de sa propre largeur

➤ Dans le cas du cylindre :

Collée ou quasi: la charge est très près du corps, en contact ou quasi avec le tronc du sujet. Il est quasi ou impossible de voir l'arrière plan entre le corps et la charge.
 Intermédiaire : $< \frac{1}{2}$ de sa propre largeur
 Éloignée : $> \frac{1}{2}$ de sa propre largeur

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
Transport	Frontal	Porte / comptoir	Variable d'état multicritérié / continu

v19 Symétrie de la charge p/r au corps

- il s'agit de voir le décentrage de la charge p/r au corps du sujet. Souvent utile de regarder le mouvement d'abduction des bras qui, lorsque la charge bouge, se modifie constamment. Mettre le vidéo au ralenti durant la marche.

➤ Dans le cas d'une boîte :

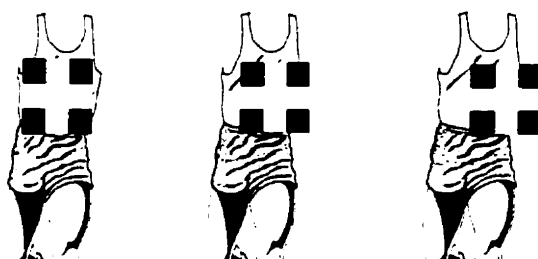
Non: la charge demeure face au corps du sujet ou quasi et se déplace en bloc avec lui.
 Oui [Peu] : $< \frac{1}{3}$ de sa propre largeur
 Oui [Beaucoup] : $> \frac{1}{3}$ de sa propre largeur

Droite ☐ Gauche ☐

➤ Dans le cas du cylindre :

Non: la portion qui dépasse d'une côté est proportionnelle ou quasi à l'autre côté.
 Oui : la portion qui dépasse est plus importante d'un côté que de l'autre.

Droite ☐ Gauche ☐



Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>	<i>Vertical</i>	<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v20 Hauteur maximale de la charge

- la hauteur s'évalue en prenant comme point de repère le centre de la charge (carré jaune au centre de la boîte ou milieu du cylindre) en fonction de la poitrine du sujet. Prendre la hauteur des mamelons pour situer la poitrine du sujet. Il faut observer le point maximal atteint par la charge

Haute : ↘ poitrine
Basse : ↗ poitrine

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>		<i>Comptoir</i>	<i>Variable d'état multicritérié / discret</i>

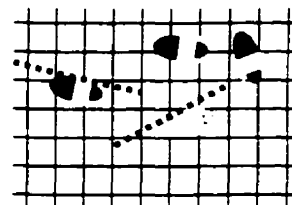
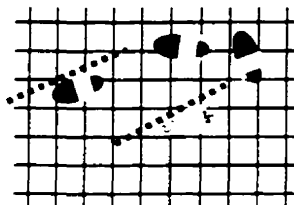
v21 Trajectoire des pieds

- évaluer l'orientation de la pointe des deux pieds lorsque le sujet effectue un pas.

Dans la même direction: les pieds pointent dans la même direction lorsque déposés au sol, i.e. que la marche se fait en droite ligne.

Changement de direction: les pieds ne sont pas orientés de la même façon, i.e. que le sujet change la trajectoire de sa marche vers le dépôt.

N/A: le sujet ne marche pas.



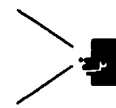
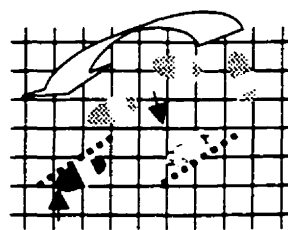
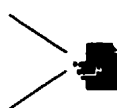
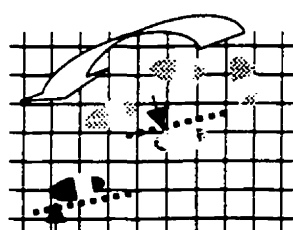
Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>		<i>Comptoir</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v22 Croisement des pieds

- évaluer la position du pied avant p/r à la position du pied arrière en utilisant les lignes sur le plancher. Utiliser comme point de repère les deux points de contact les plus distants sur chaque pied. L'observation se fait sur un arrêt sur image au moment où le pied avant se dépose au sol. **La marche est définie comme l'action de mettre un pied devant l'autre.** L'observation est différente dans le cas où le sujet n'est dans le même plan que la caméra (effet de perspective): il s'agit alors de déterminer si le sujet croise vraiment les pieds ou si c'est la ligne de marche adoptée qui n'est pas dans le même axe que la caméra.

Non: les pieds sont parallèles ou dans la même ligne de marche ou < 1 carreau.
Oui [Peu] : 1 à 2 carreaux

Oui [Beaucoup] : > 2 carreaux
 N/A: le sujet ne marche pas.



Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>	<i>Sagittal/ ransverse</i>	<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v23 Pied arrière tourne

Non: les pieds se déposent normalement au sol lors du déplacement.
 Oui: le pied arrière tourne sur lui-même (*spin*) lors de la marche, le talon et la pointe du pied allant dans des directions contraires.
 N/A: le sujet ne marche pas.



Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>	<i>Sagittal/ transverse</i>	<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v24 Augmentation du rythme des pas

- il s'agit de voir si le sujet précipite ses pas lors de la marche p/r à une situation de référence dite «normale». Doit souvent être comparé à une séquence où on peut voir le rythme de déplacement habituel du sujet.

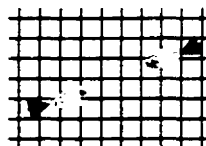
Non: le rythme du déplacement se fait normalement vers le lieu de dépôt, i.e. comme à l'habitude.
 Oui: le rythme de succession des pas est inhabituel, il y augmentation de la cadence vers le lieu de dépôt qui peut se traduire par exemple par une succession de petits pas rapides. Le sujet semble alors déporté vers l'avant et cette précipitation n'est donc pas volontaire.

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transport</i>	<i>Frontal</i>	<i>Biomécanique / porte</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v25 Distance entre les pieds

- évaluer la distance entre les deux points de contacts les plus distants sur chacun des pieds.

Rapprochée : < 6 carreaux
 Intermédiaire : entre 5 et 6 carreaux
 Éloignée : > 6 carreaux



CRITÈRES D'OBSERVATION POUR LES PHASES : prédépôt

Équilibre

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prédépôt</i>	<i>Sagittal</i>	<i>Comptoir</i>	<i>Variable d'état multicritérié / continu</i>

v26 Trajectoire finale de la charge

- nécessite un visionnement au ralenti. On considère la trajectoire finale comme étant le trajet de la charge jusqu'à ce que cette dernière arrive sur la plate-forme de dépôt. La trajectoire est évaluée p/r à la plate-forme de dépôt. L'observation du mouvement des bras, devant le corps ou latéralement, peut aider à réaliser l'observation.

En ligne droite: la charge arrive en étant face ou quasi p/r à la plate-forme de dépôt. C'est un mouvement qui suit le plan avant de la plate-forme. C'est un dépôt «sagittal».

De biais: la charge arrive davantage de côté p/r à la plate-forme de dépôt. C'est un mouvement qui est latéral.

Droite ☐ Gauche ☐

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prédépôt</i>		<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable d'état multicritérié / discret</i>

v27 Accélération de la charge

- souvent plus facile à voir avec un visionnement en vitesse normale.

Non: la charge est déposée dans un mouvement uniforme, sans accélération soudaine.

Oui: une accélération est transmise à la charge. Donne parfois l'impression que la charge est poussée vers la plate-forme. C'est un mouvement brusque et soudain. L'observation du mouvement des bras, qui s'étendent rapidement, peut être un indicateur d'accélération.

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prédépôt</i>	<i>Sagittal</i>	<i>Comptoir</i>	<i>Variable de compensation monocritérié / continu</i>

v28 Compensation du dos

- prendre le rapporteur d'angle et mesurer s'il y a flexion/extension du dos en reliant par une ligne droite les marqueurs situés au niveau de l'omoplate et sur l'épicondyle latéral de l'humérus (au niveau de la hanche). Utiliser une règle que l'on pose sur le corps : ajuster au niveau des hanches du sujet et suivre l'inclinaison du corps.

Non : 0 - 10°

Flexion : > 10°

Extension : > -10°

Contrôle

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Prédépôt</i>	<i>Frontal</i>	<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable de compensation monocritérié / discret</i>

v35 Haussement des épaules

- évaluer s'il y a élévation des épaules lors du dépôt de la charge.

Non
Oui

Fluidité

Phase	Plan	Caméra	Procédure spéciale
<i>Prédépôt</i>		<i>Porte / biomécanique</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v41 Contact charge vs plate-forme avant le véritable dépôt

Non: la charge est déposée sur la plate-forme sans qu'il y ait un contact préalable.
 Oui: la charge entre en contact avec le bord avant de la plate-forme. La trajectoire de la charge est interrompue. Le sujet doit soulever légèrement la charge pour la déposer sur la plate-forme.

Phase	Plan	Caméra	Procédure spéciale
<i>Prédépôt</i>		<i>Porte / biomécanique</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v42 Précision du dépôt en terme de hauteur

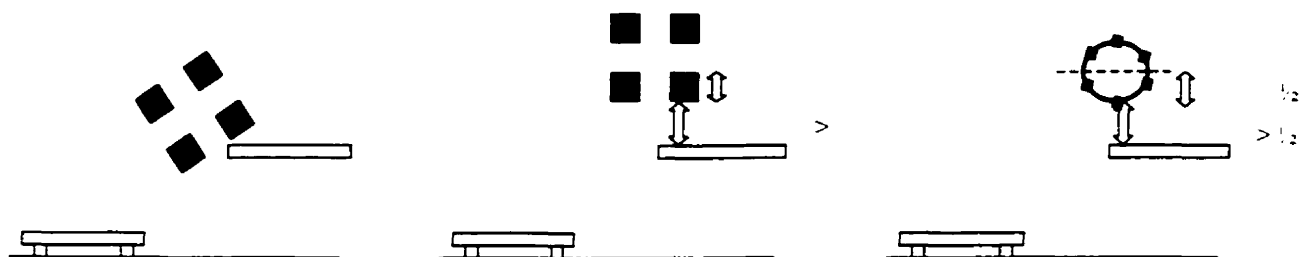
- faire "pause" sur le vidéo au moment où la charge croise le bord avant de la plate-forme et faire progresser l'image au ralenti par la suite pour suivre le trajet de la charge au dessus de la plate-forme jusqu'au moment du dépôt. Il s'agit d'évaluer, entre le moment où la charge traverse le bord avant de la plate-forme et le dépôt complet, la hauteur maximale atteinte par la charge p/r à la plate-forme. Il faut déterminer si la charge est plus basse que la plate-forme ou à une hauteur (au dessus de la plate-forme) inférieure ou supérieure au (boîte) ou à la ½ (cylindre) de sa propre hauteur.

➤ Dans le cas d'une boîte :

Non : Plus bas que la plate-forme ou $> \frac{1}{3}$ de sa propre hauteur
 Oui : $< \frac{1}{3}$ de sa propre hauteur

➤ Dans le cas du cylindre :

Non : Plus bas que la plate-forme ou $> \frac{1}{2}$ de sa propre hauteur
 Oui : $< \frac{1}{2}$ de sa propre hauteur



CRITÈRES D'OBSERVATION POUR LES PHASES : postdépôt

Équilibre

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
Postdépôt		Comptoir	Variable de symptôme multicritérié : discret

v29 Réajustement de la base d'appui

- un réajustement de la base d'appui revoie à un mouvement d'un appui suite au dépôt de la charge, ce mouvement étant dirigé soit vers l'avant ou latéralement : le sujet va soit piétiner ou relocaliser son pied. À regarder entre le moment de dépôt (code SMPTE du dépôt) et le contact du premier pied à avoir bougé suite au dépôt.

Non: les pieds sont stables jusqu'à ce que le sujet s'éloigne de la plate-forme.

Oui : [Peu]: suite au dépôt, le sujet va piétiner ou relocaliser son pied vers l'avant et/ou latéralement, sans que cette relocalisation ne couvre plus d'un carreau dans l'un ou l'autre des plans sagittal et transverse.

Oui [Beaucoup]: suite au dépôt, le sujet va relocaliser son pied vers l'avant et/ou latéralement, cette relocalisation couvrant plus d'un carreau dans l'un ou l'autre des plans sagittal et transverse.

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
Postdépôt		Comptoir / biomécanique	Variable de symptôme multicritérié : discret

v30 Réajustement précipité de la base d'appui

Non: le mouvement de récupération s'apparente aux pas normaux qu'effectuent le sujet lors de son déplacement. On ne perçoit pas de précipitation dans le mouvement du pied.

Oui: le mouvement de récupération est rapide, i.e. que le pied est amené rapidement à la position désirée. On perçoit un sentiment d'urgence à récupérer sa stabilité.

CRITÈRES D'OBSERVATION POUR LES PHASES : transfert

Contrôle

Phase	Plan	Caméra	Procédure spéciale
<i>Transfert</i>		<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable d'état multicritérié / discret</i>

v36 Le sujet fait-il bouger la charge

➤ Dans le cas d'une boîte :

Non: la charge demeure dans la même position que lors de la prise ou quasi.
 Oui [Peu] : la charge est bougée partiellement, mais de moins d'un quart de tour.
 Oui [Beaucoup] : la charge bouge sur elle-même, i.e. qu'elle effectue au minimum un mouvement d'un quart de tour : la surface (ou face) qui était orientée vers le sujet (rotation) et/ou vers le sol (inclinaison) n'est plus la même qu'au début du transfert.

Inclinaison ☐ Tournée ☐ Combinaison ☐

➤ Dans le cas du cylindre :

Non: la charge demeure dans la même position que lors de la prise ou quasi.
 Oui : la charge bouge sur elle-même suite à un mouvement des poignets (avant – arrière) ou des bras (latéralement)

Avant – arrière ☐ Latéralement ☐

Phase	Plan	Caméra	Procédure spéciale
<i>transfert</i>		<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable de symptôme multicritérié / discret</i>

v37 La charge est-elle stabilisée avant le dépôt

Non: la charge, qui bouge sur son axe durant le transfert (rotation et/ou inclinaison), aurait poursuivi son mouvement si ce n'était du fait qu'elle entre en contact avec la plate-forme de dépôt. C'est un mouvement de la charge qui n'est pas stabilisé avant son premier contact avec la surface de dépôt.
 Oui: la charge, qui bouge sur son axe durant le transfert (rotation et/ou inclinaison), est stabilisée avant de la déposer, i.e. que son mouvement est terminé avant son premier contact avec la plate-forme de dépôt.

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transfert</i>		<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable de symptôme monocritérié / discret</i>

v38 La prise est-elle modifiée

- il s'agit de déterminer s'il y a mouvement des mains sur la charge et son ampleur. Lors d'un repositionnement, on perçoit un mouvement de la prise (doigts), i.e. un changement de position, mais

sans que les mains changent de localisation sur la charge. Dans le cas d'une relocalisation, la localisation d'une ou des 2 mains est modifiée.

Non
Repositionnement
Relocalisation

Droite ☐ Gauche ☐ Droite et gauche ☐

Fluidité

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transfert</i>	<i>Sagittal / transverse</i>	<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable d'état multicritère / discret</i>

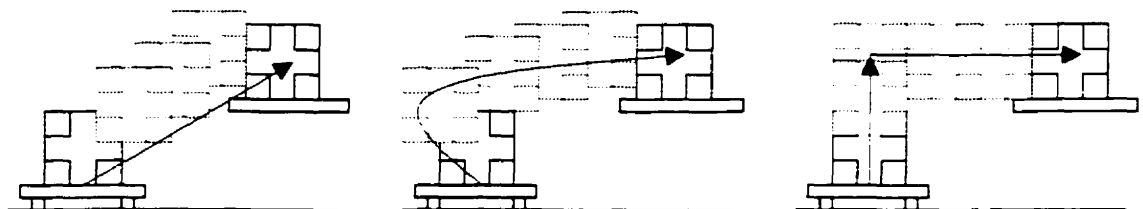
v43 Trajectoire globale de la charge

- évaluer le parcours que suit la charge pour se rendre jusqu'au lieu de dépôt.

Linéaire: la charge ne change pas de direction lors du transfert. Elle part du point de prise au point de dépôt en ligne droite, sans changer de direction (mouvement rectiligne). La charge n'est souvent pas collée au tronc du sujet. Correspond à la notion de trajectoire optimale, i.e. la trajectoire la plus courte entre deux points.

Non linéaire

- courbe:** la charge va dans une direction, puis dans une autre. Elle est souvent balancée d'un côté du corps, puis ramenée de l'autre ou simplement recentrée p.r au corps.
- en équerre:** la charge demeure en bloc avec le sujet. Le sujet se déplace avec la charge devant lui, face au tronc.



Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transfert</i>		<i>Comptoir / porte</i>	<i>Variable d'état multicritère / discret</i>

v44 Mouvement de la charge est-il fluide

- la fluidité est définie comme un mouvement de la charge qui est continu, sans à-coups.

Non: le mouvement de la charge est interrompu, i.e. qu'il semble se dérouler en phases distinctes et non de façon continue. Le mouvement de la charge apparaît comme étant saccadé, i.e. . Par exemple:

- le sujet se déplace en bloc avec la charge et le mouvement de cette dernière est uniquement la résultante du déplacement du sujet;
 - la charge est accélérée ou décélérée subitement;
 - la charge change de direction durant son transport de telle sorte que le mouvement d'ensemble paraît discontinu;
 - la charge entre en contact avec la plate-forme avant le dépôt «véritable».
- Oui: la charge se rend du point de prise au point de dépôt sans qu'il y ait rupture du mouvement, i.e. :
- sans temps mort où la charge ne semble plus bouger; le mouvement est continu et semble très fluide. Cette continuité, quoique possible, est souvent plus difficile à réaliser lorsque la charge change de direction.

Asymétrie

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transfert</i>	<i>Transverse</i>	<i>Porte / comptoir</i>	<i>Variable d'état multicritérié / discret</i>

v50 Main transporte plus de poids

Non: aucune des mains (la paume ou un ou plusieurs doigts) n'est en contact avec la surface qui pointe vers de sol ou les deux mains sont en contact avec cette surface, i.e. qu'il y a répartition du poids.

Oui: la paume ou un ou plusieurs doigts d'une seule main est en contact avec la surface qui pointe vers de sol. La main sert **directement** de support au poids de la charge.

Gauche ☐ Droite ☐

N/A : cylindre

Phase	Plan	Caméra	Type d'observable
<i>Transfert</i>	<i>Vertical</i>	<i>Comptoir / porte / biomec.</i>	<i>Variable d'état monocritérié / continu</i>

v51 Si oui, où est-elle p/r au corps

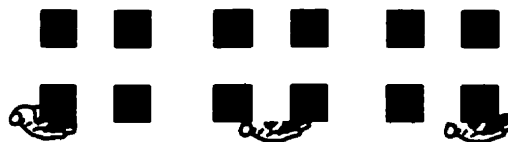
- évaluer la distance p/r à la position de la main sur la charge en fonction des carrés jaune ou noir.

Près: main située dans le premier tiers de la charge qui est le plus près du corps du sujet.

Mi distance: main située dans le second tiers de la charge, au centre de la charge.

Loin: main située dans le dernier tiers de la charge, le plus loin du corps du sujet.

N/A : cylindre



ANNEXE 2

**TESTS DE REPRODUCTIBILITÉ : IDENTIFICATION DÉTAILLÉE DES
VARIABLES D'OBSERVATION EN FONCTION DES SEUILS D'ACCEPTATION
DES DEUX MESURES D'ACCORD (P_0 ET k)**

Annexe 2. Résumé des niveaux d'accord^a : identification détaillée des variables

Tests intra-observatrice

		kappa				Total
		< .50	.50 à .59	.60 à .79	> .80	
Po	> 90	2p-12-35-41		3p-20-22-26-28-42-46-47p	1p-5p-6p-7p-8p-10-11-14-16-17-25-27-29-30-8d-31p-32p-33-34-38-31d-32d-39-40-43-48p-49p-50-51-47d-48d-49d	44
	85 à 89		24-3d	9p-18-22-1d	7d-36	8
	80 à 84	37		21		2
	< 80	15-19-44-45p	2d-45d	13-5d-5d		9
Total		9	4	16	34	63

Tests interobservateurs

		kappa				Total
		< .50	.50 à .59	.60 à .79	> .80	
Po	> 90	16-27-47d		12-20-25-1d-42-46	1p-2p-3p-7p-8p-13-14-15-17-18-22-23-24-26-2d-3d-7d-8d-9d-31p-32p-33-34-35-38-31d-32d-39-40-41-43-45p-47p-48p-49p-50-51-48d-49d	48
	85 à 89		11-28	5p-9p	5d	5
	80 à 84			6p-21		2
	< 80	10-29-30-37-44	36	19-45d		8
Total		8	3	12	40	63

^a Classés selon trois cotes :

- A+: niveau d'accord substantiel - kappa > .60 et Po > 85%
- A: niveau d'accord minimum - kappa > .50 et Po > 80%
- R: niveau d'accord insuffisant - kappa < .50 et/ou Po < 80%

ANNEXE 3

**TESTS DE REPRODUCTIBILITÉ : RÉSULTATS DU TEST
INTEROBSERVATEURS 2**

Annexe 3. Niveau d'accord des variables d'observation (n=50)

#	Variables d'observation	Intra		Inter		Inter 2	
		Po	k	Po	k	Po	k
Équilibre							
Moments							
1p	Éloignement de la charge p/r à la B.A.	90	.89	95	.95	85	.84
2p	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	90	.44	95	.93	95	.55
3p	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	95	.64	100	1	95	.64
5p	Utilisation d'un appui principal	95	.92	85	.78	84	.76
6p	Position du dos p/r à la B.A.	90	.84	80	.77	85	.75
7p	Position du bassin p/r à la B.A.	95	.92	95	.92	90	.83
8p	Distance avant-arrière entre les pieds	100	1	95	.91	95	.90
9p	Largeur entre les pieds	84	.78	85	.79	80	.70
1d	Éloignement de la charge p/r à la B.A.	85	.63	90	.77	95	.84
2d	Symétrie de la charge p/r à la B.A.	75	.51	95	.92	75	.57
3d	Nombre de pied(s) en contact avec le sol	85	.50	100	1	85	.50
5d	Utilisation d'un appui principal	76	.68	85	.80	88	.84
7d	Position du bassin p/r à la B.A.	88	.80	95	.92	82	.70
8d	Distance avant-arrière entre les pieds	94	.91	95	.93	88	.82
9d	Largeur entre les pieds	76	.69	95	.94	76	.64
Phases							
10s	Trajectoire initiale de la charge (éloignement)	95	.89	75	.43	70	.35
11s	Trajectoire initiale de la charge (symétrie)	95	.88	85	.57	80	.47
12s	Charge a-t-elle été accélérée	90	.46	90	.69	80	.27
13s	Hauteur maximale de la charge	75	.66	95	.93	70	.57
14s	Travail de stabilisation des pieds	95	.83	95	.83	100	1
15s	Objectif de la réorganisation de la B.A.	75	.31	95	.89	80	.49
16s	Réorganisation fait de façon précipitée	100	1	90	.46	90	.46
17s	Distance entre les pieds	100	1	100	1	100	1
18t	Éloignement entre la charge et le sujet	85	.63	90	.78	85	.63
19t	Symétrie entre la charge et le sujet	50	.49	75	.72	55	.38
20t	Hauteur maximale de la charge	90	.78	90	.78	90	.76
21t	Trajectoire des pieds	80	.60	80	.60	80	.60
22t	Est-ce que les pieds se croisent	90	.79	90	.89	90	.89
23t	Est-ce que le pied arrière tourne	85	.74	90	.83	95	.91
24t	Augmentation du rythme des pas	85	.51	95	.84	90	.71
25t	Distance entre les pieds	95	.89	90	.75	95	.89
26t	Trajectoire finale de la charge	95	.77	100	1	95	.77
27t	Charge a-t-elle été accélérée	100	1	95	.29	95	.29
28t	Est-ce que le sujet compense avec son dos	95	.64	85	.50	80	.27
29t	Y a-t-il réajustement de la B.A.	95	.87	70	.42	65	.34
30t	Le réajustement est-il précipitée	95	.84	70	.43	65	.34
Contrôle							
Moments							
31p	Localisation de la main droite sur la charge	100	1	100	1	100	1
32p	Localisation de la main gauche sur la charge	100	1	100	1	100	1

#	Variables d'observation	Intra		Inter		Inter 2	
		Po	k	Po	k	Po	k
31d	Localisation de la main droite sur la charge	95	.94	95	.94	95	.94
32d	Localisation de la main gauche sur la charge	100	1	100	1	100	1
Phases							
33s	Est-ce que la charge bascule	100	1	95	.83	95	.83
34s	Est-ce que la prise glisse	100	1	100	1	100	1
35t	Sujet hausse-t-il les épaules	95	.29	100	1	95	.29
36st	Le sujet fait-il bouger la charge	85	.81	60	.52	75	.59
37t	La charge est-elle stabilisée avant le dépôt	80	.22	60	.12	65	.59
38st	La prise est-elle modifiée	100	1	100	1	100	1
Fluidité							
Moment							
39p	Orientation des pieds p/r au lieu de dépôt	90	.87	94	.86	95	.94
40p	Orientation de la charge p/r au lieu de dépôt	100	1	100	1	100	1
Phases							
41t	Charge entre-t-elle en contact avec plate-forme	95	.29	100	1	95	.29
42t	Le dépôt est-il précis dans sa hauteur	95	.65	95	.65	100	1
43st	Trajectoire globale de la charge	95	.89	95	.89	100	1
44st	Le mouvement de la charge est-il fluide	55	.46	60	.48	85	.83
Asymétrie							
Moments							
45p	Orientation des épaules p/r au bassin	70	.22	100	1	70	.22
46p	Inclinaison du dos	90	.69	90	.69	100	1
47p	Parallélisme des épaules p/r au sol	95	.65	100	1	95	.65
48p	Hauteur des mains sur la charge	100	1	100	1	100	1
49p	Distance des mains sur la charge	100	1	100	1	100	1
45d	Orientation des épaules p/r au bassin	70	.53	75	.63	75	.62
47d	Parallélisme des épaules p/r au sol	100	1	90	-.05	90	-.05
48d	Hauteur des mains sur la charge	100	1	100	1	100	1
49d	Distance des mains sur la charge	100	1	100	1	100	1
Phases							
50st	Est-ce qu'une main transporte plus de poids	95	.93	95	.93	100	1
51st	Où est-elle p/r au corps	100	1	100	1	100	1

Légende: p=prise ; d=dépôt ; s=soulèvement ; t=transport ; st=soulèvement et transport (transfert)

ANNEXE 4

RÉSULTATS OBTENUS POUR LES COMBINAISONS DE MODULES

Annexe 4. Comparaisons des combinaisons de modules avec la force déséquilibrante pour les moments de prise et de dépôt

Combinaisons de modules		Prise					Dépôt							
		Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart		Valeurs de FD	Tests		Écart (%) (3-1)	Tests sur écart		
			T	W _{x-KW}		T	W _{x-KW}		T	W _{x-KW}		T	W _{x-KW}	
M1 + M2	n=78 150(51)													
	n=35 117(36)	-0.38***	***	-33	-0.42***	***								
	n 40 100(28)													
M1 + Variable 4														
	n=30 76(27)													
	n=95 53(21)	-0.29***	***	-36	-0.46***	***								
	n 43 49(18)													
M1 + Variable 3	n=138 135(50)													
	n=19 97(28)	-0.36***	***	-59	-0.38***	***								
	n 13 55(16)													
M2 + Variable 3	n=88 148(51)													
	n=65 104(31)	-0.38***	***	-26	---	---								
	n 0													
	n=31 75(27)													
	n=111 55(20)	-0.39***	***	-49	-0.59***	***								
	n 29 38(16)													

Module 1: Position de la charge; Module 2: Répartition du poids dans la base d'appui

Variable 4: Utilisation d'une appui principal; Variable 3: Nombre de pied(s) au sol

APPENDICE 1

ARTICLE : OBSERVATION PROCEDURES CHARACTERIZING OCCUPATIONAL
PHYSICAL ACTIVITIES : CRITICAL REVIEW

Observation procedures characterizing occupational physical activities : critical review

Denys Denis

Joint Departements of Epidemiology and Biostatistics, and Occupational Health
McGill University

Monique Lortie

Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal

Michel Rossignol

Joint Departements of Epidemiology and Biostatistics, and Occupational Health
McGill University

Observation procedures : critical review

Observation procedures	Physical work	Reliability	Validity	Observer training
------------------------	---------------	-------------	----------	-------------------

Correspondence and requests for reprints should be sent to M. Lortie, Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succ. Centre-ville, Montréal, Qc, Canada, H3C 3P8
E-mail : lortie.monique@uqam.ca.

ABSTRACT

The first objective of this paper is to compare the observation procedures proposed to characterize physical work. The second objective is to examine the following three methodological issues: reliability, observer training and internal validity. Seventy-two papers were reviewed, 38 of which proposed a new or modified observation grid. The observation variables identified were broken down into seven categories as follows: posture, exertion, load handled, work environment, use of feet, use of hands and activities or tasks performed. The review revealed the variability of existing procedures. The examination of methodological issues showed that observation data can be reliable and can present an adequate internal validity. However, little information about the conditions necessary to achieve good reliability was available.

1. INTRODUCTION

Collecting observation data is a common practice in a number of disciplines. In ergonomics, the data first used in work analysis (Ombredane and Faverge, 1955) to characterize *modus operandi* and operators' strategies is obtained through observable events such as eye movements and direction, gestures, sequence of operations, management of incidents, communications, etc. (de Montmollin, 1984; Amalberti et al., 1991; Leplat 1993). It may even be said that the use of observation procedures – which are mainly uninstrumented – constitutes the key difference between Human Factors and Ergonomics methodologies. Variables were often defined *a posteriori* directly in the field. The definition of concepts rather than the process of observation itself was the focus of attention, while the reliability or internal validity of the observations received little attention. From the 1970s on, a multitude of observation grids were designed to characterize or spot check deficient work conditions in order to set action priorities (e.g. Régie Renault, 1983; AET' Rohmert and Landau, 1983). Observation variables were therefore defined *a priori* – the targeted user often being an untrained ergonomist. In past years, the recognition of musculo-skeletal lesions as a major occupational health problem led to the design of several new grids to characterize physical demand and identify risk conditions. In these cases, understanding the *modus operandi* or strategies is usually not an issue. In addition, thanks to the influence of epidemiology, assessment of exposure became a major issue. Punnett and Keyserling's work (1987) in the garment industry represents one of the very first efforts to assess exposure through observation procedures. However, as shown in the Burdorf (1992a) review of risk factor assessment, questionnaires are still used far more often than observation procedures, which are receiving more attention as research tool. Furthermore, a number of grids are now computerized and proposed as practical tools for assessing work environments. This raises several basic questions: Is there actually a clear and rational consensus on the characterization of physical work activities procedures? What is the expected quality of data? What conditions are required to achieve a good observation performance?

The first objective of this paper is to compare the observation procedures proposed to characterize physical work. The second is to examine the following three

specific methodological issues: reliability, training of observers and internal validity. The paper's general purpose is to pinpoint areas of consensus about the choice of observation variables and identify general guidelines for the development and use of an observation method.

2. METHODOLOGY

2.1 Papers reviewed

Seventy-two articles dealing wholly or partially with the observation of physical work involving general body work, such as in handling or construction work, published between 1975 and 1997 in eight peer-reviewed journals were reviewed (*Human Factors*, *Le Travail humain*, *International Journal of Industrial Ergonomics*, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, *Journal of Human Ergology*, *Ergonomics*, *Applied Ergonomics* and the *Journal of Occupational and Environmental Medicine*) (see Appendix). Papers focusing on sitting posture and upper limb work were excluded. Thirty-eight of these papers proposed a new or modified grid, while 27 applied a previously established grid. Seven papers discussed methodological issues relating to observation.

The first part of this review is limited to the 38 grids proposed. Of these, 23 were designed to assess exposure within the framework of an epidemiological study or to document a sector; four, to benchmark specific risk factors (e.g. exertion above a certain value or intensity), circumstances or events viewed as risky (e.g. sliding surfaces); and 11, to document the work activities performed and the *modus operandi* or strategies, without specifically assessing exposure or risks.

2.2 Observation classification

The observation variables were divided into the following seven categories: posture, exertion, characteristics of object handled, work environment, use of feet, use of hands, task or activities performed. The variable "object handled" could refer to a piece of equipment, an object or a container. "Work environment" mainly included variables referring to the work context or the presence of unfavorable conditions (e.g. spatial

restriction, use of vibrating tools, thermal environment). “Use of feet” included variables dealing with the position of the feet, supporting base or displacements. “Use of hands” referred to observations describing the contact between the hand and the object or the spatial hand position. The “task or activity” category encompassed observations on the work content or the breakdown of the activity. Those grids which grouped together several observation variables (e.g. exertion combined with the application conditions) were broken down for classification purposes.

The seven observation categories were subsequently subdivided into 38 more homogeneous sub-categories (posture variables excluded). The variables proposed were either discrete (e.g. nature of exertion applied) or continuous (e.g. back flexion). In the first instance, a series of descriptors could be proposed, as well as a simple presence or absence notation. In this paper, the term descriptors refers to the word or phrases used to describe a discrete variable, while the term class reflects the numerical value divisions proposed for continuous variables. Reference values proposed for defining the descriptors and the breakdown of class values were reviewed.

2.3 Methodological information reviewed

Information dealing with the observation protocol was reviewed for the 72 papers covered. With respect to training procedures, information on training modalities, such as the duration of the training, the teaching material used, training assessment, and trainer qualifications, was collected. Details on inter- or intra-observer reliability tests and the internal validity of the observations were also noted. In addition, information about the observation process itself, such as the definition of observation criteria or benchmarks, was compiled.

3. RESULTS

3.1 Overview of the grids

Almost all the grids proposed the observation of postural elements ($n=36$), whereas the majority included exertion ($n=28$), load handled ($n=21$) and tasks or activities conducted ($n=19$) (see Table 1). The observation of elements relating to the

other three categories – the use of feet, the use of hands, and the environment – were covered by about one-third of the grids. Twelve proposed observations covered at least five or more of these seven observation categories. As can be seen from Table 2, 26 of the 38 variable subcategories (postural variables excluded) were retained by less than 15% of the 38 grids reviewed; only two variables (the nature of the exertion and the weight) were retained by more than 10 grids.

Exertion (n=26): The nature of the exertion was the most frequent observation proposed (n=18), the three most common descriptors being to lift (n=13), to push (n=12) and to pull (n=11), followed by the spatial context (n=11; mainly the rising/lowering heights or/and the horizontal distance between the load and the subject). The observation of other elements such as the importance of the exertion, its direction or orientation, the purpose of the exertion (e.g. to roll, slide or pivot), or the use of external support were marginally suggested. Very few grids proposed reference values to set borders between descriptors (e.g. 50 cm as a limit between near and far). In the best case, four grids proposed a value to define static exertion (30-second in three cases vs one minute).

Object handled (n=23): Three sub-categories were identified: the weight (n=17); the different characteristics of the object, such as the presence or lack of handles (n=8); and the type of load (n=5). A minimal value from which to assess the exposure was proposed in five cases, ranging from 1 to 5 kilos. Nine grids proposed a breakdown into three or more classes, eight of which suggested different cut-off values. The three references values proposed to define a descriptor were found to be different (e.g. the values proposed for heavy lifting or effort/ large force varied from 10 to 22.7 kilos).

Work environment (n=14): The most frequent observation variable proposed dealt with presence or non-presence of unfavorable conditions or events, although the proposals varied greatly (e.g. spatial restriction, presence of obstacles, sliding surfaces, unexpected loads).

Use of feet (n=10): The position of the feet, the foot support or the foot displacement are the three possible types of observation proposed. The proposals are as variable as previously noted. The single observation which was retained more than once was the use

of one or two feet support when applying an effort (n=5). Except for one instance, none grid retained both the observation of the foot positioning and support.

Use of hands (n=13): Two basic proposals were identified: the observation of the contact between the object and the hand and the hand spatial position (generally in reference to the worker). Neither proposals were ever retained simultaneously.

Task and activity (n=19): The following descriptive variables – or concepts – were identified: task, activity, action, function and operation. Identical descriptors were found to be classified under different variables. For example, carrying, lifting, push/pull were classified as a task, an activity as well as an action. Two main observation strategies were identified. In the first, attention is focused on the tasks and the observation is organized around descriptors presenting different ways to divide the tasks and different levels of accuracy. For instance, in the Saari and Wickström (1978) grid, the structure erection work is broken down into several phases or large task categories (e.g. steel rod preparation phase, assembling tasks), whereas in the Damlund et al. (1986) grid in the same sector the work is observed across three levels, moving from the more general to the more specific (work tasks, work function and work operation). In the second strategy identified, the division is spatio-temporal. Work activities were broken down in order to determine the exact moment or locus for recording observation. For example, in the Drury et al. grid (1982), box handling is divided into three phases (start, during, stop) and five steps (pre-grip, pick up, move/carry, put down, adjust).

3.2 Posture (n=36)

The breakdown of classes was reviewed. As shown in Table 3, no dominant proposals were identified, whatever the articulation targeted. For instance, 18 different proposals were identified from the 32 grids dealing with sagittal flexion. Out of the 11 grids proposing a two class breakdown, seven were different. Out of 10 grids proposing shoulder and neck sagittal flexion classes, six and seven different proposals were recorded respectively. In respect to knee flexion, the ratio is seven out of 11. This variability was also observed with elements more rarely observed or presenting a narrower range. For instance, six grids retained the back extension, with three different breakdowns. The relationship between the number of classes retained and the breakdown

was also examined: more classes corresponded mainly to a greater total amplitude rather than smaller class breakdowns.

Since several experimental studies documented combinations of articular deviations, we examined this aspect. In fact, about 50% of the time, the back or neck rotation and the shoulder abduction were observed in combination with the back or neck lateral or sagittal flexion or the shoulder flexion. However, it is not clear whether the aim was to observe the combination itself or whether the choice related to observational difficulties.

When two classes are proposed, it may be assumed that cut-off value represents a threshold value from which a postural deviation is considered to be significant. No clear consensus could be identified. Four grids proposed three different reference values to determine the relevance of recording a postural events (10 seconds as a minimal duration for a postural deviation, a frequency of 4 /minute or a time proportion of 50% as minimum for repetition). Finally, about one-half (n=19) proposed global posture descriptors, primarily : kneeling, standing, walking, squatting.

3.3 Methodological data

Observation reliability: Forty-four percent provided reliability data (new or modified grid: n=21; edited grid: n=8; see Table 4). The agreement percentage (Po: n=15) was by far the most widely used ratio in assessing reliability, followed by calculation of the kappa coefficient (k: n=6), which is considered more valuable since it discounts the proportional agreement that is expected by chance (Burdorf et al., 1992; van der Beek et al., 1992). As demonstrated by data published by several authors, a high Po might be associated with a low k, depending on the rarity of the events observed (e.g. leg support: Po=91.2 vs k=0.24 (van der Beek et al., 1992); distance from body to external weight Po=77 vs k=0.26 (Wickström et al., 1996)). Kilbom (1994) explains kappa's limits (e.g. inapplicable to continuous data). We reviewed which threshold could be considered acceptable for both statistics (n=7). Three thresholds are suggested for Po, 80% (Buchholz et al., 1996), 85% (Engels et al., 1994a; Engels et al., 1994b) and 90% (Baril-

Gingras and Lortie, 1995; Authier et al., 1995), while 0,5 (van der Beek et al., 1992; Fransson-Hall et al., 1995) and 0,6 (de Looze et al., 1994) are suggested for kappa. Three other tests were also marginally used: the correlation coefficient (n=4), the Kendal coefficient of concordance (n=1) and the Wilcoxon signed ranks test (n=1).

As can be seen in Table 5, the Po obtained for the different variables was quite variable – ranging from excellent (>90%) to fairly low (56%). While the agreement computed for the back flexion was usually around 75%, it could be over 90%. In general, when both inter- and intra-observers were checked, the intra-observer reliability coefficient appeared to be slightly better. If there was a bias, it was a consistent one. The impact of the task was also reviewed. Analysis of data published by the seven studies presenting reliability data for a same element observed for different tasks indicated that the task has a major impact on reproducibility coefficients (e.g. Po for sagittal trunk flexion task 1: 61%, task 2: 82%; arm flexion task 1: 78 %, task 2: 99%).

Impact of observer training: A single study had been designed to examine this question specifically. Furthermore, few studies tested the same variables; different tasks were used, and the level of grid complexity varied. Nevertheless, some trends were noted.

Of the 29 papers mentioning this issue, 13 provided some information on training modalities and nine specified the duration of the training or practice. None of the studies using a published grid provided data on observer training. The training could range from one hour to several days. Additional practice sessions could last up to one month. The distinction between each format was not always easy to determine and longer training periods probably included practice sessions. In general, more extensive training or practice sessions were linked to the use of more complex grids. As shown in Table 6, no substantial benefits were noted in relation to practice sessions over training sessions or longer training sessions. For example, in the case of the sagittal flexion, the reliability appeared to be about the same for both after one hour and after a few days of training (Corlett et al., 1979; van der Beek et al, 1992). van der Beek et al. (1992) reported a small yet consistent (up to 6%) improvement between the sessions. However, this improvement

was attributed to better criteria definitions. Experienced and inexperienced observers showed about the same level of reliability (Fransson-Hall et al., 1995). Nonetheless, goals other than improving the reliability itself, such as improving skills (better recording speed, improving memory), reducing of the effect of tiredness, etc, were pursued while planning longer training or practice periods.

In point of fact, results tend to show that attention paid to the definition of observation criteria or to the training method (e.g. use of visual supports) has more impact on the reliability than the length of training. Overall, trained observers were shown to be able to efficiently manage complex grids and achieve reliability coefficients superior to 90% (Karhu et al., 1977; Keyserling, 1986; St-Vincent et al., 1989).

Internal validity: Eleven studies provided such data, essentially on postural variables (mainly sagittal flexion). Observations were compared with a direct measurement from a picture or a video tape, or from the subject (inclinometer/goniometer or optoelectronic recording). Two elements were checked: the frequency or proportion attributed to the different classes and the accuracy of the observation. Since different class breakdowns and different methods were used, the results cannot be directly collated. As previously indicated, a broad range of results was obtained (see Table 7). However, it was noted that observation internal validity could be excellent. For example, van der Beek et al., (1992) reported a correlation coefficient of 0.98 and a mean absolute error below 5° for a sagittal flexion breakdown in four classes. The only other study documenting observer accuracy capacity showed less impressive results, with an average error of 9° for the shoulder flexion (Genaidy et al., 1993).

The reliability and validity for both frequency and duration were also assessed in three studies (Karlqvist et al., 1994; Fransson-Hall et al., 1995; Buchholz et al., 1996). Results show that when the frequency of an event is under-evaluated, its duration may instead be over-evaluated because the two different events are considered as only one.

In general, little information could be gathered on the observation problems, apart from some comments about difficulties related to using two-D video supports in observing dynamic work.

4. DISCUSSION

4.1 Observation proposals

The observation proposals were considerably more varied than expected. About 60% of the papers reviewed presented their own observation grid. Except for posture, few observation variables were retained by a majority of grids. In the case of the posture, observations were seldom defined in the same way: the number of classes, breakdown, and reference values varied and the choices were rarely explained. There is an urgent need to define clearly formulated and supported observation procedures, at least for frequently used observation variables.

Despite this variability, the scope of the proposals nevertheless appears to be narrow. For example, the purpose of the majority of the grids was to assess exposure or to benchmark musculo-skeletal risks. However, several elements documented or suspected in the literature as risk factors were missing or rarely retained. Some examples of these are eccentric contraction (e.g. Edwards, 1988; Armstrong et al., 1991), balance problems (e.g. Manning et al., 1988; Oddsson, 1990), asymmetry (e.g. Adams, 1980; Gunzburg et al., 1991; Shirazi-Adl, 1989), temporal loading frameworks (e.g. Hägg et al., 1997), statism (e.g. Van Dieën and Oude Vrielink, 1994; Winkel and Westgaard, 1996), space restrictions (e.g. Drury, 1985a; Kumar et al., 1993), presence of obstacles, sudden exertions (e.g. Lavender et al., 1989), presence of hard-to-control material (e.g. Imbeau et al., 1998). Difficulties encountered in clearly linking posture and exertions with musculo-skeletal problems are therefore not surprising. The experimental research results seems to be only partially integrated in field studies.

The review also indicates a lack of consensus for defining an exposure threshold for risk assessment or intervention level, which seems to reflect the lack of operational data on which a decision could be based. This is hardly surprising since several

biomechanical and physiological studies lead to controversial results or conclusions regarding the importance or relevance of certain risk factors. For example, there is no clear consensus regarding torsion (e.g. Schultz et al., 1982; Adams and Hutton, 1981; Goel et al, 1986), lumbar extension (e.g. Adams and Hutton, 1983; Burton et al, 1994; Jackson, 1992) or acceleration of the load (e.g. McGill and Norman, 1985; Bush-Joseph et al., 1988; Delisle and Gagnon, 1995). Some studies even point out the advantages of adopting so-called risk (e.g. Marras and Mirka, 1989; Gravel et al., 1992; Adams, 1996).

Several studies were intended to characterize *modus operandi* or strategies. In these cases, it was often hard to establish a link between the observations proposed and scientific literature. For instance, the supports and the position of the feet at the time of the effort were observed in many studies. The position of the feet is effectively recognized as having an impact on the lumbar constraint (e.g. Delisle et al. 1998; Anderson and Chaffin, 1986). However it is very difficult to identify experimental studies that would help interpret these observation data, which reflects what people are really doing. In this case, experimental research appears to have difficulty integrating field research data. In general, this points up important problems inherent in linking experimental and field data research.

4.2 Methodological issues

This review shows that a good reliability level can be achieved – as concluded by Kilbom (1994) from her review of 19 grids – as well as adequate internal validity. Nevertheless, reliability is not an automatically transmittable result. It was striking to see how observer training procedures or reliability control tests were rarely mentioned in studies using an edited grid.

The review reveals that there is insufficient data to answer the following basic questions about good observer performance: What training process should be put in place? How experienced should the observer be? What problems can be expected? What are the observer's limits? Nevertheless, it does demonstrate that training has an important impact on reliability, although few basic rules or guidance about training

modalities or duration could be identified. In fact, most proposed grids provided no guidelines about the training procedures to be followed by subsequent users. Attention is currently being focused on computerizing grids to facilitate data treatment and to expand their use in industry. It may be time to be more concerned about the subsequent quality of data.

Perhaps we are too easily assuming that experienced observers are competent observers. This premise should be reconsidered. For instance, it has been shown, through the studies on "time and motion" speed assessment that observers needed periodic retraining (Barnes, 1950). Fransson-Hall et al. (1995) found that post-trained new observers could perform as well as experienced ones. They also noted that extending practice sessions seemed to have little effect on observation reliability per se, without discarding other potential positive impacts such as on recording speed, memory, or skilfulness in the use of recording equipment. On the whole, it is clear that the quality of the training rather than its duration or practice sessions is the key issue.

The problems encountered by both users and designers of the observation grids were rarely mentioned. Few indications were provided about the difficulties encountered by the observers. It is reasonable to assume that the low reliability coefficient reported in some cases resulted more from a definition problem than from limited observational capability. The definition of observation constitutes a key issue which is rarely discussed. Without accurate observation criteria, a grid can not be used with reliability. Unfortunately, there is usually no space in edited papers to present these criteria.

Finally, this review shows that the characteristics of the tasks observed have a major impact on observer performance. For example, the more a task presents a high proportion of elements at the borderline between two classes, the higher the risk of misclassification. As observers seem to display specific trends, misclassification may be important when only one observer is used. Strategies to assess the material difficulty need to be developed. Since studies show that observers are quite good at assessing an angle,

they probably know when they are in the border zone. This skill could be taken advantage of.

5. CONCLUSION

The review shows an actual lack of consensus about the observation procedures. Few choices in the breakdown of variables were motivated. In spite of the variability of the proposals, several aspects the literature defines as relevant were scarcely, or not at all, covered by the grids. There is still much to be developed. However, enough evidence was provided to consider observation data as potentially reliable. Nonetheless, the large range of reliability results obtained indicate the importance of the training procedures adopted and of the accuracy of the observation criteria, for which very few guidelines exist. Methodological issues relating to the development and use of observation methods need to be more thoroughly addressed in the future.

REFERENCES

- Adams, M.A. (1980). *The mechanical properties of lumbar intervertebral joints with special reference to the causes of low back pain* [PhD Thesis]. London, Polytechnic of Central London.
- Adams, M.A. (1996). Biomechanics of low back pain. *Pain Reviews*, 3, 15-30.
- Adams, M.A., & Hutton, W.C. (1981). The relevance of torsion to the mechanical derangement of the lumbar spine. *Spine*, 6, 241-248.
- Adams, M.A., & Hutton, W.C. (1983). The mechanical function of the lumbar apophyseal joints. *Spine*, 8, 327-330.
- Anderson, C.K., & Chaffin, D.B. (1986). A biomachanical evaluation of five lifting techniques. *Applied Ergonomics*, 17, 2-8.
- Andrews, D.M., Norman, R.W., Wells, R.P., & Neumann, P. (1997). The accuracy of self-report and trained observer methods for obtaining estimates of peak load information during industrial work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 445-455.
- Amalberti, R., de Montmollin, M., & Theureau, J. (1991). *Modèles en analyse du travail*. Liège: Mardaga, 346 pp.
- Armstrong, R.B., Warren, G.L., & Warren, J.A. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Journal of Sport Medicine*, 12, 184-207.
- Authier, M., Lortie, M., & Gagnon, M. (1995). Manual handling techniques : Comparing novices and experts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 419-429.
- Baril-Gingras, G., & Lortie, M. (1995). The handling of objects other than boxes : Univariate analysis of handling techniques in a large transport company. *Ergonomics*, 38, 905-925.
- Barnes, M.M. (1950). *Motion and time study* (3rd ed.). Chapman & Hall, 559 p.
- Braam, I.Th.J., van Dormolen, M., & Frings-Dresen, M.H.W. (1996). The work load of warehouse workers in three different working systems. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 469-480.
- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D., & Moir, S. (1996). PATH : A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work. *Applied Ergonomics*, 27, 177-187.

- Burdorf, A. (1992a). Exposure assessment of risk factors for disorders of the back in occupational epidemiology. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 18, 1-9.
- Burdorf, A. (1992b). Sources of variance in exposure to postural load on the back in occupational groups. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 18, 361-367.
- Burdorf, A. (1995). Reducing random measurement error in assessing postural load on the back in epidemiologic surveys. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21, 15-23.
- Burdorf, A., Govaert, G., & Elders, L. (1991). Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated concrete elements. *Ergonomics*, 34, 909-918.
- Burdorf, A., Derksen, J., Naaktgeboren, B., & Van Riel, M. (1992). Measurement of trunk bending during work by direct observation and continuous measurement. *Applied Ergonomics*, 23, 263-267.
- Burton, A.K., Tillotson, K.M., & Boocock, M.G. (1994). Estimation of spinal loads in overhead work. *Ergonomics*, 37, 1311-1321.
- Bush-Joseph, C., Schipplein, O.D., Andersson, G.B.J., & Andriacchi, T.P. (1988). Influence of dynamic factors on the lumbar spine moment in lifting. *Ergonomics*, 31, 211-216.
- Carrasco, C., Coleman, N., Healey, S., & Lusted, M. (1995). Packing products for customers : An ergonomics evaluation of three supermarket checkouts. *Applied Ergonomics*, 26, 101-108.
- Chavalitsakulchai, P., & Shahnavaaz, H. (1993). Ergonomics method for prevention of the musculoskeletal discomfort among female industrial workers : Physical characteristics and work factors. *Journal of Human Ergology*, 22, 95-113.
- Chen, J.-G., Peacock, J.B., & Schlegel, R.E. (1989). An observational technique for physical work stress analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 3, 167-176.
- Christensen, H., Pedersen, M. B., & Sjogaard, G. (1995). A national cross-sectional study in the Danish wood and furniture industry on working postures and manual materials handling. *Ergonomics*, 38, 793-805.
- Corlett, E.N., Madeley, S.J., & Manenica, I. (1979). Posture targetting : A technique for recording working postures. *Ergonomics*, 22, 357-366.
- Damlund, M., Goth, S., & Munk, K. (1986). Low back strain in Danish semi-skilled construction work. *Applied Ergonomics*, 17, 31-39.

- Delisle, A., & Gagnon, M. (1995). Segmental dynamic analysis when throwing loads. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 16, 9-21.
- Delisle, A., Gagnon, M., & Desjardins, P. (1998). Knee flexion and base of support in asymmetrical handling: effects on the worker's dynamic stability and the moments of the L5/S1 and knee joints. *Clinical Biomechanics*, 13, 506-514.
- de Looze, M.P., Toussaint, H.M., Ensink, J., & Magnus, C. (1994). The validity of visual observation to assess posture in a laboratory-simulated, manual material handling task. *Ergonomics*, 37, 1335-1343.
- de Montmollin, M. (1984). *L'intelligence de la tâche: Eléments d'ergonomie cognitive*. Berne: Editions Peter Lang SA, 183 pp.
- Doormaal, M.T.A.J., Driessen, A.P.A., Landeweerd, J.A., & Drost, M.R. (1995). Physical workload of ambulance assistants. *Ergonomics*, 38, 361-376.
- Drury, C.G. (1985a). Influence of restricted space on manual materials handling. *Ergonomics*, 28, 167-175.
- Drury, C.G. (1985b). The role of the hand in manual materials handling. *Ergonomics*, 28, 213-227.
- Drury, C.G., Law, C-H., & Pawenski, C.S. (1982). A survey of industrial box handling. *Human Factors*, 24, 553-565.
- Edwards, R.H.T. (1988). Hypotheses of peripheral and central mechanisms underlying occupational muscle pain and injury. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 275-281.
- Engels, J.A., Landeweerd, J.A., Kant, Y. (1994a). An OWAS-based analysis of nurses' working postures. *Ergonomics*, 37, 909-919.
- Engels, J.A., van der Gulden, J.W.J., Senden, T.F., Hertog, C.A.W.M., Kolk, J.J., & Binkhorst, R.A. (1994b). Physical work load and its assessment among the nursing staff in nursing homes. *Journal of Medicine*, 36, 338-345.
- Engström, T., & Medbo, P. (1997). Data collection and analysis of manual work using video recording and personal computer techniques. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 291-298.
- Foreman, T.K., Davies, J.C., & Troup, J.D.G. (1988). A postural and activity classification system using a micro-computer. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2, 285-289.

- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, I., & Winkel, J. (1995). A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Applied Ergonomics*, 26, 93-100.
- Frings-Dresen, M.H.W., Kempert, H.C.G., Stassen, A.R.A., Crolla, I.F.A.M., & Markslag, A.M.T. (1995). The daily work load of refuse collectors working with three different collecting methods : A field study. *Ergonomics*, 38, 2045-2055.
- Genaidy, A.M., Simmons, R.J., Guo, L., & Hidalgo, J.A. (1993). Can visual perception be used to estimate body part angles ? *Ergonomics*, 36, 323-329.
- Goel, V.K., Voo, L.M., Weinstein, J.N., Liu, Y.K., Okuma, T., & Hjus, G.O. (1986). Response of the ligamentous lumbar spine to cyclic bending loads. *Spine*, 13, 294-300.
- Grant, K.A., & Habes, D.J. (1995). An analysis of scanning postures among grocery cashiers and its relationship to checkstand design. *Ergonomics*, 38, 2078-2090.
- Grant, K.A., Habes, D.J., & Tepper, A.L. (1995). Work activities and musculoskeletal complaints among preschool workers. *Applied Ergonomics*, 26, 405-410.
- Gravel, D., Gagnon, M., Plamondon, A., & Desjardins, P. (1992). Maximal axial rotation moment of trunk muscles as related to flexion and rotation angles of torso. In *Book of Abstracts of the Eight Meeting of the European Society of Biomechanics* (p.290). Roma.
- Gunzburg, R., Hutton, W., Fraser, R. (1991). Axial rotation of the lumbar spine and the effect of flexion. *Spine*, 16, 22-28.
- Hägg, G.M., Öster, J., & Byström, S. (1997). Forearm muscular load and wrist angle among automobile assembly line workers in relation to symptoms. *Applied Ergonomics*, 28, 41-47.
- Harber, P., Shimozaki, S., Gardner, G., Billet, E., Vojtecky, M., & Kanim, L. (1987). Importance of non-patient transfer activities in nursing-related back pain : II. Observational study and implications. *Journal of Occupational Medicine*, 29, 971-974.
- Harber, P., Billet, E., Shimozaki, S., & Vojtecky, M. (1988). Occupational back pain of nurses : Special problems and prevention. *Applied Ergonomics*, 19, 219-224.
- Harber, P., Boswick, D., Pena, L., Beck, J., Lee, J., Baker, D. (1992). The ergonomic challenge of repetitive motion with varying ergonomic stresses : Characterizing supermarket checking work. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 34, 518-528.
- Hignett, S. (1996). Postural analysis of nursing work. *Applied Ergonomics*, 27, 171-175.

- Imbeau, D., Montpetit, Y., Desjardins, L., Riel, P., & James, D.A. (1998). Handling of fiberglass extension ladders in the work of telephone technicians. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22, 177-194.
- Jackson, R.P. (1992). The facet syndrome: myth or reality ?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 279, 110-121.
- Johansson, J.A., Kadefors, R., Rubenowitz, S., Klingenstierna, U., Lindström, I., Engström, T., & Johansson, M. (1993). Musculoskeletal symptoms, ergonomic aspects and psychosocial factors in two different truck assembly concepts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 35-48.
- Kant, I., Notermans, J.H.V., & Borm, P.J.A. (1990). Observations of working postures in garages using the Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) and consequent workload reduction recommendations. *Ergonomics*, 33, 209-220.
- Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry : A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8, 199-201.
- Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P., & Vepsäläinen, P. (1981). Observing working postures in industry : Examples of OWAS application. *Applied Ergonomics*, 12, 13-17.
- Karlqvist, L., Winkel, J., & Wiktorin, C. (1994). Direct measurements and systematic observations of physical workload among medical secretaries, furniture removers and male and female reference populations. *Applied Ergonomics*, 25, 319-326.
- Keyserling, W.M. (1986). Postural analysis of the trunk and shoulders in simulated real time. *Ergonomics*, 29, 569-583.
- Kerserling, W.M., & Wittig, S.J. (1988). An Analysis experts' ratings of ergonomics stress. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2, 291-304.
- Keyserling, W.M. (1990). Computer-aided posture analysis of the trunk, neck, shoulders and lower extremities. In W. Karwowski, A.M. Genaidy & S.S. Asfour (eds.), *Computer-aided ergonomic* (pp. 261-272). London : Taylor & Francis.
- Keyserling, W.M., Brouwer, M., & Silverstein, B.A. (1993). The effectiveness of a joint labor-management program in controlling awkward postures of the trunk, neck, and shoulders : Results of a field study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 11, 51-65.
- Kilbom, A. (1994). Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders : What information can be obtained from systematic observation ? *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 20, 30-45.

- Kivi, P., & Mattila, M. (1991). Analysis and improvement of work postures in the building industry : Application of the computerised OWAS method. *Applied Ergonomics*, 22, 43-48.
- Kumar, S., Mital, A., Garand, D., & Persad, A. (1993). Operator stress in palletizing tasks with restricted access and headroom. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 153-162.
- Kuorinka, I., Lortie, M., & Gautreau, M. (1994). Manual handling in warehouses : The illusion of correct working postures. *Ergonomics*, 37, 655-661.
- Lavender, S.A., Mirka, G.A., Schoenmarklin, R.W., Sommerich, C.M., Sudhakar, L.R., & Marras, W.S. (1989). The effects of preview and task symmetry on trunk muscle response to sudden loading. *Human factors*, 31, 101-115.
- Leplat, J. (1993). *L'analyse du travail en psychologie ergonomique: recueil de textes*. Tome 2, Octares Editions, 401 pp.
- Leskinen, T., Hall, C., Rauas, S., Ulin, S., Tönnies, M., Viikari-Juntura, E., & Takala, E-P. (1997). Validation of Portable Ergonomic Observation (PEO) method using optoelectronic and video recordings. *Applied Ergonomics*, 28, 75-83.
- Ljungberg, A-S., Kilbom, & A., Hägg, G.M. (1989). Occupational lifting by nursing aides and warehouse workers. *Ergonomics*, 32, 59-78.
- Lortie, M. (1986). Analyse du travail de manutention de patients des aides-soignants dans un hôpital pour soins prolongés. *Le Travail humain*, 49, 315-332.
- Louhevaara, V., Hakola, T., & Ollila, H. (1990). Physical work and strain involved in manual sorting of postal parcels. *Ergonomics*, 33, 1115-1130.
- Magnusson, M., & Örtengren, R. (1987). Investigation of optimal table height and surface angle in meatcutting. *Applied Ergonomics*, 18, 146-152.
- Malchaire, J.B., & Rezk-Kallah, B. (1991). Evaluation of the physical work load of bricklayers in the steel industry. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 17, 110-116.
- Manning, D.P., Ayers, I., Jones, C., Bruce, M., & Cohen, K. (1988). The incidence of underfoot accidents during 1985 in a working population of 10,000 Meyerside people. *Journal of Occupational Accident*, 10, 121-130.
- Marras, W.S., & Mirka, G.A. (1989). Trunk strength during asymmetric trunk motion. *Human factors*, 31, 667-677.

- Mattila, M., Karwowski, W., & Vilkki, M. (1993). Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. *Applied Ergonomics*, 24, 405-412.
- McAtamney, L., & Corlett, E.N. (1993). RULA : A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- McGill, S.M., & Norman, R.W. (1985). Dynamically and statically determined low back moments during lifting. *Journal of Biomechanics*, 18, 877-885.
- Nieves Serratos-Perez, J., & Mendiola-Anda, C. (1993). Musculoskeletal disorders among male sewing machine operators in shoemaking. *Ergonomics*, 36, 793-800.
- Oddsson, L.I.E. (1990). Control of voluntary trunk movements in man-mechanisms for postural equilibrium during standing. *Acta Physiol. Scand.*, 140 (Sup. 595), 1-60.
- Ombredane, A., & Faverge, J.M. (1955). *L'analyse du travail*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Pinzke, S. (1994). A computerised system for analysing working postures in agriculture. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 13, 307-315.
- Punnett, L., & Keyserling, W.M. (1987). Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: application and critique of job-site work analysis methods. *Ergonomics*, 30, 1099-1116.
- Punnett, L., Fine, L.J., Keyserling, W.M., Herrin, G.D., & Chaffin, D.B. (1991). Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 17, 337-346.
- Puranen-Nevala, N. (1995). Reduction of farmers' postural load during occupationally oriented medical rehabilitation. *Applied Ergonomics*, 26, 411-415.
- Régie Nationale des usines Renault. (1983). *Aide-mémoire d'ergonomie: Conception et réception des postes de travail* (2^e ed.). Vanves: Technic Imprim, 159 pp.
- Rohmert, W., & Landau, K. (1983). *A new technique for job analysis*. New York : Taylor & Francis Inc, 93 pp.
- Ryan, G.A. (1989). The prevalence of musculo-skeletal symptoms in supermarket workers. *Ergonomics*, 32, 359-371.
- Saari, J., & Wickström, G. (1978). Load on back in concrete reinforcement work. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 4, 13-19.

- Schierhout, G.H., Myers, J.E., & Bridger, R. (1993). Musculoskeletal pain and workplace stressors in manufacturing industry in South Africa. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 3-11.
- Schultz, A.B., Andersson, G.B.J., Haderspeck, K., Ortengren, R., Nordin, M., & Bjork, R. (1982). Analysis and measurement of lumbar-trunk loads in tasks involving bends and twists. *Journal of biomechanics*, 15, 669-675.
- Scott, G.B., & Lambe, N.R. (1996). Working practices in a perchery system, using the OVAKO Working posture Analysing System (OWAS). *Applied Ergonomics*, 27, 281-284.
- Shirazi-Adl, A. (1989). Strain in fibers of a lumbar disc: Analysis of the role of lifting in producing disc prolapse. *Spine*, 14, 96-103.
- Stålhammar, H.R., Leskinen, T.P.J., Kuorinka, I.A.A., Gautreau, M.H.J., & Troup, J.D.G. (1986). Postural, epidemiological and biomechanical analysis of luggage handling in an aircraft luggage compartement. *Applied Ergonomics*, 17, 177-183.
- St-Vincent, M., Tellier, C., & Lortie, M. (1989). Training in handling : An evaluation study. *Ergonomics*, 32, 191-210.
- Takala, E.-P., & Kukkonen, R. (1987). The handling of patients on geriatric wards : A challenge for on-the-job training. *Applied Ergonomics*, 18, 17-22.
- Thomas, R.G., van Baar, C.E., & van der Stee, M.J. (1995). Baggage handling postures and the design of conveyors. *Applied Ergonomics*, 26, 123-127.
- Tuure, V.-M. (1992). Determination of physical stress in agricultural work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 275-284.
- van der Beek, A.J., van Gaalen, L.C., & Frings-dresen, H.W. (1992). Working postures and activities of lorry drivers: A reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer. *Applied Ergonomics*, 23, 331-336.
- van der Beek, A.J., & Frings-Dresen, M.H.W. (1995). Physical workload of lorry drivers : A comparison of four methods of transport. *Ergonomics*, 38, 1508-1520.
- van der Beek, A.J., Kuiper, J.I., Dawson, M., Burdorf, A., Bongers, P.M., & Frings-Dresen, M.H.W. (1995). Sources of variance in exposure to nonneutral trunk postures in varying work situations. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21, 215-222.
- Van Dieën, J.H., & Oude Vrielink, H.H.E. (1994). Mechanical behaviour and strength of the motion segment under compression: Implications for the evaluation of physical work load. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, 293-305.

- van Wendel de Joode, B., Burdorf, A., & Verspuy, C. (1997). Physical load in ship maintenance : Hasard evaluation by means of a workplace survey. *Applied Ergonomics*, 28, 213-219.
- Väyrynen, S. (1991). Short and long-term effects of a training program on work postures in rehabilitees : A pilot study of loggers suffering from back troubles. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 7, 103-109.
- Wickström, G., Laine, M., Pentti, J., Hyytiäinen, K., & Salminen, J.J. (1996). A video-based method for evaluation of low-back load in long-cycle jobs. *Ergonomics*, 39, 826-841.
- Wiktorin, C., Mortimer, M., Ekenvall, L., Kilbom, I., & Hjelm, E.W. (1995). HARBO, a simple computer-aided observation method for recording work postures. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21, 440-449.
- Winkel, J., & Westgaard, R.H. (1996). A model for solving work related musculoskeletal problems in a profitable way. *Applied ergonomics*, 27, 71-77.
- Winn Jr., F.J., Biersner, R.J., & Morrissey, S. (1996). Exposure probabilities to ergonomic hazards among miners. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18, 417-422.

Table 1. The 38 newly proposed grids: main purpose^a, type of work targeted, and observation categories used

Studies	Work / Sector	Observation category						
		Posture	Exertion	Object handled	Environment	Use of feet	Use of hands	Task / activity
A. Exposure assessment (n=23)								
1. Karhu et al., 1977	All	✓	✓	✓		✓	✓	
2. Saari and Wickström, 1978	Concrete reinforcement	✓	✓	✓	✓			✓
3. Corlett et al., 1979	All	✓						✓
4. Damlund et al., 1986	Semi-skilled construction	✓	✓	✓	✓			✓
5. Keyserling, 1986	Automobile	✓						
6. Magnusson and Ötengren, 1987	Butchers	✓						✓
7. Chen et al., 1989	All	✓			✓	✓	✓	
8. Keyserling, 1990	All	✓						
9. Louhevaara et al., 1990	Manual sorting	✓	✓					✓
10. Malchaire and Rezk-Kallah, 1991	Bricklayers	✓	✓					
11. van der Beek et al., 1992	Lorry drivers	✓	✓	✓		✓		
12. Johansson et al., 1993	Truck assembly	✓		✓				
13. McAtamney and Corlett, 1993	Garment-making, VDU operators	✓	✓	✓		✓		
14. Pinzke, 1994	Agriculture	✓	✓	✓		✓		
15. Christensen et al., 1995	Wood furniture	✓	✓	✓	✓			
16. Fransson-Hall et al., 1995	All	✓	✓		✓		✓	
17. Frings-Dresen, 1995	Refuse collectors	✓	✓	✓	✓			✓
18. Grant and Habes, 1995	Grocery cashiers	✓					✓	
19. Thomas et al., 1995	Baggage handlers	✓			✓			
20. van der Beek and Frings-Dresen, 1995	Lorry drivers	✓	✓	✓	✓			✓
21. Wiktorin et al., 1995	All		✓	✓			✓	
22. Buchholz et al., 1996	Construction	✓		✓	✓	✓	✓	✓
23. Wickström et al., 1996	Industrial work	✓	✓	✓				✓
B. Risk assessment (n=4)								
24. Takala and Kukkonen, 1987	Nurses	✓	✓	✓	✓			✓
25. Harber et al., 1988	Nurses	✓	✓	✓	✓			✓
26. Schierhout et al., 1993	Manufacturing	✓	✓	✓	✓			
27. Winn Jr et al., 1996	Miners	✓	✓				✓	
C. Work assessment (n=11)								
28. Drury et al., 1982	MMH		✓	✓	✓		✓	✓
29. Lortie, 1986	Orderlies	✓	✓		✓			✓
30. Stålhammer et al., 1986	Baggage handlers	✓	✓					✓
31. Harber et al., 1987	Nurses	✓	✓	✓				
32. Foreman et al., 1988	All	✓					✓	✓
33. Ryan, 1989	Supermarket	✓	✓					✓
34. St-Vincent et al., 1989	Orderlies	✓	✓			✓		✓
35. Harber et al., 1992	Cashiers	✓	✓	✓			✓	
36. Kuorinka et al., 1994	MMH warehouse	✓	✓	✓		✓	✓	
37. Bani-Gingras and Lortie, 1995	Handlers	✓	✓	✓		✓	✓	✓
38. Authier et al., 1996	Handlers	✓	✓			✓	✓	✓
Total		36	28	21	14	10	13	19

^a In some cases, parts of the proposed grid have different purpose than the main one identified.

Table 2. Observation variables proposed (except posture)

Categories and sub-categories	Examples	References ^a
Exertion (n=26)		
A. Nature of exertion (n=18)	push, pull, lift, carry; dynamic, static	2, 4, 9, 11, 15, 16, 17, 20, 21, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 37
B. Intensity classes (n=4)	slight force ; heavy effort ; frequent lifting	4, 10, 13, 27
C. Object displacement or trajectory (n=3)	tilt of the object ; sliding, pivoting	28, 37, 38
D. Use of the body (n=2)	arms, back, legs action ; lifting motion	4, 34
E. Plane / axis / direction (n=5)	sagittal, asymmetric ; vertical, horizontal	28, 29, 31, 34, 37
F. Spatial context (n=11)		
• Height of grasps and deposite (n=9)	above shoulder ; below waist ; below knee	15, 16, 25, 26, 28, 29, 31, 36, 37
• Body - load distance (n=6)	close (< 50cm), far (> 50 cm)	4, 15, 23, 26, 28, 36
G. External support / load reduction (n=2)	limb on the bed ; leaning on one hand	23, 24
Object handled (n=23)		
A. Weight (n=17)		2, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 36
B. Typology (n=5)	small box, bags, street liter	17, 20, 31, 35, 37
C. Characteristic (n=8)		
• Handle / grip (n=2)	hands symmetrical ; handles positions	28, 37
• Format (n=4)	irregular, cylindrical	4, 28, 36, 37
• Patient (n=3)	patient' activation ; fighting patient	24, 25, 31
• Content (n=1)	loose content	28
• Quality (n=2)	unhandy material, rigidity	15, 37
Work environment (n=14)		
A. Equipment and aids used (n=5)	list of tools	4, 22, 24, 25, 29
B. Unfavor. conditions or events (n=10)		
• Space limitation (n=5)	space between the furnishing ; obstacles	17, 20, 24, 25, 28
• Unexpected strain : loads (n=2)	stumbling ; sliding	4, 15
• Incidents (n=2)	extra events, sorting errors	16, 19
• Other unfavor. conditions (n=4)	slippery footing ; type of work surface	2, 4, 15, 25
C. Physical agents (n=4)		
• Temperature (n=3)	temperatures extremes ; thermal load	4, 7, 26
• Vibration (n=3)	shocks ; whole body vibration	2, 7, 26
Use of feet (n=10)		
A. Foot position (n=4)		
• Spacing (n=1)	close, somewhat apart, far apart	34
• Angulation (n=1)	parallel, at angle	34
• Disposition (n=1)	feet side by side, one behind	36
• Distance vs platform/cart (n=1)	0-16 cm, 16-32 cm, 32-48 cm, 48-64 cm	38
• Feet vs axis of mouvement (n=1)	feet not or along the axis of movement	37
B. Foot support (n=7)		
• Base of support (n=5)	standing on the left leg ; nb of foot support	1, 11, 14, 22, 38
• Weight distribution (n=1)	weight evenly distributed over both feet	13
C. Foot displacement (n=1)	5-10 m, 10-50 m, > 50 m	7
Use of hands (n=13)		
A. Contact with object (n=7)		
• Position on object (n=4)	symmetrical, asymmetrical	28, 36, 37, 38
• Number of hand : object (n=2)	1 object : 2 hands, 1 object : 1 hand	18, 28
• Grip type (n=3)	power grip, precision grip	18, 32, 35
B. Spatial position (n=7)		
• With reference to worker (n=6)	hand above shoulder level	1, 16, 21, 22, 27, 32
• Region in front of the body (n=1)	in box, edge of box, outside of box	7
Task and activity (n=19)		
A. Identification (n=4)	emptying concrete from the bucket	4, 6, 23, 25
B. Breakdown (n=15)		
• Task (n=9)	assembling tasks	2, 3, 9, 17, 20, 22, 29, 32, 33
• Spatio-temporal (n=7)	pre-grasps, pick up, move/carry, put down	22, 24, 28, 30, 34, 37, 38

^a See Appendix

Table 3. Posture observation: postural deviation and angular breakdown range for each class used

Posture	Number of				Angular breakdown range			
	classes	studies	proposals	Y/N ^a	1 st class	2 nd class	3 rd class	4 th class
Back (n=33)								
Sagittal flexion (32) ^b	2	11	7	5	15° @ 60°	>15° & >45°		
	3	15	8		0° @ 30°	10° @ 90°	>45° & >90°	
	4	6	3		6° @ 45°	15° @ 90°	45° @ 135°	>75° @ >135°
Extension (6)	2	6	3	3	<5° & <-20°	>5° & >-20°		
Lateral flexion (5)	2	5	2	4	<45°	45° @ 90°		
Rotation / torsion (14)	2	14	3	12	<20° & <45°	>20° & >45°		
Sagittal fl. & rotation (7)	2	7	3	3	<10° & <20°	>20° & 10°-90°		
Lateral fl. / rotation (8)	2	6	3	3	<20° & <30°	>20° & >30°		
	3	1	1		<15°	15° @ 45°	>45°	
	4	1	1		<15°	15° @ 45°	45° @ 75°	>75°
Shoulder (n=15)								
Sagittal flexion (10)	2	5	2		<45° & <60°	>45° & >60°		
	3	2	2		<30° & <45°	30° @ 90°	>90°	
	4	3	2		10° @ 45°	10° @ 90°	45° @ 135°	>90° & >135°
Extension (3)	2	2	2		<-20° & <-30°	>-20° & >-30°		
	4	1	1		<45°	45° @ 90°	90° @ 135°	>135°
Flexion & abduction (4)	2	2	2	1	<60°	>60°		
	3	2	1		<45°	45° @ 90°	>90°	
Abduction / adduction (3)	2	2	2	1	<60°	>60°		
	4	1	1		<45°	45° @ 90°	90° @ 135°	>135°
External rotation (1)	2	1	1	1				
Elevation (2)	2	2	1	2				
Neck (n=10)								
Sagittal flexion (10)	2	6	3	4	<30° & <20°	>30° & >20°		
	3	3	3		10° @ 20°	10° @ 45°	>20° & >45°	
	4	1	1		<45°	45° @ 90°	90° @ 135°	>135°
Extension (4)	2	4	2	3	<-20°	>-20°		
Lateral flexion (5)	2	5	3	3	<30° & <45°	>30° & 45° @ 90°		
Rotation (6)	2	6	2	4	<45°	>45°		
Sagittal fl. & rotation (1)	2	1	1		<20°	>20°		
Lateral fl. / rotation (1)	3	1	1		<15°	15° @ 45°	>45°	
Knee (n=11)								
Sagittal flexion (11)	2	8	4	3	<15° @ 50°	>15° @ 50°		
	3	2	2		<10° & <30°	10° @ 80°	>45° & >80°	
	4	1	1		<45°	45° @ 90°	90° @ 135°	>135°

^a Yes / No notation^b Number of studies

Table 4. Reliability: protocol^a, element tested and main results

Ref.	Subjects		Jobs used	Mat. used	Variab. tested	Sample size ^b	Test	Main results
	Intra	Inter						
1	2	2	-	L	14	36240 obs, 52 tasks	Po	Inter: 93 (74 to 99) Intra: 86 (70 to 100)
3	10	-	5	L & V	6	60 postures	r	0.79 to 0.88
4		nm	-	L	12	-		Most marked difference: duration of inclined posture
5	1	5	2	L & V	3	75 s	-	Intra: high for trunk, less consistent for shoulder Inter: moderate for left shoulder, less for trunk/right sh.
11	-	2	-	L	7	-	Po ; κ	79 to 97 : 0.24 to 0.89
13	-	120	4	L	9	-	-	High consistency
15	nm	nm	-	L	6	-	-	Said as being satisfactory
16	5	5	4	L	4	-	W	0.67 to 0.90
17	-	-	-	-	-	-	κ	-
18	nm	nm	-	L	7	45-90 min/cashiers	r	Postures: 0.77 to 0.99 Grasp type: 0.40
20	-	-	-	-	-	-	κ	-
21	-	2	5	V	5	≈ 356 min.	r	0.99 & 1.00
22	1	1	2	L & V	15 & 17	-	Po	Intra: 65 to 97 Inter: 29 to 99
23	2	2	-	V	5	719 pictures	Po ; κ	Intra: 84 to 95 : 0.55 to 0.93 Inter: 56 à 94 : 0.24 à 0.92
24	1	-	-	-	11	15 to 36 obs.	r	0.41 to 0.97
32	2	2	-	V	6	-	Po	Intra: 74 to 100 Inter: 61 to 97
33	-	nm	-	L	14	-	-	Reported very similar results
34	2	2	-	L	11	44 sequences	Po	Intra: 91 (81-97) Inter: 89 (73-93)
35	nm	nm	-	L	4	10 × 20 min.	-	Intra: no temporal drift in the coding Inter: good, except lumbar flexion
37	nm	nm	-	L	36	-	Po	Over 90
38	-	-	-	-	-	-	Po	-
44	-	-	-	-	-	-	κ	-
48	-	2	-	L	14	-	Po	Variability was 4% with respect to final %
49	-	2	-	V	14	-	Po	85 to 94
55	-	2	-	V	14	593 postures	Po	97 to 100
56	-	2	-	L	14	90 obs.	Po	87 to 95
58	-	2	-	L	14	200 obs.	Po	Appeared to be over 97
62	-	2	-	-	14	-		-
65	-	2	-	L	14	540 obs. (3 hrs)	Po	Almost 90 for all post. except "body weight on one leg"
66	-	5	10	L	4	10-30 min./job	-	Perfect agreement (5 experts): 30% of the scores Consensus agreement (≥ 3 experts): 88% of the scores
69		nm	-	L	5	-	Po ; κ	76 to 97 : 0.66 to 0.86

Legend: nm=not mention, L=live, V=video, Po=percentage agreement, r=correlation coefficient, κ=Kappa coefficient.
W=Kendal coefficient of concordance

^a See table 6 for details of training and/or practice session

^b As reported

Table 5. Observation reliability: results obtained for different observation variables

Observation variables	Test	Reliability		Ref.
		Intra	Inter	
Standing				
Y/N ^a	<i>r</i>	0.83	-	3
Y/N : frequency : duration	<i>Po</i>	92, 87 : 93, 92	87 : 88	32
Back sagittal flexion				
< 5° 6-30° 31-60° 61-90° > 90°	<i>Po</i> ; κ	86 : 0.81	81 : 0.73	23
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	<i>Po</i> ; κ	-	79 to 85 ; 0.61 to 0.72	11
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	<i>Po</i> ; κ	-	76 : 0.68	69
< 45° 45-90° 90-135° > 135°	<i>r</i>	0.75	-	3
< 20° 20-45° > 45°	<i>Po</i>	73	61, 82 ^b	22
< 20° 20-45° > 45°	-	raw data	raw data	5
> 20°	<i>r</i>	0.77	0.74	18
> 60°	<i>r</i>	0.91	-	24
> 15° : frequency : duration	<i>Po</i>	98, 99 : 90, 93	91 : 94	32
> 30°	<i>r</i>	0.41	-	24
Hands > knee : frequency : duration	<i>Po</i>	92, 75 : 88, 76	90 : 61	32
Back rotation/lateral flexion				
Y/N	<i>r</i>	0.97	-	24
Y/N	<i>Po</i> ; κ	-	94 to 96 ; 0.48 to 0.59	11
Y/N	<i>Po</i> ; κ	84 : 0.60	56 : 0.24	23
> 20°	-	raw data	raw data	5
Shoulder flexion/abduction				
< 45° 45-90 > 90°	-	raw data	raw data	5
< 60° > 60°	<i>Po</i> ; κ	-	90 to 93 ; 0.51 to 0.65	11
< 60° > 60°	<i>Po</i> ; κ	-	90 : 0.79	69
> 60°	<i>r</i>	0.83	0.89	18
Elbow vs shoulder height	<i>Po</i>	97	78, 99 ^b	22

^a Yes No notation^b Two different jobs

Table 6. Observation reliability: impact of the training vs practice of the observers

Observation variables	Training	Practice	Test	Reliability		Ref.
				Intra	Inter	
Standing						
Y/N	1 hr	-	<i>r</i>	0.83	-	3
Y/N frequency duration	1 session	90 hrs	<i>Po</i>	87 vs 92 92 vs 93	87 88	32
Back sagittal flexion						
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	4 days	4 × ½ days ^a	<i>Po</i> ; κ	-	79 vs 83 ; 0.61 vs 0.69	11
< 15° 15-45° 45-75° > 75°	-	1 week	<i>Po</i> ; κ	-	76 ; 0.68	69
< 45° 45-90° 90-135° > 135°	1 hr	-	<i>r</i>	0.75	-	3
< 20° 20-45° > 45°	2 hrs	20 hrs	-	raw data	raw data	5
< 20° 20-45° > 45°	30 hrs	-	<i>Po</i>	73	61, 82 ^b	22
> 15° frequency duration	1 session	90 hrs	<i>Po</i>	99.5 vs 98 93 vs 90	91 94	32
Hands > knee frequency duration	1 session vs	90 hrs	<i>Po</i>	75 vs 92 76 vs 88	90 61	32
Back rotation/lateral flexion						
Y/N	4 days	4 × ½ days ^a	<i>Po</i> ; κ	-	95 vs 94 ; 0.49 vs 0.48	11
> 20°	2 hrs	20 hrs	-	raw data	raw data	5
Shoulder flexion/abduction						
< 45° 45-90 > 90°	2 hrs	20 hrs	-	raw data	raw data	5
< 60° > 60°	4 days	4 × ½ days ^a	<i>Po</i> ; κ	-	90 vs 93 ; 0.51 vs 0.53	11
< 60° > 60°	-	1 week	<i>Po</i> ; κ	-	90 ; 0.79	69
Elbow vs shoulder height	30 hrs	-	<i>Po</i>	97	78, 99 ^b	22
Miscellaneous						
4 post. ; 5 activities: frequency duration	- -	10 vs 100 hrs	<i>W</i>	- -	0.75 vs 0.67 0.76 vs 0.89	16

^a Observation criteria were modified between the two session^b Two different jobs

Table 7. Internal validity: element tested, reference used and main results

Postures (n) ^a	Reference used	Sample size	Main results	Ref.
Angular accuracy				
Trunk flexion: <15°, 15-45°, 45-75°, >75°	Optoelectronic VICON	25 pictures 2 observers	$r = 0.98$ Mean of absolute error < 5° for both obs.	11
Shoulder flexion: <60°, 61-120°, 121-180°	Goniometer	18 observations (30s/observations) 20 observers	Slightly overestimated for 1-60° Slightly underestimated for the 2 others Average absolute error of 9.2°	68
Frequency / duration				
Postures (10)	Frame-by-frame method	1 observer	$r = 0.65$ to 0.82 for head and trunk $r = 0.01$ to 0.49 for arm and leg	3
Postures (7)	Frame-by-frame method	75 s ; 1 observer	Good, except for mild flexion, twisted/bent	5
Postures (3), MMH	Video analysis + goniometer	20 observations 5 observers	Best agreement: "right hand > shoulder" Trunk flexion overestimated ; Duration of neck fl. vastly overestimated ; In general, frequency underestimated	16
Hands > shoulder or < knuckle level	Arm position analyzer	374 min. (69 subj.) 5 observers	$r = 0.69$ to 0.97	21
Trunk postures (5)	Frame-by-frame method	2 hrs ; 1 observer	Most marked difference for neutral (21%) and moderate flexion (24%)	22
Trunk flexion: 20-60°, >60°	Trunk flexion analyser	58,45,31 and 41 min. 1 observer	Modest trunk flexion (20-60°) underestimated	42
Trunk bending: >20°	Inclinometer	180 obs./worker 30 workers	Sedentary work $r = 0.62$ Dynamic work : $r = 0.57$ Large differences (> 20%) found at individual level	67
Postures (4), load	Optoelectronic VICON	21min.: 2 observers	Poor for torso flexion ($\kappa=0.38$), arms ($\kappa=0.43$), and legs ($\kappa=0.46$), load handled ($\kappa=0.50$) Acceptable for gross body posture ($\kappa=0.79$)	69
Postures (4), actions (4)	Optoelectronic Selspot II + video	10 min./task 1 observer	High agreement : duration and frequency of clearly identifiable sustained postures and actions Lowest agreement : postures of the neck	71

^a Number of postures tested

APPENDIX

New observation grids

1. Karhu et al., 1977
2. Saari and Wickström, 1978
3. Corlett et al., 1979
4. Damlund et al., 1986
5. Keyserling, 1986
6. Magnusson and Ötengren, 1987
7. Chen et al., 1989
8. Keyserling, 1990
9. Louhevaara et al., 1990
10. Malchaire and Rezk-Kallah, 1991
11. van der Beek et al., 1992
12. Johansson et al., 1993
13. McAtamney and Corlett, 1993
14. Pinzke, 1994
15. Christensen et al., 1995
16. Fransson-Hall et al., 1995
17. Frings-Dresen, 1995
18. Grant and Habes, 1995
19. Thomas et al., 1995
20. van der Beek and Frings-Dresen, 1995
21. Wiktorin et al., 1995
22. Buchholz et al., 1996
23. Wickström et al., 1996
24. Takala and Kukkonen, 1987
25. Harber et al., 1988
26. Schierhout et al., 1993
27. Winn Jr et al., 1996
28. Drury et al., 1982
29. Lortie, 1986
30. Stålhammer et al., 1986
31. Harber et al., 1987
32. Foreman et al., 1988
33. Ryan, 1989
34. St-Vincent et al., 1989
35. Harber et al., 1992
36. Kuorinka et al., 1994
37. Banl-Gingras and Lortie, 1995
38. Authier et al., 1995

Applications

39. Drury, 1985b
40. Punnett et al., 1991
41. Keyserling et al., 1993
42. Karlqvist et al., 1994
43. Nieves Seratos-Perez and Mendiola-Anda, 1993
44. van der Beek et al., 1995
45. Braam et al., 1996
46. Karhu et al., 1981
47. Ljungberg et al., 1989
48. Kant et al., 1990
49. Kivi and Mattila, 1991
50. Väyrynen, 1991
51. Burdorf et al., 1991
52. Tuure, 1992
53. Burdorf, 1992b
54. Chavalitsakulchai and Shahnava, 1993
55. Mattila et al., 1993
56. Engels et al., 1994a
57. Engels et al., 1994b
58. Doormaal et al., 1995
59. Carrasco et al., 1995
60. Grant et al., 1995
61. Puranen-Nevala, 1995
62. Hignett, 1996
63. Scott and Lambe, 1996
64. Engström and Medbo, 1997
65. van Wendel de Joode et al., 1997

Methodology

66. Keyserling and Wittig, 1988
67. Burdorf et al., 1992
68. Genaidy et al., 1993
69. de Looze et al., 1994
70. Burdorf, 1995
71. Leskinen et al., 1997
72. Andrews et al., 1997

APPENDICE 2

**ARTICLE : OBSERVATION : IMPACT OF OBSERVERS' EXPERIENCE AND
TRAINING ON RELIABILITY**

Observation: impact of observers' experience and training on reliability

Denys Denis

Joint Departments of Epidemiology and Biostatistics, and Occupational Health
McGill University

Monique Lortie and Mélanie Bruxelles

Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal

Monique Lortie, Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888,
Succ. Centre-ville, Montréal, Qc, Canada, H3C 3P8
E-mail : lortie.monique@uqam.ca.

Abstract

Observation reliability (agreement percentage and kappa coefficients) for both six experienced ergonomists and six inexperienced observers was computed. Observers were first tested after a training session and one week later after an additional practice session. Two formats were used: free practice and directed exercise. Reliability was tested for seventeen variables and twenty sequences using photo and video supports. The observers were asked to indicate whether they were confident about their answer, rate this confidence on a scale of one to ten, and explain the reason for this rating. Experience and additional practices had no clear impact on reliability which was overall excellent. The most common reason mentioned for a problem related to observations situated at the limit of two classes. Observers' rating on the scale appeared to be tied to the subsequent reliability computed and also appeared to be a useful tool for forecasting observation problems.

Keywords: Observation; Training; Experience; Reliability; Confidence rating.

1. Introduction

The use of observational procedures to collect data is a common practice in ergonomics. It has been particularly developed in the field of work analysis to understand how people work, how they cope with their situation (Amalberti et al., 1991; Leplat, 1993), and to assess their exposure to risk factors or their work load (Punnett et al, 1987; Chen et al., 1989; Burdorf, 1992) or their skill and performance (Shepherd, 1976; Kirwan and Ainsworth, 1992). Observation procedures can have multiple objectives such as the observation of operations executed, movements, incidents, information taking, orientation of regard, posture or position, *modus operandi*, strategies, etc.

Since the work carried out in Motion and Times Measurements (MTM), few studies have been conducted in this area. In MTM, the major issue has been the observers' reliability in assessing motion speed or tempo (Barnes, 1950). It has been shown that experienced observers can lose this ability without periodic recall using standardized material. Although the importance of observation procedures in data collection has been noted, few methodological studies have focused on using observation procedures to delineate the possibilities or the limits. Several studies have shown that reliability can be both low and excellent for similar types of observation. For instance, van de Beek et al. (1992) obtained 94% to 96% agreement (Po) for the notation "presence or absence of back rotation / lateral flexion," while Wickström et al (1996) recorded 56% . In addition, internal validity studies on postural deviation observation have shown that trained observers can achieve a good level of accuracy. For example, van de Beek et al. (1992) found a 5° for the observation of saggital flexion. Three main factors may explain these disparities: the observer's training, the definition of observation criteria, and the level of difficulty of the material tested. In the latter case, Buchholz et al. (1996), in testing two tasks, found a Po for saggital trunk flexion which varied between 61% and 82%, depending on the task viewed. It may therefore be said that the quality of data is in some way dependent on the material viewed. Finally, studies tend to show that intra-reliability is slightly better than inter-reliability (Denis et al, 2000). This may reflect the fact that when an observer has a bias, it is systematic. In turn, this raises the question of how many observers should be used.

Several problems can be noted. First, the publishing of observation grids has been more extensive in recent years. However, the conditions of use are barely mentioned. Second, while outside studies have been designed to verify observer reliability or accuracy, few studies have been carried out to establish the conditions of use, particularly as concerns training format/duration and the observers' qualifications. For instance, do the observers need to be experienced ergonomists? Third, ergonomists, in research as well as in an intervention context, often need to develop their own observation grid. For example, grids to characterize incidents in a hospital setting, in a warehouse or an assembly plant are very different one from the other. The grid designer needs to have indications about the observer's "human factors" : What are his or her capabilities? Which observation variables present more difficulty? How can problems inherent in the design of the grid be detected? Is it better to have more observers to avoid a systematic bias or to focus on a single observer? How can a systematic bias be detected?

While this paper does not attempt to answer all these questions, the study is intended to provide some responses to the following questions:

1. Does observer experience have an important impact on reliability?
2. What is the impact of additional practice sessions on observer reliability?
3. Which training format is more efficient?
4. Are there basic observation properties or conditions for which reliability is lower?

More specifically, can the observer characterize dynamic elements as well as static ones?

5. Is the observer able to detect an observation problem?

2. Material and method

2.1 Subjects

The study involved six inexperienced observers vs six experienced observers. The inexperienced observers were students – aged 24 (22 to 25) – who were completely unfamiliar with ergonomics. The experienced observers were ergonomists who had previously participated in studies involving observation procedures. Their average age was 34 (26 to 38) and they had obtained their first graduate degree in ergonomics six years ago.

2.2 Material and grid

Training material: The material consisted in two video tapes showing 20 sequences of box handling recorded with two cameras. The subjects transferred a box from a platform placed at 0.15 m from the ground, to a shelf positioned at waist level, on the left side of the subject, at a distance of 1.6 m. A large yellow cross was painted on each box, dividing it into nine sections. The floor was also taped, each square measuring 0.15 m. As these video tapes came from an experimental study involving biomechanical measurements, the subjects had also markers fixed for their spine and articulations. The experiment was recorded with two cameras positioned orthogonally one from the other. It was necessary to use a wide great angle for one camera. Since it was also necessary to make some compromises to meet biomechanical requirements (lighting, space), the visual quality of tape was not as good as usual.

Testing material: Two other video tapes showing another set of 20 sequences were used, as well as six portfolios, including 20 pairs of photos. The photos corresponded to the beginning of the take off, when the box begin to be leave the surface. They were used to characterize nine variables. The video sequences were used for eight other variables. Every subject had his or her own portfolio, while the monitor was controlled by the trainer.

Observation grid: The seventeen observation variables are summarized in Table 1. Most variables dealt with balance organization and box control. Video tapes were used when the element to be observed was dynamic (e.g. box acceleration) or when the observer was also required to decide on the moment for data taking (e.g. feet crossing one each other). The observer had to decide between two classes for ten variables. For three variables, he or she had to, depending on their answer, go through a second level of precision. When completing the grid, the observers were also asked: (1) to indicate whether they were confident about their answer; (2) their level of confidence on a scale of 1 to 10; (3) the main reason for a level of confidence below eight (e.g. not seeing well, criteria unclear for this situation, observation at the limit between two classes). Two variables were observed on both photo and video material, although at two different phases of handling (body/box distance; weight distribution vs feet).

2.3 Procedure

Experienced (Exp.) and inexperienced (Inex.) subjects were separated from the start and throughout the study. Because it was difficult to establish a schedule which would suit everyone, subjects sometimes met in smaller groups. First, they received a morning training session lasting roughly two hours. The trainer explained the different observation criteria, using an editing of 20 sequences. The sequences were used to illustrate different variable classes. The trainer also went through four sequences to review the seventeen variables. The subjects were encouraged to ask questions. In fact, the duration of training was directly related to the subjects' questions – the experienced observers being more demanding (4 Inex.: 100 min.; 2 Inex.: 75 min.; 6 Exp.: 115 min.). Observers were tested for 20 sequences in the afternoon.

When the subjects returned a week later, they were divided into two groups. The first group had a free practice session and the trainer was available to answer any questions. For the second group, the practice session consisted in group directed exercises. The subjects were asked to view a sequence twice or to look at a photo and to record their answers. These were immediately compared and discussed. For both groups, the trainer first took from ten to fifteen minutes to review the grid. Except for one group, the practice sessions lasted around two hours (Free practice: 3 Inex.: 100 min., 3 Exp.: 160 min.; Directed exercises: 3 Inex.: 115 min., 3 Exp.: 106 min.). As only one video monitor was used, the practice session lasted the amount of time the slowest observer needed. Observers were tested in the afternoon.

2.4 Statistical analysis

Both percentage agreement (Po) and kappa coefficient (Cohen, 1960) were computed. The kappa takes in account the rarity of events. A high Po parallel with a low kappa indicates that disagreements were recorded on small classes. For variables with three ranked classes, weighted kappa coefficient were computed. The weighted kappa is more penalising for disagreement between extreme classes than adjacent ones. Both Po and kappa coefficients were calculated using the trainer's answer as a value reference. Overall kappa was also computed.

3. Results

3.1 General performance

As shown in Table 2, the Po after the first training was superior to 90% about one time out of three and superior to 80% three times out of four (classes grouped). The kappa values were superior to 0.6 two times out of three, the lowest value computed being 0.53.

3.2 Impact of experience on observer reliability

As it can be seen from Table 3, Po and kappa were quite similar for both experienced and inexperienced observers at every stage.

The only impact recorded was the time the subjects took to complete the grid. As shown in Table 4, the observers' performance was quite variable, the slowest subject taking three times longer than the fastest. Experienced observers took about 30% more time to complete the 20 grids than the inexperienced ones for both the photos (Exp.: 105 min.; Inex.: 68 min.) and the video (Exp.: 125 min.; Inex.: 92 min.). Nevertheless, they almost caught up with the inexperienced observers during the second testing session.

In general, the trainer found training the experienced observers to be more demanding. They were more curious about the choice of variables selected. Inexperienced observers concentrated more on simply understanding the observation criteria.

3.3 Impact of additional practice and its format on observer reliability

Practice slightly improved the reliability over the training (see Table 2), and the directed exercises were slightly more efficient than the free practice.

In fact, the practice session mainly had an effect on the recording pace, which was significantly faster after both types of practice. The impact was particularly important for the slowest observers, who tended to catch up with the fastest. After the practice sessions, the subjects took an average of about 25 seconds to complete each variable. No relationship was noted between the duration and the agreement ratio.

3.4 Type of observation event and support used

The Po and kappa coefficients were lower by 5% to 10% for the dynamic variables for all conditions (Table 2). No satisfactory results could be achieved for the “distance between the box vs the body” observation, and mixed results were noted in respect of the “foot crossing” observation.

Observers had to check for a second level of accuracy for three variables (v.4, v.5, v.15). For example, they first had to decide whether the back center was inside or outside the foot support base; when it was inside, they then had to choose between three classes (toward the foot point, middle, toward the heel). The adding of a supplementary class systematically diminished the reliability, especially in relation to the “back position vs the foot base”. The average Po (after directed exercises) decreased by 2% up to more than 20% (pelvis vs foot : 86% vs 79%; foot crossing : 77% vs 75%; back position vs foot : 95% vs 71%).

The observers had to indicate their reason for scoring below eight on the confidence scale (see Table 5). The most common reason given was an observed event bordering two classes, especially for dynamics variables. In this respect, the lower reliability rates obtained for these variables appear to be primarily related to the difficulty of the material viewed. The second most common reason was a visual difficulty – particularly for “the box left hand contact” observation. Difficulty with the observation criteria was rarely mentioned.

3.5 Are the observers able to detect observation problems?

Results show that the answer is both yes and no. On average, 96% of the time, the observer answered “yes, I am confident”. Except for one instance (left hand location : 87%), at least 94% of them felt confident. This was not a discriminating question.

The observers were asked to rank how confident they were on scale of one to ten. As shown in Table 6, they scored below nine more often for less reliable observations. Except for one case, when the Po was superior to 90%, the observers rated nine or ten on the confidence scale at least 77% of the time. The sole exception, “box left hand contact” is a variable for which observers had a visual difficulty, which seems to have been overestimated in respect of confidence. For variables showing a lower agreement rate

(below 80%), observers rated eight or less about half the time. The observers' confidence rating thus appeared to be related to their subsequent reliability.

Neither additional practices nor experience affected the confidence scoring. These were not sufficient to solve observation problems.

3.6 Overall agreement vs trainer agreement

The overall agreement and the agreement vs the trainer were calculated with the kappa statistic. The question raised was the reliability of the trainer himself. The trainer and the dominant answer agreed (the class selected by the larger number of the twelve subjects) for 89% of the 340 answers ($n=303$). For these 37 cases, we verified whether these answers corresponded to situations showing a general lower agreement. In 25 cases, the trainer's answer differed, while the other observers were divided among themselves (less than eight gave the same answer). In ten cases, the trainer's answer differed from the others, although these latter answers showed a good consensus (i.e. at least eight gave the same answer). In two cases, the trainer's answer was opposed to that of the twelve observers. For each group tested under the different conditions, the maximum difference recorded between the two kappas calculated was 0.03. In general, the overall kappa was slightly lower than the kappa calculated in using the trainer's answer as reference value.

4. Discussion

4.1 Experience and training impact

The observers' experience did not emerge as an important factor, as concluded in the Fransson-Hall et al. (1995) study. In addition, it was not shown that adding a practice session to the training session had clear impact on the reliability. This is consistent with the conclusions of a review comparing the reliability coefficients recorded in thirteen studies relating to the length of the training and practice sessions reported in these studies (Denis et al., 2000). However, additional practice sessions had an impact upon the efficiency (duration). Furthermore, with practice, the observers who were initially slower caught up with the faster observers.

In field research, it is often difficult to predict the duration of observation procedures. This study indicates that an average of 30 seconds per variable/sequence

may provide some bases on which to assess the length of time required to record observation data. Although we have not determined whether this could be improved with more training, our feeling was that the pace achieved after a two-hour practice session could not have been significantly improved.

Although practice did not greatly improve the reliability, directed exercises appeared to be a more interesting formula than free practice sessions. They are more helpful in identifying potential observation problems. Observers may become more aware of border difficulties because they are immediately confronted with their answers. However, the key factor remains the clarity of observation criteria itself.

4.2 Are there basic observation properties or conditions for which the reliability is lower?

As indicated in the introduction, the reliability reported across different studies showed important variations. Nonetheless, the present study does confirm that observers can be reliable. The material used here presented some advantage because the cameras were in a fixed position and the floor and boxes were marked. However, the visual quality was impaired because we had to make some compromises in respect of the lighting and position of the camera to meet biomechanical needs. On the whole, the material could not be described as easy material.

This study shows that the difficulty of the material – or the video-taped task – may be the major factor affecting reliability, as suspected from the review (Denis et al. 2000). Lower reliability was noted when more events were at the limit of two classes. This was especially the case for the dynamic variable, where it could represent up to 20% of the sequences reviewed. Observers faced a decision problem. It is therefore necessary to assess the material itself. Here, the three types of difficulties appeared sufficient to cover most observation problems. However, adding a question on perspective difficulties could be valuable (Paul and Douwes, 1993). Identifying visual difficulties can help in the positioning of the camera. It is usually possible to improve observation criteria once the problem is identified. Nevertheless, observation criteria may be clear although inadequate. For instance, the setting of new observation criteria for the variable

“box/body distance” subsequently improved the reliability to 90%. This variable is an important parameter in calculating the manual handling equation.

Border class is a more difficult problem to solve. In a previous study on observation training (Baril-Gingras and Lortie, 1990), we found that observers tended to be conservative in one way or another. This is consistent with the fact that intra-observer reliability is usually higher than inter-observers (Denis et al. 2000). Group training was found helpful in setting similar reference values when several observers were involved. Directed exercises may be useful here. Difficulty with limiting the zone could also be solved by using a different observation strategy. As far as observers know when they are at the limit of two class, this ability can be used in the observation procedure to systematically document the importance of the phenomena. As shown through internal validity studies, observers can be accurate (van der Beek et al., 1992). For example, we know here that 31% of the time, the use of acceleration was assessed as being at the limit. This is a result in itself. A parallel may be established with perception scales validation studies. While comparing the validity of six scales, Shen and Parsons (1997) obtained the best results with the CP-50 (Category Partitioning), which operates in two steps. The subjects scale between five categories, which are further divided into ten scale points. This makes it possible to avoid the ceiling effect on ratings for any extremity. This strategy could be adapted in observation procedures.

The above would overcome what appears to be a paradox: As the number of classes increases, the reliability decreases. However, the fewer the number of classes used, the lower the internal validity.

4.3 Is the observer able to detect observation problems?

Observers appeared to be able to detect problems. However, simply asking them if they are confident is insufficient. A rating scale should be used. Here, the observer was asked to indicate the reason only for scores below eight. A better cut-off point would be below nine. When designing a new grid and setting observation criteria, it is always difficult to forecast the problems that may arise. The use of a confidence scale thus appears to be a useful strategy to detect these problems. A short inquiry into the reasons for being less confident would make it possible to highlight these reasons.

A second problem relates to how well the designer understands his or her criteria. A comparison of the two kappa coefficients (overall and in respect of the designer's own observation results) can provide a good indication. However, reliability does not mean internal validity. A mistake can be systematic. A second study is currently underway to compare the observations with biomechanical measures.

5. Conclusion

Overall, observers' experience and additional practice did not improve their reliability. In fact, the observation problems identified by the observers were not addressed in subsequent practices. The main difficulty mentioned related to the fact that the event to observe was at the limit of two classes, which reflects the difficulty of the material used. Since the reliability results depended on the difficulty of the material used, the material should be assessed in this respect. The use of a confidence scale could be a simple means of assessing both the problems associated with the material and the observers' problems.

References

- Amalberti, R., de Montmollin, M. and Theureau, J., 1991, *Modèles en analyse du travail*, (Liège: Mardaga).
- Baril-Gingras, G. and Lortie, M., 1990, L'observation en ergonomie : comment s'assurer de la reproductibilité des données?, in *Proceedings of SELF 26th Annual Meeting*, 23-26.
- Barnes, M.M., 1950, *Motion and time study*, 3th edn (Chapman & Hall).
- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D. and Moir, S., 1996, PATH : A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work, *Applied Ergonomics*, **27**, 177-187.
- Burdorf, A., 1992., Exposure assessment of risk factors for disorders of the back in occupational epidemiology, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, **18**, 1-9.
- Chen, J.-G., Peacock, J.B. and Schlegel, R.E., 1989, An observational technique for physical work stress analysis, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **3**, 167-176.
- Cohen, H., 1960, A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 37-46.
- Denis, D., Lortie, M. and Rossignol, M., 2000. Observation procedures characterizing occupational physical activities : critical review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, (In press).
- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, I. and Winkel, J., 1995, A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling, *Applied Ergonomics*, **26**, 93-100.
- Kirwan, B. and Ainsworth, L.K., 1992, *A guide to task analysis*, (London : Taylor and Francis).
- Leplat, J., 1993, *L'analyse du travail en psychologie ergonomique: recueil de textes*, Tome 2 (Octares Editions).
- Paul, J.A. and Douwes, M., 1993, Two-dimensional photographic posture recording and description : a validity study, *Applied Ergonomics*, **24**, 83-90.
- Punnett, L. and Keyserling, W.M., 1987, Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: application and critique of job-site work analysis methods, *Ergonomics*, **30**, 1099-1116.

- Shen, W. and Parsons, K.C., 1997, Validity and reliability of rating scales for seated pressure discomfort, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **20**, 441-461.
- Shepherd, A., 1976, An improved tabular format for task analysis, *Occupational Psychology*, **49**, 93-104.
- van der Beek, A.J., van Gaalen, L.C. and Frings-dresen, H.W., 1992, Working postures and activities of lorry drivers: A reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer, *Applied Ergonomics*, **23**, 331-336.
- Wickström, G., Laine, M., Pentti, J., Hyytiäinen, K. and Salminen, J.J., 1996, A video-based method for evaluation of low-back load in long-cycle jobs, *Ergonomics*, **39**, 826-841.

Table 1. Observation variables

Support / observation	Classes / descriptors	# classes
<u>Photo / static</u>		
1. Foot distance at the taking off	< 1 square, 1 @ 2, > 2 ; 1 sq = ,15 m	3
2. Foot in contact with ground	Between the closest foot extremity vs the plateforme: 1 (left vs right) vs 2 feet, whenever the importance of contact.	2 (2)
3. Body weight distribution vs feet	On both feet vs mainly on one (left or right)	2 (2)
4. Back position vs foot base	Outside vs Inside (toward talon back, middle, toward point foot); Line projected from the back center to floor vs foot support base.	2 (3)
5. Pelvis position vs foot base	Inside vs Outside (< vs > 1 sq.), N/A (when on a single foot). Line projected from end of buttock to floor vs foot support base.	3 (2)
6. Right hand box location	Plan, Edge, Corner. Number of box surfaces in contact with the hand	3
7. Left hand box location	idem V. 6	3
8. Hand opposition vs gravity vector ?	Yes, No, Partly (i.e. finger tips). Is the hand location opposed to gravity i.e is a hand placed under the box	3
9. Foot oriented toward deposit zone while taking off the box ?	Yes (i.e. one foot almost perpendicular to the deposit; body usually oblique), Partly, No, N/A (a single foot)	4
<u>Dynamic / video sequence</u>		
10. Box accelerated while transferring?	Yes, No	2
11. Feet stabilization work?	Yes (feet / ankle shaking, unwanted small foot movements), No	2
12. Load suddenly tilting ?	Yes, No	2
13. Load (center) - body distance while transferring	Very close ($\pm$ in contact), < forearm lenght, > forearm lenght	3
14. Maximum box height	Below waist vs not; ref. load center	2
15. Foot crossing when walking	Yes (1 sq. vs 2 sq.), No. N/A when no walk as with a large step transfer.	3 (2)
16. Load stabilized before deposit	Yes vs No. Position stable before deposit; no tilting or rotation.	2
17. Body weight distribution at deposit vs feet	Both feet vs One (left vs right)	2 (2)

Table 2. Post training and practices reliability

	Training		Free practice		Directed exercises	
	Po	Kappa	Po	Kappa	Po	Kappa
<u>Static / photo</u>						
1. Foot distance (3 classes)	93,8	,67	93,3	,63	95,0	,71
2. Floor contact: 1 / 2 feet	98,3	,94	99,2	,98	99,2	,98
3. Weight distr.: 1 / 2 feet	89,2	,82	92,5	,85	88,3	,81
4. Back/foot base: in / out	97,5	,91	95,8	,76	95,0	,95
<i>Back vs foot base: 4 cl.¹</i>	73,8 ¹	,74 ^{1,2}	70,9 ¹	,70 ^{1,2}	70,9 ¹	,82 ^{1,2}
5. Pelvis/foot base: in / out	79,2	,67	76,7	,67	85,8	,78
<i>Pelvis vs foot base: 3 cl.¹</i>	74,0 ¹	,67 ^{1,2}	72,7 ¹	,63 ^{1,2}	79,2 ¹	,71 ^{1,2}
6. Box left hand contact: 3 cl.	87,1	,57	91,7	,61	93,3	,73
7. Box right hand cont.: 3 cl.	91,7	,68	95,0	,74	94,2	,71
8. Hand opp. gravity: y / n	74,6	,54	81,7	,67	80,0	,65
9. Feet orientation.: 3 cl.	90,1	,87 ²	85,4	,75 ²	94,8	,91 ²
<i>Mean</i>	88,1	,74	90,1	,74	91,7	,80
% agree. $\geq 90\%$, $K \geq ,8$ (n)	5	4	6	2	6	4
% agree. $\geq 80\%$, $K \geq ,6$ (n)	7	7	8	9	9	9
<u>Dynamic / video</u>						
10. Box acceleration: y / n	80,0	,57	77,5	,55	84,2	,64
11. Feet stabiliz. work: y / n	82,5	,59	85,8	,55	88,3	,69
12. Box unwanted tilting? y/n	86,3	,71	89,2	,76	90,0	,78
13. Box/body distance: 3 cl.	65,8	,53 ²	65,0	,53 ²	71,7	,58 ²
14. Max. box height: 2 cl.	86,7	,63	85,0	,67	85,0	,53
15. Foot crossing: y / no	74,0	,50 ²	77,5	,69	76,7	,62
<i>Foot crossing: 3 cl.¹</i>	68,2 ^{1,2}	,57 ¹	75,9 ¹	,69 ^{1,2}	75,2 ¹	,66 ^{1,2}
16. Box stabil. before dep.: y/n	94,2	,73	91,7	,70	92,5	,81
17. Wght distrib.at dep: 1 / 2 ft	85,8	,78	90,8	,86	92,5	,88
<i>Mean</i>	81,9	,63	83,0	,66	85,1	,69
% agree. $\geq 90\%$, $K \geq ,8$ (n)	1	0	2	1	3	2
% agree. $\geq 80\%$, $K \geq ,6$ (n)	6	4	5	5	6	6

¹ Not included in totals

² Weighted Kappa

Table 3. Impact of experience on reliability

Experience	Training		Free practice		Directed exercices	
	Po	Kappa	Po	Kappa	Po	Kappa
Yes	85,8	,70	88,1	,72	88,8	,76
No	85,8	,69	85,3	,68	88,5	,74

Table 4. Observer' performance: duration for observation recording (minutes)

Observer	Post training		Post practice		Improvmnt (%)	
	Photo	Video	Photo	Video	Photo	Video
<u>No Experience</u>						
Direct. exerc. 1	60	100	45	85	+15	+15
2	70	100	50	85	+20	+15
3	70	100	50	85	+20	+15
Free practice 4	55	100	60	65	+ 5	+35
5	75	75	55	65	+20	+10
6	75	75	60	65	+15	+10
<i>Mean (min.)</i>	68	92	53	75	+16	+17
<u>Experience</u>						
Direct. exerc. 1	95	125	58	92	+37	+33
2	118	125	67	92	+51	+33
3	148	125	90	92	+58	+33
Free practice 4	82	125	46	75	+36	+ 50
5	86	125	60	58	+26	+ 67
6	98	125	46	75	+52	+50
<i>Average (min.)</i>	105	125	61	81	+43	+44
<i>Diff. Inexp. vs Exp.</i>	-37	-33	-8	-6		

Table 5. Observer confidence and problems post training and practice sessions

	'yes, confident' %		Confidence below 8 (%)		Observer problem ¹					
	Post		Post		Post training (%)			Post practice (%)		
	Train.	Pract.	Train.	Pract.	Limit	Crit.	Visual	Limit	Crit.	Visual
<u>Static / photo</u>										
1. Foot distance (3 classes)	99	99	5	5	3	,5	2	5		,5
2. Floor contact: 1 / 2 feet	98	99	8	9	4		4	6		4
3. Weight distribut: 1 / 2 feet	98	100	8	4	5		3	4		,5
4. Back vs foot base: 4 cl.	98	95	17	21	7	,5	10	15		5
5. Pelvis vs foot base: 3 cl.	95	97	12	18	10		2	13	,5	5
6. Box lft hand contact: 3 cl.	87	90	30	32	5		25	5		26
7. Box rgt hand contact: 3 cl.	95	98	9	6	5		5	1		5
8. Hand opp. gravity: y / no	96	95	15	14	9		6	5	,5	9
9. Feet orient. at dep.: 3 cl.	97	98	5	10	4	,5	1	8	,5	2
<i>Mean</i>	<i>96</i>	<i>97</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>6</i>	<i>-</i>	<i>6</i>	<i>7</i>		<i>6</i>
<u>Dynamic / video</u>										
10. Box acceleration: y / no	92	96	28	14	21	7		15	,5	
11. Feet stabiliz. work: y / no	97	98	16	15	16			15		
12. Box unwanted tilting? y / n	98	96	17	14	16			12	1	,5
13. Box vs body distance: 3 cl.	94	94	20	22	17	,5	2	15		6
14. Max. box height: 2 cl.	96	97	11	12	11			10	,5	1
15. Foot crossing: 3 cl.	98	99	13	20	13			16	,5	3
16. Box stabil. before dep.: y / n	98	99	6	8	5	,5		7	1	
17. Wght distrib.at dep: 1 / 2 feet	99	100	1	3	2			3		
<i>Mean</i>	<i>96</i>	<i>97</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>13</i>	<i>1</i>	<i>-</i>	<i>12</i>	<i>1</i>	<i>3</i>

¹ Limit: at the border of two classes ; criteria: unclear ; visual: difficult to see.

Table 6. Reliability vs confidence rating

	Po	K	Confidence rating			
			9-10	8	7	≤ 6
Floor contact (P)	99,2	,98	84,2	7,1	7,9	0,8
Box rgt hand contact (P)	94,6	,73	77,1	17,1	3,7	2,1
Feet distance (P)	94,2	,67	92,1	2,9	4,6	0,4
Box left hand contact (P)	92,5	,67	48,3	20,0	17,9	13,7
Box stabil. before dep. (V)	92,1	,75	77,1	15,0	6,7	1,2
Wght distrib.at dep. (V)	91,7	,87	82,1	14,6	3,3	0,0
Wght distribut. (P)	90,4	,83	85,8	10,0	3,3	0,8
Feet orientation (P)	90,1	,83	77,1	12,9	9,6	0,4
<i>Mean</i>			78,0	12,4	7,1	2,4
Box unwanted tilting? (V)	89,6	,77	69,6	16,2	10,4	3,7
Feet stabiliz. work (V)	87,1	,62	55,8	28,7	14,6	0,8
Max. box height (V)	85,0	,60	67,9	20,0	10,4	1,7
Hand opp. gravity (P)	80,8	,66	67,9	18,3	10,4	3,3
Box acceleration (V)	80,8	,60	54,2	31,7	12,1	2,1
<i>Mean</i>			63,1	23,0	11,6	2,3
Pelvis vs foot base (P) ¹	75,9	,67	52,5	29,6	14,2	3,7
Foot crossing: (V) ¹	75,5	,67	57,9	22,1	15,0	5,0
Back vs foot base (P) ¹	70,8	,76	51,2	27,9	17,9	2,9
Box vs body distance (V)	68,3	,55	48,7	29,6	18,3	3,3
<i>Mean</i>			52,6	27,3	16,3	3,7

¹ Po and K without classes grouping.