

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAITRISE EN GÉNIE
CONCENTRATION GÉNIE DES RISQUES DE SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL
M. Sc. A.

PAR
Camille SÉGUILLON

MESURE DU CRITÈRE ACTIF/PASSIF DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION
INDIVIDUELLE

MONTRÉAL, LE 17 MARS 2015

©Tous droits réservés, Camille Séguillon, 2015

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre média une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

M. Jean Arteau, directeur de mémoire
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

M. Éric Wagnac, président du jury
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

M. Yves Beauchamp, membre du jury
Département de génie mécanique à l'École de technologie supérieure

M. Adel Badri, examinateur externe
Professeur
Département de génie industriel
École d'ingénierie
Université du Québec à Trois-Rivières

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 6 FEVRIER 2015

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je remercie Madame Sylvie Nadeau et Monsieur François Morency, professeurs référents en Génie des Risques de Santé et Sécurité du Travail (GRSST) à l'École de Technologie Supérieure (ÉTS), de m'avoir acceptée dans leur programme de maîtrise.

Je remercie aussi Monsieur Jean Arteau, professeur au département de génie mécanique de l'ÉTS d'avoir accepté d'être mon directeur de recherche, de m'avoir confiée un sujet de recherche et de m'avoir soutenue tout au long de mes recherches.

Je tiens aussi à remercier mes parents sans qui je n'aurais pas pu réaliser l'expérience de suivre des études à Montréal.

Je remercie également mon frère et mes amis français d'être venus me visiter.

Enfin, je remercie mes amis de Montréal qui ont su me soutenir et m'encourager.

MESURE DU CRITÈRE ACTIF/PASSIF DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Camille SÉGUILLON

RÉSUMÉ

Il existe deux types d'équipement de protection : les équipements de protection individuelle ÉPI et les équipements de protection collective ÉPC. L'ÉPI ne protège qu'une personne (casque, lunettes) alors que l'ÉPC protège plusieurs personnes en même temps (garde corps, filet). L'ÉPI est le dernier recours que possède le travailleur pour se protéger. Son mode de sélection se doit d'être optimisé. Un ÉPI protège un travailleur contre un danger précis lors de la réalisation de sa tâche. Le concept d'actif/passif semble être intéressant à exploiter pour une meilleure sélection des ÉPI. Le critère actif/passif découle de l'obligation du travailleur d'agir (actif) ou de ne pas agir (passif) pour rendre son équipement effectif. Le nombre d'interventions de la part du travailleur varie selon les ÉPI d'une même catégorie protégeant des mêmes dangers; la notion de différents niveaux ou de degré d'activité peut être introduite.

Le concept d'actif/passif est très peu exploité à l'heure actuelle. Une première définition est issue de la revue de la littérature. Une analyse d'un article sous l'angle d'actif/passif permet de mettre en avant la notion de point de vue. Trois points de vue sont identifiés : la mise en place de l'équipement, pendant la réalisation de la tâche et la maintenance et l'entretien de l'équipement. Une nouvelle définition est alors proposée en intégrant la notion de point de vue. Par exemple, pour le point de vue de la réalisation de la tâche, les ÉPI actifs sont les équipements qui demandent une action de la part du travailleur et les ÉPI passifs sont les équipements qui ne demandent aucune action de la part du travailleur. Ce concept d'actif/passif soulève plusieurs questions de recherche. Par exemple, l'échelle de mesure est-elle une bonne représentation du degré d'activité? Le nombre de gestes est-il bien représentatif du degré d'activité? Le temps est-il aussi un élément intéressant à relever au cours des expérimentations pour la mesure du degré d'activité? Quelle est la relation entre le temps mesuré et le nombre de gestes? Est-ce que la préférence des travailleurs va être pour les équipements les plus passifs ou est-ce que l'habitude va entrer en jeu?

Pour rendre compte de ce concept d'actif/passif des expérimentations sont envisagées. Un rapport écrit sur les ferrailleurs (Arteau et al., 2007) est analysé sous l'angle actif/passif. Ce rapport présente une évaluation comparative des systèmes d'arrêt de chute pour les poseurs d'acier d'armature. L'expérimentation avait pour objectif de déterminer la combinaison de lien optimale pour la réalisation de la tâche qui consiste à placer des barres d'armature sur une structure à différentes hauteurs. Trois types de liens sont testés : une longe avec absorbeur d'énergie attachée en position dorsale ; une longe avec absorbeur d'énergie attachée en position sternale et un enrouleur-dérouleur fixe attaché en position dorsale. Analysé sous l'angle actif/passif, l'objectif est d'expliquer la préférence d'un lien par le moins de gêne créée par ce lien avec la tâche à réaliser.

VIII

À l'aide des résultats du rapport sur les ferrailleurs, il est possible d'obtenir une représentation sous forme d'échelle de mesure des différentes variables dépendantes. Néanmoins, comme aucune expérimentation directe n'a été réalisée pour ce mémoire, il est impossible de donner une échelle de mesure précise du degré d'activité. Seul un classement des équipements en fonction de leur degré d'activité est possible. Un protocole exhaustif est proposé pour compléter cette analyse.

Mots-clés: Équipement de protection individuelle (EPI), actif, passif, l'interaction des travailleurs, équipement de protection antichute.

ACTIVE-PASSIVE CRITERIA AS A MEASUREMENT OF THE USERS' INTERACTION WITH PPE

Camille SÉGUILLON

ABSTRACT

There are two types of protective equipment: individual protective equipment IPE and collective protective equipment CPE. IPE protects only one person (helmet, glasses) while the CPE protects several persons simultaneously (guardrail, safety net). The IPE is the last resort that the worker has to protect himself. Its selection must be optimized. IPE protects a worker against a specific hazard when he is performing his task. The active/passive concept seems to be interesting for a better selection of IPE. The active/passive criterion results from the worker's obligation to act (active) or not to act (passive) to make its IPE effective. The number of actions made by the worker on his IPE varies for the same category protecting against the same hazards; the notion of different levels or activity level can be introduced.

The active/passive concept is rarely used actually. A first definition is derived from the literature review. An analysis of an article with the active/passive concept allows highlighting the notion of points of view. Three points of views are: equipment installation or donning (before), during performing the task and the maintenance and servicing of the equipment (after). A new definition is then proposed incorporating the notion of points of view or work phase. As example, for the point of view of the completion of the task, active IPE are equipment that require action by the worker and passive IPE are equipment that require no action by the worker. This concept of active/passive raises several research questions. Is a scale, a good representation of the level of activity? Is the number of actions representative of the degree of activity? Is the duration an interesting measurement of the degree of activity? What is the relationship between the measured duration and the number of actions? Does the preference of workers going to be for the most passive?

To assess this concept of active/passive, experiments are considered. A report on rebar installers (Arteau et al., 2007) is analyzed from the active / passive angle. (Rebar: reinforcing steel in concrete). This report presents a comparative assessment of fall arrest systems for rebar installers. The experiment was designed to determine the optimal combination of fall arrest connecting link to the achievement of the task of placing rebar on a structure at different heights. Three types of links are tested: an energy absorbing lanyard attached dorsally; energy absorbing lanyard attached in sternal position and a self-retracting lanyard on fixed anchor attached dorsally. The aim of the analysis from the active / passive angle is to explain the preference of a link that creates the least discomfort with the task.

By using the results of the report on rebar installers, it is possible to present the different dependent variables in the form of scale. However, as no direct testing was conducted, it is impossible to give a precise measurement scale to the degree of activity. Only a ranking of equipment according to their degree of activity is possible and a relation of the ranking with

X

the level of activity is foreseeable. An extensive protocol is proposed to complete this analysis.

Keywords: Individual protective equipment (IPE), active, passive, interaction of workers, fall protection equipment.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE	5
1.1 Introduction.....	5
1.2 Mémoire d'Isabelle Desjardins-David.....	5
1.3 Actif/passif : définition	6
1.4 Analyse d'un article sous l'angle actif/passif	6
1.4.1 Introduction.....	6
1.4.2 Mise en place de l'équipement.....	7
1.4.3 Travailleur effectuant sa tâche	9
1.4.4 Maintenance, entretien et vérification.....	10
1.4.5 Exemples.....	10
1.4.6 Justification du choix du point de vue	12
1.5 Systèmes	14
1.5.1 Définitions.....	14
1.5.2 Classification.....	15
1.6 État des connaissances	16
1.6.1 Ceinture de positionnement	16
1.6.2 Système d'arrêt de chute	17
1.6.2.1 Introduction.....	17
1.6.2.2 Dispositif d'arrêt de chute.....	17
1.6.2.3 Cordon d'assujettissement (longe).....	18
1.6.2.4 Harnais de sécurité.....	18
1.6.2.5 Corde d'assurance verticale	20
1.6.2.6 Absorbeur d'énergie.....	20
1.6.2.7 Enrouleur-Dérouleur	20
1.6.2.8 Longes avec absorbeur d'énergie.....	21
1.7 Conclusion	21
CHAPITRE 2 PROBLÉMATIQUE.....	23
2.1 Place des ÉPI en santé sécurité du travail (SST)	23
2.1.1 Mise en contexte	23
2.1.2 Définition ÉPI	25
2.2 ÉPI vs Travailleur vs Port.....	25
2.2.1 Obligations	25
2.2.2 Contexte actuel.....	26
2.3 Concept actif/passif.....	27
2.4 Actif/Passif : nouvelle définition	28
2.5 Échelle dichotomique vs Échelle de mesure.....	29
2.5.1 Échelle dichotomique.....	29
2.5.2 Échelle de mesure	29

2.5.3	Justification du choix de l'échelle.....	30
2.6	Critères de mesure et représentation.....	32
2.6.1	Gêne causée par l'ÉPI.....	32
2.6.1.1	Définition.....	32
2.6.1.2	Application actif/passif.....	33
2.6.2	Nombre de gestes.....	33
2.6.3	Corrélation.....	34
2.6.4	Représentation.....	34
2.7	Préférence des travailleurs.....	35
2.8	Questions de recherche.....	36
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE.....		37
3.1	Expérimentations envisagées.....	37
3.1.1	Objectifs.....	37
3.1.2	Méthodologie.....	37
3.1.3	Variables.....	38
3.1.3.1	Définitions.....	38
3.1.3.2	Variables utilisées.....	39
3.1.4	Description des expérimentations.....	40
3.1.4.1	Coulisseaux/Enrouleur-dérouleur.....	40
3.1.4.2	Harnais.....	42
3.1.5	Résultats attendus.....	42
3.1.5.1	Coulisseaux/Enrouleur-dérouleur.....	42
3.1.5.2	Harnais.....	43
3.1.6	Problèmes rencontrés.....	43
3.2	Solution retenue.....	44
3.2.1	Rapport écrit.....	44
3.2.2	Justification.....	44
3.2.3	Vidéos.....	45
3.3	Équipements testés.....	46
3.3.1	Mise en contexte.....	46
3.3.2	Harnais de sécurité.....	46
3.3.3	Ceinture de positionnement.....	47
3.3.4	Sous-systèmes de liaison.....	48
3.4	Objectif de l'expérimentation.....	51
3.5	Variables du rapport.....	51
3.6	Poseurs d'acier d'armature participants.....	52
3.7	Expérimentations.....	54
3.7.1	But des expérimentations.....	54
3.7.2	Tâches.....	54
3.7.3	Ordre des essais d'équipements.....	57
3.8	Outils pour la cueillette et l'analyse des données, des ressentis.....	58
3.8.1	Mesure de la perception psychophysique.....	58
3.8.2	Appréciation des sujets sur les variables dépendantes.....	58
3.8.3	Compilation des résultats.....	59

3.8.4	Analyse statistique et plan d'expérience.....	60
3.8.5	Entrevues semi-dirigées.....	60
3.8.6	Groupes de discussion.....	60
3.9	Conclusion.....	61
CHAPITRE 4 RÉSULTATS ET ANALYSES.....		63
4.1	Introduction.....	63
4.2	Résultats et analyses.....	63
4.2.1	Facilité d'utilisation.....	63
4.2.1.1	Interprétation des résultats.....	63
4.2.1.2	Interprétation graphique.....	65
4.2.2	Épaules.....	67
4.2.2.1	Interprétation des résultats.....	67
4.2.2.2	Interprétation graphique.....	68
4.2.3	Hanches.....	69
4.2.3.1	Interprétation des résultats.....	69
4.2.3.2	Interprétation graphique.....	70
4.2.4	Sentiment de sécurité.....	72
4.2.4.1	Interprétation des résultats.....	72
4.2.4.2	Interprétation graphique.....	74
4.2.5	Appréciation globale.....	76
4.2.5.1	Interprétation des résultats.....	76
4.2.5.2	Interprétation graphique.....	77
4.3	Résumé de l'analyse des liens.....	78
4.3.1	Analyse des résultats présentés dans le rapport sur les ferrailleurs.....	78
4.3.2	Justification du point de vue actif/passif.....	79
4.4	Discussion.....	81
4.4.1	Position dorsale vs Position sternale.....	81
4.4.2	Enrouleur-Dérouleur fixe.....	82
4.4.3	Comparaison enrouleur-dérouleur/longes.....	83
4.5	Conclusion.....	84
CHAPITRE 5 DISCUSSION - SYNTHÈSE.....		87
5.1	Définition.....	87
5.2	Variables.....	88
5.3	Échelles de mesure.....	90
5.4	Point de vue.....	91
5.4.1	Perspective globale.....	91
5.4.2	Point de vue de la mise en place.....	92
5.4.3	Point de vue de la maintenance et de l'entretien.....	92
5.4.4	Point de vue de la réalisation de la tâche.....	92
5.4.5	Systèmes d'arrêt de chute : degré d'activité.....	93
5.4.6	Conclusion.....	93
5.5	Rapport sur les ferrailleurs.....	94
5.5.1	Rapport écrit.....	94

5.5.2	Vidéos	95
5.5.3	Photographies.....	96
5.6	Attache dorsale vs attache sternale	96
5.7	Comparaison ÉPC et ÉPI.....	97
5.8	Mesure du degré d'activité.....	99
5.9	Proposition de nouvelles variables à mesurer	99
5.10	Conclusion	100
CONCLUSION.....		103
RECOMMANDATIONS		107
ANNEXE I	DÉFINITIONS D'ACTIF/PASSIF.....	109
ANNEXE II	LOI ET RÈGLEMENT.....	113
ANNEXE III	ANALYSE DES RÉSULTATS SOUS L'ANGLE ACTIF/PASSIF	117
ANNEXE IV	ARTICLE GfA 2013.....	121
ANNEXE V	PROTOCOLE DES EXPÉRIMENTATIONS ENVISAGÉES.....	131
BIBLIOGRAPHIE.....		167

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Degré d'activité de différents équipements en fonction du point de vue.....11
Tableau 1.2	Définitions des systèmes et exemples d'équipements.....14
Tableau 1.3	Classification des systèmes relatifs au travail en hauteur.....15
Tableau 1.4	Classification des harnais de sécurité selon la norme CAN/CSA-Z259.10-12 "Harnais de sécurité"19
Tableau 2.1	Protection individuelle et protection collective28
Tableau 2.2	Comparaison binaire et actif/passif.....29
Tableau 2.3	Représentation du chemin logique pour l'obtention d'une échelle de mesure30
Tableau 2.4	Représentation du concept actif/passif.....31
Tableau 3.1	Définitions variables indépendantes et dépendantes.....39
Tableau 3.2	Variables coulisseau/Enrouleur-dérouleur.....39
Tableau 3.3	Variables harnais.....40
Tableau 3.4	Comparaison coulisseaux/enrouleur-dérouleur41
Tableau 3.5	Comparaison entre les expérimentations envisagées et les expérimentations présentées dans le rapport.....45
Tableau 3.6	Harnais ALP de sécurité utilisé.....47
Tableau 3.7	Illustrations des sous-systèmes de liaison testés.....49
Tableau 3.8	Illustrations des systèmes de retenue50
Tableau 3.9	Variables affectant les résultats52
Tableau 3.10	Données sur les poseurs d'acier d'armature.....53
Tableau 3.11	Séquence du jour 357
Tableau 3.12	Séquence du jour 4.....58

Tableau 4.1	Interprétation des résultats du point de vue actif/passif Facilité d'utilisation.....	64
Tableau 4.2	Interprétation des résultats du point de vue actif/passif Épaules.....	67
Tableau 4.3	Interprétation des résultats du point de vue actif/passif Hanches.....	70
Tableau 4.4	Interprétation des résultats du point de vue actif/passif.....	73
Tableau 4.5	Interprétation des résultats du point de vue actif/passif Appréciation globale.....	76
Tableau 4.6	Résumé des résultats des liens.....	79
Tableau 4.7	Comparaison enrouleur-dérouleur/longes.....	84
Tableau 5.1	Définition équipement actif et équipement passif.....	87
Tableau 5.2	Variables du rapport écrit sur les poseurs d'acier d'armature et celles envisagées pour le critère actif/passif.....	89
Tableau 5.3	Degré d'activité de différents équipements en fonction du point de vue.....	91
Tableau 5.4	Résumé des résultats des liens.....	95
Tableau 5.5	Comparaison collective/individuelle vs actif/passif.....	98

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1.1	Différents équipements composants un système antichute.....	8
Figure 1.2	Illustration de la mise en place d'un coulisseau	9
Figure 1.3	Représentation du nombre de gestes effectués pendant la tâche avec un ÉPI passif.....	12
Figure 1.4	Représentation du nombre de gestes effectués pendant la tâche avec un ÉPI actif.....	13
Figure 1.5	Harnais sous-pelvien.....	18
Figure 2.1	Hierarchie de réduction des risques	24
Figure 2.2	Schéma des interactions Humain-Port-Tâche.....	27
Figure 2.3	Échelles de mesure du degré d'activité et du degré d'appréciation de l'ÉPI	32
Figure 2.4	Corrélation Gêne causée par l'ÉPI Nombre de gestes	34
Figure 2.5	Échelles de mesure.....	35
Figure 3.1	Ceinture de positionnement combinée avec un harnais et une longe antichute en position sternale	48
Figure 3.2	Poseurs d'acier d'armature exécutant les tâches.....	55
Figure 3.3	Poseur d'acier d'armature sur le mur	56
Figure 3.4	Exemple d'une échelle visuelle analogue.....	59
Figure 4.1	Facilité d'utilisation des liens	65
Figure 4.2	Représentation graphique de la facilité d'utilisation	66
Figure 4.3	Représentation par des échelles de mesure.....	66
Figure 4.4	Nuisance au niveau des épaules.....	68
Figure 4.5	Représentation graphique de la nuisance aux épaules	68

XVIII

Figure 4.6	Représentation des échelles de mesure	69
Figure 4.7	Nuisance au niveau des hanches	71
Figure 4.8	Représentation de la nuisance aux hanches	71
Figure 4.9	Représentation des échelles de mesure	72
Figure 4.10	Sentiment de sécurité	74
Figure 4.11	Représentation du sentiment de sécurité.....	75
Figure 4.12	Représentation des échelles de mesure	75
Figure 4.13	Appréciation globale.....	77
Figure 4.14	Représentation de l'appréciation globale	77
Figure 4.15	Représentation des échelles de mesure	78
Figure 4.16	Résumé des échelles de mesure	80
Figure 4.17	Échelles proposées de correspondance des interférences avec la tâche ou avec les outils	83
Figure 5.1	Variables dépendantes représentées par une échelle de mesure	90

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACNOR	Association canadienne de normalisation (CSA)
CEE	Communauté économique européenne
CFMA	Centre de formation aux métiers de l'acier
CRAMIF	Caisse régionale d'assurance maladie d'Île de France
CSA	Canadian Standards Association (ACNOR)
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec
DTE	Document technique de la CRAMIF
EDD	Enrouleur-dérouleur attaché en position dorsale
ÉPC	Équipement de protection collective
ÉPI	Équipement de protection individuelle
F	Ferrailleur
INRS	Institut national de recherche et de sécurité (France)
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (Québec)
L	Longe
LAD	Longe avec absorbeur d'énergie attachée en position dorsale
LAS	Longe avec absorbeur d'énergie attachée en position sternale
LSST	Loi en santé et sécurité du travail (Québec)
PPE	Personal Protective Equipment (français : ÉPI)
RRQ	Règlement refondu du Québec
SAC	Système d'arrêt de chute
SMPT	Système de maintien en position de travail
SST	Santé et sécurité du travail

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

UNITÉS GÉOMÉTRIQUES

Longueur

m	mètre (unité de longueur)
cm	centimètre
pied	pied (1 pied = 0,30m)

UNITÉ DE MASSE

Masse

kg	kilogramme
----	------------

UNITÉS DE TEMPS

h	heure
a	année
d	jour

INTRODUCTION

Dans ce mémoire, l'équipement de protection individuelle (ÉPI) est défini, selon le point 2 du premier article de la Directive 89 / 686 / CEE du Conseil, comme « tout dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité » (Union européenne, 1989).

Selon la démarche de réduction du risque décrite par la CSST/IRSST (figure 2.1), l'ÉPI est le dernier recours qu'a le travailleur pour se protéger. Il n'intervient que :

- si le danger n'a pas pu être éliminé à la source ou
- si la situation dangereuse n'a pas pu être évitée.

Son mode de sélection se doit d'être optimisé pour s'intégrer à la tâche (Desjardins-David et Arteau, 2011).

Un concept, peu exploité à l'heure actuelle, semble être intéressant pour cette optimisation ; il s'agit du critère actif/passif.

À l'origine, ce concept d'actif/passif se base sur le fait que l'individu se doit d'intervenir (actif) ou non (passif) pour rendre son équipement efficace. Les ÉPI peuvent ainsi être qualifiés d'actifs alors que les équipements de protection collective (ÉPC) sont généralement qualifiés de passifs. Ce critère est alors dichotomique.

Cette classification proposée reste tout de même assez sommaire. Une revue de la littérature sur le concept d'actif/passif ainsi que l'analyse d'un article permettent de mieux définir ce concept d'actif/passif et mettent en avant l'importance du point de vue.

À partir de la définition du concept d'actif/passif proposée, deux variables corrélées semblent intéressantes à prendre en compte :

- la gêne causée par l'ÉPI; et
- le nombre de gestes sur l'ÉPI.

Ces deux critères permettent la mise en place d'une échelle mesurant le degré d'activité.

Le degré d'intervention du travailleur variant pour différents ÉPI d'une même catégorie, un degré d'activité semble alors être mesurable.

Les travaux en hauteur semblent être un bon exemple pour répondre aux questions de recherche proposées. Le travail en hauteur est une activité à risque.

Dans le secteur de la construction, la chute de hauteur est l'une des causes d'accidents mortels la plus fréquente. La gravité du dommage occasionné par une chute de hauteur est élevée.

De nombreux critères doivent être pris en compte pour optimiser au mieux le choix du système d'arrêt de chute en fonction du travail à effectuer. Le critère actif/passif fait partie de ces critères. (Arteau et Brigaud, 2014)

L'article Arteau et Brigaud, 2014 montre comment le critère actif/passif peut être utilisé pour la sélection d'un équipement de protection. Il s'agit, en quelque sorte, de l'application, de la mise en pratique du critère actif/passif.

Après avoir exposé dans une première partie la problématique, une définition du concept d'actif/passif est proposée. Cette définition est issue d'une revue de la littérature du concept d'actif/passif et de l'analyse d'un article sous l'angle actif/passif. Une première échelle de mesure est aussi présentée. Cette échelle de mesure est déduite d'une échelle dichotomique, d'une vision binaire du concept actif/passif.

De cette revue de la littérature découle des questions de recherche. Ces questions portent sur trois points :

- l'échelle de mesure du degré d'activité;
- les paramètres pris en compte pour établir cette échelle; et
- la préférence des travailleurs.

Pour répondre à ces questions de recherche, la méthodologie proposée s'appuie sur les expérimentations présentées dans un rapport intitulé « choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs) » (Arteau et al., 2007a).

Une des expérimentations présente dans le rapport sur les ferrailleurs est analysée sous l'angle actif/passif du point de vue de la réalisation de la tâche.

Une fois les résultats et analyses exposés, une partie est dispensée aux discussions et aux conclusions.

Enfin quelques ouvertures sont envisagées.

Une échelle de mesure du degré d'activité est mise en place. Cette échelle permet une meilleure sélection des équipements de protection.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

1.1 Introduction

Pour protéger efficacement les travailleurs, les ÉPI doivent être choisis et portés adéquatement. Les travailleurs doivent être formés et sensibilisés aux risques qui les entourent. Pour assurer une protection optimale, les ÉPI nécessitent un certain nombre d'ajustements de la part du travailleur. De ce fait, les ÉPI sont dits actifs.

En opposition, les ÉPC ne demandent pas d'intervention, d'ajustement de la part du travailleur pour protéger efficacement. Ce sont des mécanismes mis en place pour protéger l'ensemble des travailleurs. Les ÉPC sont donc qualifiés de passifs.

La notion d'actif/passif ressort au travers des équipements de protection individuelle et collective.

1.2 Mémoire d'Isabelle Desjardins-David

Le mémoire d'Isabelle Desjardins-David, intitulé « L'évaluation des équipements de protection individuelle utilisés en milieu de travail : considérations et méthodologie proposée » est à l'origine de la problématique de ce mémoire intitulé « Mesure du critère actif/passif des équipements de protection individuelle ».

L'auteure, Desjardins-David (2010), aborde, succinctement, dans la première partie de son mémoire, la notion d'actif/passif pour les ÉPI.

Un équipement qui serait fonctionnel sans la moindre action serait qualifié de protection passive et un qui demanderait une intervention soutenue de l'individu serait qualifié de protection active. Les deux extrêmes de protection (passive et active) sont des concepts théoriques, en réalité, les équipements tendent davantage vers l'un de ces pôles. En règle générale, la protection individuelle est une protection davantage active

puisqu'elle requiert l'intervention du travailleur pour être effective. (Desjardins-David, 2010)

L'auteure émet ici l'idée de la possibilité de la mise en place d'une échelle de mesure du degré d'activité.

1.3 Actif/passif : définition

Pour définir ce caractère actif/passif, une revue de la littérature est nécessaire. Les résultats de la recherche sont regroupés dans le tableau-A-I-1 présenté en annexe I.

D'après ces quelques définitions, les équipements actifs peuvent être définis comme tout équipement comprenant un dispositif électronique et/ou mécanique fonctionnant à l'aide d'une source d'énergie extérieure (batterie) et demandant une action (énergie humaine) pour protéger ; alors que les équipements passifs regroupent tous les équipements ne comportant pas de système électronique et/ou mécanique. Ce sont de simples barrières physiques. Ils ne nécessitent donc pas d'action humaine ni d'action d'une mesure technique et ils n'ont pas besoin de source d'énergie externe pour protéger.

1.4 Analyse d'un article sous l'angle actif/passif

1.4.1 Introduction

L'article « Fall arresters tested for mechanical and ergonomics criteria – CSA Z259.2.1-1998 standard » est analysé sous l'angle actif/passif.

Cet article montre l'évolution des coulisseaux utilisés dans les systèmes d'arrêt de chute au travers d'accidents significatifs et au travers des normes.

L'analyse de cet article a permis de mettre en avant le fait que selon le point de vue dans lequel se place l'observateur, le degré d'activité peut différer.

Trois points de vue intéressants à prendre en compte sont ressortis de l'analyse de cet article.

Le degré d'activité des équipements peut être vu :

- du point de vue de la mise en place;

- du point de vue de la réalisation de la tâche; et
- du point de vue la maintenance et de l'entretien.

1.4.2 Mise en place de l'équipement

Le premier angle sous lequel ce concept ressort est tout d'abord au moment de la mise en place de l'équipement. En effet, un ÉPI peut tendre à être plus ou moins actif lors de sa mise en place. Certains ÉPI vont demander au travailleur de réaliser un certain ajustement pour être efficaces. Dans ce cas, le degré d'activité peut être mesuré en fonction de la difficulté d'ajustement.

Par exemple, pour pouvoir porter adéquatement son harnais de sécurité, le travailleur doit avoir suivi une formation. Le travailleur doit savoir enfiler son harnais de sécurité dans le bon sens et il doit aussi savoir comment ajuster correctement les sangles qui le composent. De ce point de vue, le harnais est un ÉPI présentant un degré d'activité assez élevé.

Un autre élément composant le système d'arrêt de chute individuel est le sous-système de connexion (Figure 1.1; éléments 5, 2 et 1). Il est composé d'un cordon (2) avec un absorbeur d'énergie (5) et d'un dispositif antichute (1) placé sur une corde souple d'assurance verticale.

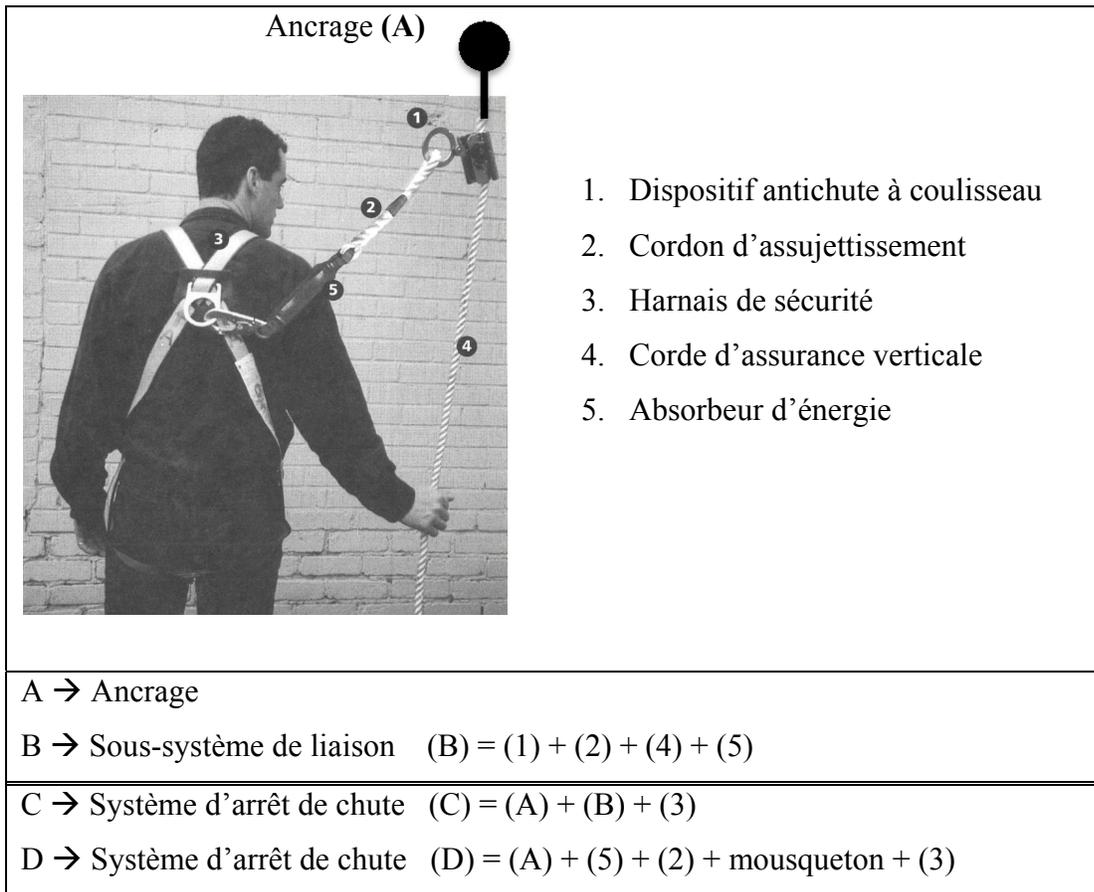


Figure 1.1 Différents équipements composants un système antichute

Tiré de Arteau (2012, GfA)

Le mousqueton et le cordon avec absorbeur d'énergie ne demandent que très peu d'intervention de la part du travailleur pour être mis en place. En revanche, d'après la photo présentée à la figure 1.1, il est possible d'imaginer que le travailleur n'ait pas pu se relier convenablement tout seul au système. L'aide d'un autre travailleur est nécessaire pour fixer adéquatement le connecteur d'ancrage à l'anneau en D situé dans le dos de l'autre travailleur.

L'absorbeur d'énergie est un ÉPI plutôt passif. Mais le cas du mousqueton est plus complexe sachant qu'il soit fort probable que celui-ci fasse appel à une intervention de la part d'une personne extérieure. Il reste tout de même facile à mettre en place.

Concernant le dispositif antichute (coulisseau), le travailleur n'a qu'à l'enfiler sur sa corde d'assurance (Figure 1.2). La plupart des dispositifs d'arrêt de chute a une sécurité. Ils ne

peuvent être mis sur la corde d'assurance que dans un seul sens ce qui facilite le travail pour le travailleur. Les dispositifs d'arrêt de chute restent donc assez faciles à mettre en place. Ils tendent plus vers un caractère passif.

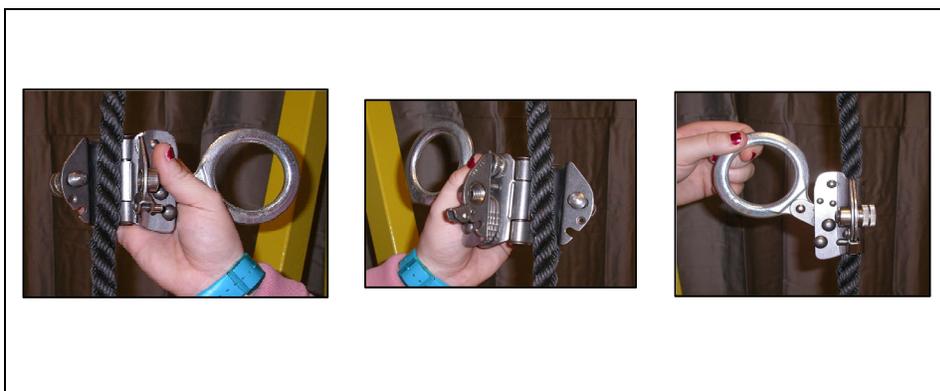


Figure 1.2 Illustration de la mise en place d'un coulisseau

Le dernier élément est la corde d'assurance verticale souple. Celle-ci est ancrée au toit et est suspendue le long de la façade du bâtiment. Ces cordes d'assurance verticales sont mises en place à chaque utilisation. Une fois la corde d'assurance verticale mise en place, le travailleur n'a qu'à se connecter dessus pour être en sécurité. Les cordes d'assurance verticales ont donc plus un caractère passif.

1.4.3 Travailleur effectuant sa tâche

Une autre possibilité pour analyser cet article sous l'angle actif/passif est de se placer du point de vue du travailleur pendant qu'il réalise sa tâche. En effet, pendant sa tâche, le travailleur va avoir besoin d'agir ou non sur ses différents équipements de protection. Par exemple, lors de sa tâche, le travailleur n'agit en aucune façon sur son harnais de sécurité. Celui-ci peut alors être qualifié de passif.

Il en est de même pour le sous-système d'arrêt de chute. Seul le dispositif d'arrêt de chute (coulisseau) peut éventuellement être manipulé. Par exemple, selon l'article, certains dispositifs nécessitent d'être déplacés le long de la corde d'assurance lors de la montée du

travailleur sur une échelle. Pour cela, le travailleur doit agir directement sur le dispositif en actionnant le levier à came vers le haut. Ainsi, il perd toute possibilité d'arrêter sa chute en cas d'accident. Le dispositif antichute est donc en quelque sorte actif. Bien que la norme CSA Z259.2.1-98 exige la réussite de l'essai de mobilité, la compatibilité coulisseau-corde est requise pour avoir la mobilité. Après plusieurs études, il a été prouvé que ce manque de mobilité du aux dispositifs antichute était surtout du à une mauvaise combinaison du dispositif antichute-corde d'assurance. Dans cette situation, c'est bien cette mauvaise combinaison qui est à l'origine du caractère actif du dispositif antichute. Dans des conditions normales d'utilisation, ce même dispositif est complètement passif. Sa fonction principale est de glisser le long de la corde d'assurance librement sans interférer avec la tâche du travailleur. En conclusion, une fois mis en place correctement, tous ces équipements présentent un caractère plutôt passif vis à vis du travailleur exécutant sa tâche sauf en cas d'absence de compatibilité entre la corde verticale et le coulisseau.

1.4.4 Maintenance, entretien et vérification

Une autre possibilité pour évaluer le caractère actif ou passif d'un équipement de protection est de s'intéresser à sa maintenance. Les équipements de protection présentés dans cet article nécessitent d'être entretenus, vérifiés et remplacés assez fréquemment. Comme ces équipements de protection servent à éviter les chutes de hauteur, il est très important de vérifier leur état avant chaque utilisation. De ce point de vue, comme ils demandent une vérification fréquente, ils peuvent être qualifiés d'actif.

1.4.5 Exemples

Le tableau 1.1 ci-dessous présente différents exemples d'équipements analysés sous différents points de vue.

Tableau 1.1 Degré d'activité de différents équipements en fonction du point de vue

Équipement		AVANT	PENDANT	APRÈS
		Mise en place	Réalisation de la tâche	Maintenance et entretien
(1)	Harnais de sécurité	<u>Actif</u>	Passif	<u>Actif</u>
(2)	Absorbeur d'énergie	Passif	Passif	<u>Actif</u>
(3)	Système antichute (coulisseau)	Passif	<u>Actif</u> si interférence avec la corde	<u>Actif</u>
(4)	Corde d'assurance verticale	Passif	Passif	<u>Actif</u>
(5)	Système d'arrêt de chute (5) = (1)+(2)+(3)+(4)	<u>Actif</u>	<u>Actif</u>	<u>Actif</u>

Ce tableau permet de mettre en avant le fait que le degré d'activité d'un même équipement varie selon le point de vue dans lequel se place le travailleur.

Aucun des équipements présentés dans le tableau n'a le même degré d'activité selon les différents points de vue.

La dernière ligne du tableau présente le caractère actif ou passif du système d'arrêt de chute.

Le système d'arrêt de chute est composé de :

- un harnais de sécurité;
- un absorbeur d'énergie;
- un dispositif antichute (coulisseau) et
- une corde d'assurance verticale.

Chacun des éléments constituant le système d'arrêt de chute a son propre degré d'activité en fonction des différents points de vue.

Le degré d'activité du système d'arrêt de chute dépend donc du degré d'activité de tous les éléments le composant.

À partir du moment où un élément du système d'arrêt de chute est défini comme actif, le système d'arrêt de chute est lui aussi défini comme actif.

La moindre action sur l'équipement rend tout le système d'arrêt de chute actif.

Par exemple, la moindre interférence entre la corde verticale et le coulisseau donne au dispositif antichute un caractère actif et donc un caractère actif au système global, le système d'arrêt de chute.

1.4.6 Justification du choix du point de vue

Dans le but d'optimiser la sélection des ÉPI, le point de vue pris est celui de « pendant la tâche ». En se plaçant du point de vue de la tâche, les résultats de production de l'entreprise devraient se voir optimisés. En optimisant les ÉPI pour qu'ils soient le plus passifs possible, les travailleurs ont plus de temps pour réaliser leur tâche à effectuer et moins de stress du à l'équipement, à la gêne occasionnée par celui-ci.

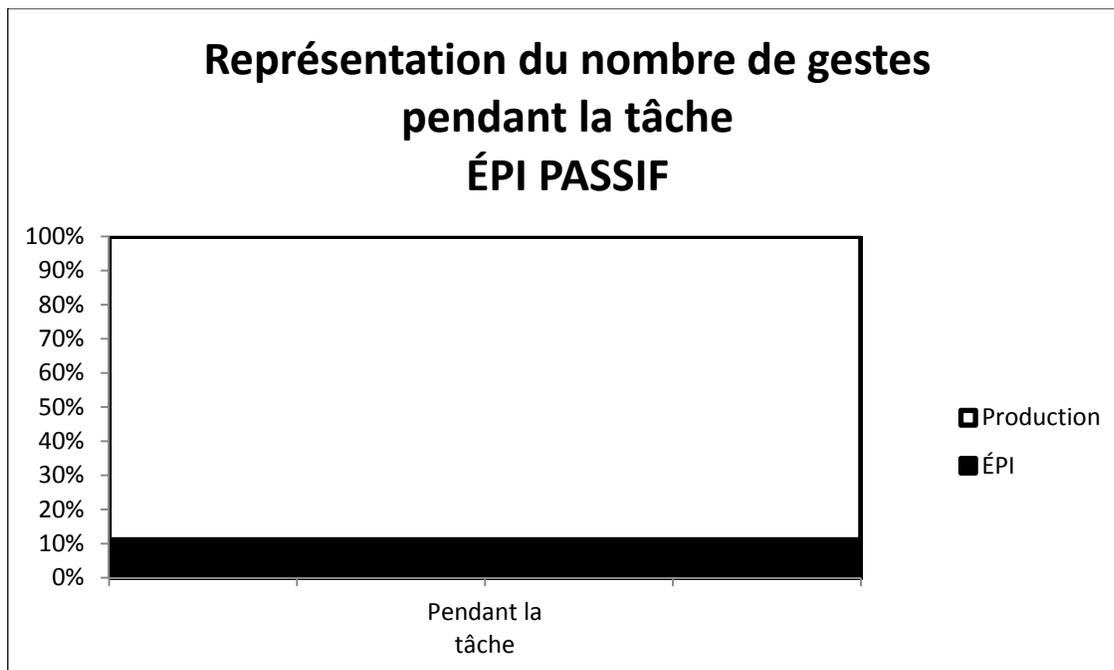


Figure 1.3 Représentation du nombre de gestes effectués pendant la tâche avec un ÉPI passif

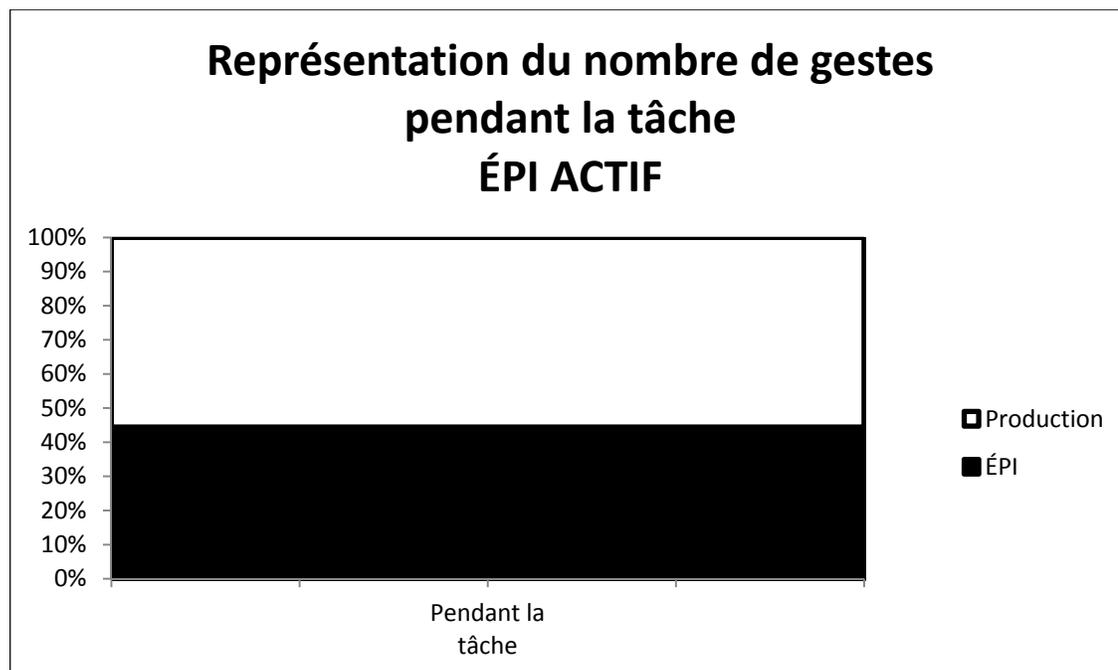


Figure 1.4 Représentation du nombre de gestes effectués pendant la tâche
avec un ÉPI actif

Ces deux graphiques (Figure 1.3 et Figure 1.4) représentent la part des gestes sur les ÉPI par rapport à la totalité des gestes possibles effectués pour la production.

Sur une période donnée, il est possible de connaître le nombre de geste maximal que peut effectuer un travailleur réalisant sa tâche.

L'équipement le plus actif demande des gestes, des actions de la part du travailleur. La partie des gestes effectués pour réajuster ou pour éviter une gêne vient empiéter sur les gestes réservés à la production.

Dans ces circonstances, le travailleur perd du temps avec son équipement ainsi que des gestes qu'il aurait dus faire pour réaliser la production.

Cette perte de temps et de gestes peut être à l'origine d'un certain stress de la part du travailleur. Celui-ci sait que chaque jour son équipement va lui causer une gêne à laquelle il va devoir remédier encore une fois. Le problème qui se pose alors est le non-port de l'équipement. Le travailleur va préférer ôter son équipement pour faciliter son travail et pour être plus efficace, plus performant.

La production est directement imputée de cette perte de temps, de geste. Le travailleur ayant un ÉPI actif prendra plus de temps à réaliser sa tâche. La production sera ralentie. Ce qui aura des répercussions directes sur l'entreprise.

Le stress engendré par l'équipement peut aussi être à l'origine d'accident.

1.5 Systèmes

1.5.1 Définitions

Le tableau 1.2 ci-dessous présente les définitions des différents systèmes et donne aussi des exemples d'équipements.

Tableau 1.2 Définitions des systèmes et exemples d'équipements

Système	Définitions	Exemple d'équipements	
		ÉPI	ÉPC
Système de positionnement	« Le système de positionnement est un moyen de suspension primaire qui maintient un ou plusieurs travailleurs à l'élévation désirée et leur permet d'avoir les mains libres pour exécuter une tâche. » (Arteau et al., 2007a)	<ul style="list-style-type: none"> • ceinture • courroie du monteur de lignes • éperons 	<ul style="list-style-type: none"> • échafaudage volant
Système de prévention (limitation du déplacement)	« Le système de prévention (limitation du déplacement) empêche le travailleur d'atteindre une zone où il y a un risque de chutes; [...] » (Arteau et al., 2007a)	<ul style="list-style-type: none"> • harnais • longe fixée à un ancrage 	<ul style="list-style-type: none"> • garde-corps
Système d'arrêt de chute	« Le système d'arrêt de chute entre en action lorsque la chute accidentelle survient, arrête le travailleur avant qu'il ne touche le sol et ainsi réduit les conséquences de cette chute accidentelle; [...] » (Arteau et al., 2007a)	<ul style="list-style-type: none"> • harnais • absorbeur d'énergie • longe • ancrage 	<ul style="list-style-type: none"> • filet

Le tableau 1.2 aide à la compréhension du tableau 1.3 qui propose une classification des différents systèmes.

1.5.2 Classification

Le tableau 1.3 ci-dessous propose une classification des différents systèmes relatifs au travail en hauteur.

Tableau 1.3 Classification des systèmes relatifs au travail en hauteur

Adapté de Arteau et al. (2007, p.89) (Arteau et al., 2007b)

		BUT DU SYSTÈME				
		POSITIONNEMENT			PROTECTION	
		Avec appui au sol	Avec ancrage sur la structure	Suspendu sans appui au sol	Prévention	Arrêt et recueil
NIVEAU D'INTERVENTION	COLLECTIF	Échafaudage tubulaire soudé, nacelle, plate-forme élévatrice	Échafaudage sur coffrage glissant	Échafaudage volant	Garde-corps	Recueil
	INDIVIDUEL	Échelle, nacelle	<u>Ceinture de monteur de lignes avec sangle de poteau et grimpettes (éperons)</u>	Sellette		Harnais et longe-limiteur de déplacement

Note : ¹ La partie sauvetage du tableau n'est pas traitée ici.

² Les soulignés sont de l'auteure.

Ce tableau montre bien la différence de fonction entre la ceinture de positionnement et le système d'arrêt de chute.

En aucun cas, la ceinture de positionnement ne peut et n'est faite pour arrêter une chute. Elle sert simplement au maintien en position de travail.

Le système d'arrêt de chute composé du harnais de sécurité, d'une longe avec absorbeur d'énergie et d'un ancrage sur la structure est conçu pour arrêter la chute mais il ne permet pas le maintien en position de travail.

Le système d'arrêt de chute entre en action lorsqu'une chute accidentelle survient. Il permet l'arrêt de la chute avant que le travailleur ne touche le sol et réduit ainsi les conséquences de cette chute. (Arteau et al., 2007b)

Les fonctions de ces équipements sont bien différentes néanmoins ils peuvent être portés en même temps pour la réalisation d'une tâche en hauteur qui nécessite un maintien en position de travail.

1.6 État des connaissances

Les définitions données ci-dessous sont toutes issues de la norme Canadian Standards Association CSA Z259.16-04 « Conception de systèmes actifs de protection contre les chutes ».

1.6.1 Ceinture de positionnement

Selon la norme CSA Z259.1-05, la ceinture de positionnement peut être définie comme :

Système de maintien en position de travail (SMPT) – assemblage de divers composants qui, s'il est monté correctement, maintient un travailleur dans une position ou dans un emplacement tout en lui laissant les mains libres dans sa position de travail. Un SMPT n'est pas conçu pour être utilisé à la place d'un SAC.

Note : Une ceinture de travail de monteur de lignes ou un harnais, ou les deux, ainsi qu'une courroie de poteau et des griffes constituent un système de maintien en position de

travail pour grimper et travailler sur un poteau de bois. (CSA, 2005b)

Le SMPT est un système primaire qui sert à maintenir le travailleur dans sa position de travail tout en ayant les mains libres pour l'exécution de sa tâche.

1.6.2 Système d'arrêt de chute

1.6.2.1 Introduction

Comme les systèmes antichute sont utilisés pour démontrer les concepts, ils sont tout d'abord décrits pour faciliter la compréhension.

Pour assurer une protection contre les chutes, il existe une multitude de combinaisons d'équipement.

La figure 1.1 présente les différents équipements composant un système antichute.

Pour chaque équipement composant un système antichute, plusieurs types sont disponibles. En faisant varier les différents équipements à l'intérieur d'un même système pour une même tâche, il est possible que le caractère actif/passif du système dans sa globalité varie.

1.6.2.2 Dispositif d'arrêt de chute

L'article 3 de la norme CSA Z259.16-04 propose la définition suivante :

« **Dispositif d'arrêt de chute** – dispositif qui se verrouille sur une corde d'assurance, un câble ou une barre rigide pour arrêter une chute. Il se déplace verticalement sur la corde d'assurance, le câble ou la barre rigide, de manière à suivre les déplacements verticaux du travailleur, sous contrôle manuel ou automatique. » (CSA, 2009) (Figure 1.1, (1))

Un des dispositifs d'arrêt de chute le plus fréquent est le coulisseau. Le coulisseau peut être fixé à une corde verticale sur laquelle il va glisser pour laisser une certaine liberté d'action au travailleur. En cas de chute, celui-ci se bloque et arrête alors la chute.

1.6.2.3 Cordon d'assujettissement (longe)

Le deuxième élément composant le système est le cordon d'assujettissement. Selon l'article 3 de la norme CSA Z259.11-05, le cordon d'assujettissement est une « corde flexible ou courroie servant à rattacher un travailleur ou un absorbeur d'énergie à une corde d'assurance, à un ancrage ou à un connecteur d'ancrage » (CSA, 2005a). Ce cordon est, en quelque sorte, la liaison entre l'absorbeur d'énergie et le coulisseau (Figure 1.1, (2)).

1.6.2.4 Harnais de sécurité

Le troisième élément composant le système antichute est le harnais de sécurité (Figure 1.1, (3)). Selon l'article 3 de la norme CSA Z259.10-12, le harnais de sécurité est un « dispositif de retenue du corps doté de bretelles d'épaule, de bretelles pectorales et de sangles de cuisse » (CSA, 2012). La Figure 1.5 représente un harnais sous pelvien à attache dorsale.

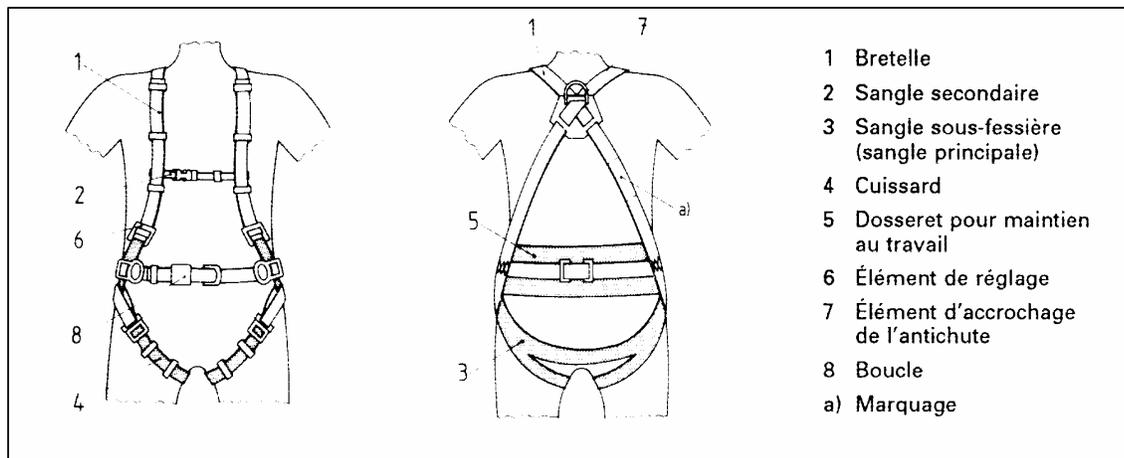


Figure 1.5 Harnais sous-pelvien

Tiré de (EN 361 : 1992)

Les harnais de sécurité doivent être conformes à la norme CAN/CSA-Z259.10-12. Les harnais sont les seuls dispositifs recommandés pour arrêter les chutes en hauteur.

L'article 4.7 de la norme CAN/CSA-Z259.10-12 propose une classification des harnais de sécurité.

Un harnais de sécurité peut avoir plus d'une classification. Tous les harnais de sécurité doivent cependant répondre aux exigences de la classe A.

Les harnais de sécurité doivent être classés comme suit :

- a) A – arrêt de chute ;
- b) D – suspension et descente contrôlée ;
- c) E – accès limité ;
- d) L – gravisement d'une échelle ; et
- e) P – maintien en position de travail. (CSA, 2012)

Le tableau 1.4, ci-dessous, propose un bilan sur la classification des harnais de sécurité selon la norme CAN/CSA-Z259.10-12.

Tableau 1.4 Classification des harnais de sécurité selon la norme CAN/CSA-Z259.10-12 "Harnais de sécurité"

Adapté de Arteau et al. (2007, p.5)

Classe	Titre	Anneaux en D
Classe obligatoire (arrêt de chute)		
A	Arrêt de chute	1 anneau dorsal fixé aux deux sangles des épaules légèrement sous les omoplates
Classes optionnelles (positionnement)		
D	Suspension et descente contrôlée	2 anneaux frontaux ou latéraux en mode chaise
E	Accès limité	1 anneau sur chaque épaulière
P	Maintien en position de travail	2 anneaux latéraux sur les hanches à la hauteur de la ceinture (pour répondre à la fonction des ceintures de monteurs de lignes)
Classe optionnelle (arrêt de chute pour très faible hauteur de chute)		
L	Gravisement d'une échelle	1 ou 2 anneaux frontaux

Plusieurs modèles de harnais de sécurité sont disponibles. La classification proposée se fait en fonction de la tâche à effectuer. Cette classification en fonction des tâches permet une meilleure sélection au niveau du harnais de sécurité.

1.6.2.5 Corde d'assurance verticale

Selon l'article 3 de la norme CSA Z259.16-04, la corde d'assurance verticale (CAV) est une « longueur de câble pourvue d'une terminaison à son extrémité supérieure. Elle peut comporter ou non un dispositif de tension, par exemple une petite masse fixée à son extrémité inférieure » (CSA, 2005a). C'est sur la corde d'assurance verticale (Figure 1.1, (4)) que le coulisseau vient se fixer. Il existe différents modèles de cordes verticales. Une mauvaise association de coulisseau et de corde verticale peut entraîner des gênes. (Voir Arteau, GfA, 2012)

1.6.2.6 Absorbeur d'énergie

Le dernier élément de ce système est l'absorbeur d'énergie (Figure 1.1, (5)).

Selon l'article 3 de la norme CSA Z259.11-05, l'absorbeur d'énergie est un « [...] dispositif qui limite les forces de ralentissement pendant l'arrêt de chute et dissipe l'énergie cinétique sans la retourner dans le système ni dans le corps humain » (CSA, 2005a). Un modèle fréquent d'absorbeur d'énergie est une sangle cousue sur elle-même qui va se déployer au moment de la chute pour ralentir celle-ci.

1.6.2.7 Enrouleur-Dérouleur

Selon la norme CSA Z259.16-04, un enrouleur-dérouleur peut être défini comme suit :

Corde d'assurance autorétractable (CAA) – dispositif de raccordement qui ajuste automatiquement sa longueur sous une légère tension, à mesure qu'un travailleur se rapproche ou s'éloigne de l'ancrage, afin d'arrêter une chute au besoin.

Note : Le boîtier de la CAA contient habituellement un tambour à ressort de rappel sur lequel s'enroule et se déroule un câble (ou une corde, un câble métallique ou une sangle). Ce dispositif est pourvu d'un mécanisme destiné à verrouiller le tambour en cas de chute du travailleur, en déroulant le câble plus vite que la vitesse limite de verrouillage. (CSA, 2009)

L'enrouleur-dérouleur, comme son nom l'indique, est un sous-système de liaison qui a la capacité de s'enrouler ou de se dérouler sur lui-même. Il comprend un système mécanique permettant le rappel soient les actions d'enrouler et de dérouler. Son fonctionnement est comparable à une ceinture de sécurité automobile. En cas de chute, l'enrouleur-dérouleur se bloque et arrête ainsi la chute. Pour ces expérimentations, l'enrouleur-dérouleur est fixé au-dessus de la structure. Le point d'ancrage reste le même tout au long des expérimentations. Chaque poseur d'acier d'armature vient relier l'autre ancrage à son harnais en attache dorsale. Quand le poseur d'acier d'armature va monter dans la structure, la sangle va s'enrouler sur elle-même à l'intérieur du dispositif et inversement quand le poseur d'acier d'armature descend elle va se dérouler.

1.6.2.8 Longes avec absorbeur d'énergie

Pour les longes avec absorbeur d'énergie, c'est l'absorbeur d'énergie qui en se dépliant va ralentir la chute du travailleur. Il n'y a dans l'absorbeur d'énergie aucun mécanisme. L'absorbeur d'énergie n'est, en quelque sorte, qu'une sangle cousue sur elle-même qui va se découdre lors de la chute et ainsi la ralentir.

Les longes avec absorbeur d'énergie proposées ici sont de longueur différente et la position d'attache est aussi différente. Une des deux longes vient s'attacher en position dorsale alors que l'autre longe s'attache en position sternale. Ces deux positions d'attache sont utilisées pour pouvoir mettre en avant une différence au niveau de la gêne. Il est envisageable de penser que l'une des attaches sera préférée par le travailleur.

1.7 Conclusion

En conclusion, le mémoire de Desjardins-David (2010), traitant d'une méthode de sélection des ÉPI, propose une ouverture en abordant le concept d'actif/passif.

Le concept d'actif/passif est à l'heure actuelle très peu exploité. Seule une norme aborde le sujet.

La revue de la littérature a tout de même permis de donner une première définition de ces deux concepts.

L'analyse d'un article sous l'angle actif/passif met en avant la notion de point de vue. Dans l'objectif d'une optimisation de la production, le point de vue « pendant la tâche » est le plus approprié.

Cette notion de point de vue donne au concept actif/passif une nouvelle définition plus concrète et facilement applicable.

L'échelle de mesure est la mieux adaptée pour classer les ÉPI en fonction de leur degré d'activité. Un ÉPI n'est ni totalement actif ni totalement passif. Il existe des degrés entre les différents ÉPI et combinaison d'ÉPI.

De cette revue de la littérature, découlent plusieurs questions de recherche.

CHAPITRE 2

PROBLÉMATIQUE

2.1 Place des ÉPI en santé sécurité du travail (SST)

2.1.1 Mise en contexte

Dans une entreprise, beaucoup de phénomènes dangereux peuvent être présents. Une fois identifiés convenablement, les risques, qui découlent de ces phénomènes dangereux, doivent être réduits. La figure 2.1 présente une méthode hiérarchique destinée à la réduction des risques.

La réduction du risque passe tout d'abord par l'élimination à la source du danger ou du phénomène dangereux.

Si cette élimination à la source n'est pas réalisable, le niveau de risque doit être diminué par réduction des forces ou de l'énergie libérée.

La mise en place de protecteur est la solution qui vient après la diminution du niveau de risque. Les protecteurs bloquent l'accès aux zones ou machines dangereuses empêchant ainsi la situation dangereuse.

Enfin, le tout dernier moyen de réduire le risque est l'ÉPI. Il s'agit de la dernière « barrière protectrice » entre le travailleur et le phénomène dangereux.

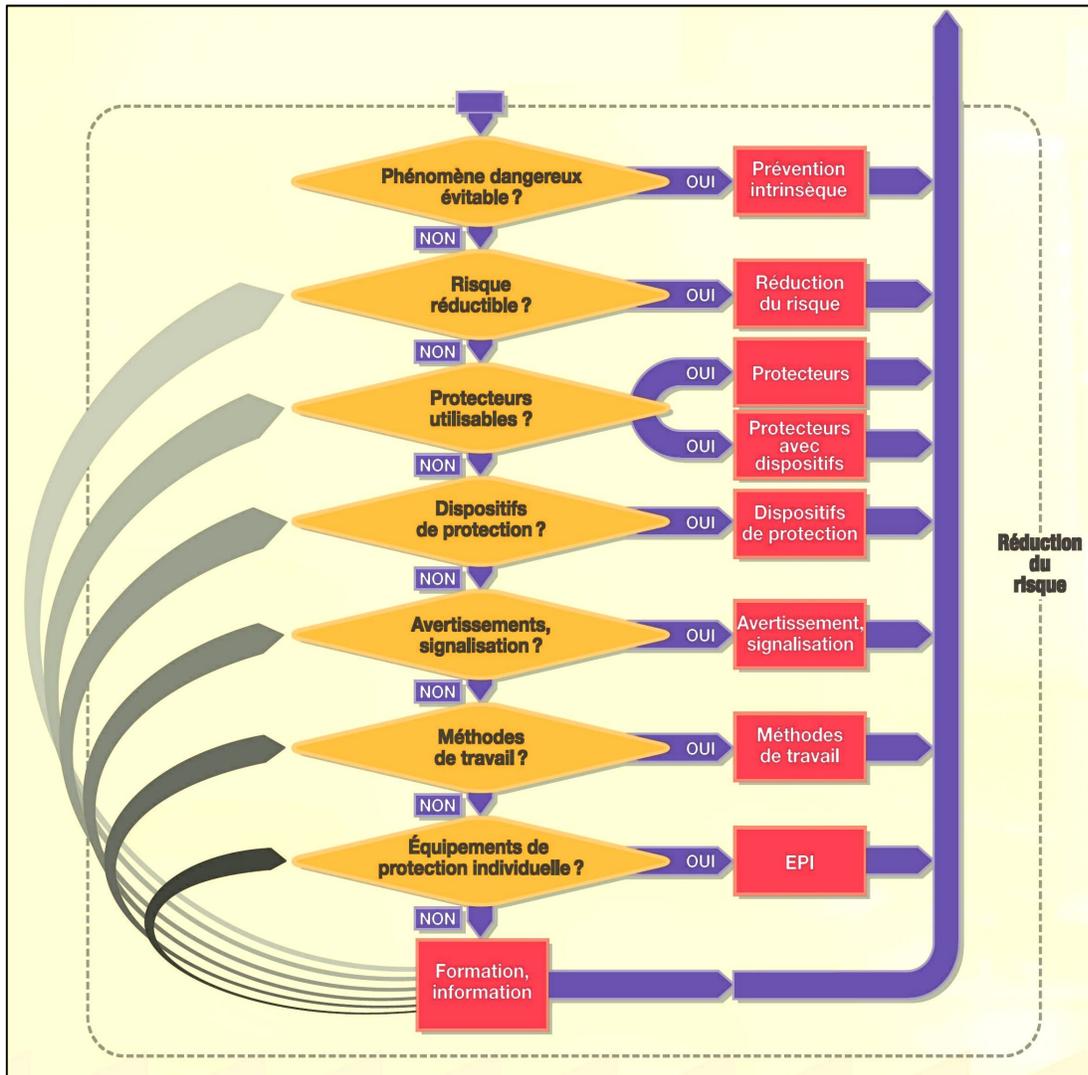


Figure 2.1 Hiérarchie de réduction des risques

Tiré de la brochure Sécurité des machines (CSST et IRSST, 2008, p.9)

(CSST et IRSST, 2008)

Le lecteur intéressé par l'analyse de risque en SST peut lire les documents DTE 127 et DTE 167 de la caisse régionale d'assurance maladie d'Île de France (CRAMIF) ; la norme ISO12100-2010 est la référence fondamentale à cet égard.

2.1.2 Définition ÉPI

Selon le point 2 de l'article premier de la Directive 89 / 686 / CEE du Conseil, les ÉPI peuvent être défini comme suit :

2. Aux fins de la présente directive, on entend par EPI tout dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité.

Sont également considérés comme EPI:

- a) l'ensemble constitué par plusieurs dispositifs ou moyens, associés de façon solidaire par le fabricant en vue de protéger une personne contre un ou plusieurs risques susceptibles d'être encourus simultanément;
- b) un dispositif ou moyen protecteur solidaire, de façon dissociable ou non dissociable, d'un équipement individuel non protecteur porté ou tenu par une personne en vue de déployer une activité;
- c) des composants interchangeables d'un EPI, indispensables à son bon fonctionnement et utilisés exclusivement pour cet EPI. (Union européenne, 1989)

L'ÉPI étant le dernier recours qu'a le travailleur pour se protéger, il se doit d'être porté ou tenu adéquatement. Une mauvaise utilisation de l'ÉPI peut entraîner de graves accidents. L'ÉPI ne peut être efficace que s'il est bien porté ou tenu.

Il existe un très grand nombre d'ÉPI. La sélection des ÉPI se doit donc d'être optimisée.

2.2 ÉPI vs Travailleur vs Port

2.2.1 Obligations

Selon la loi en santé et sécurité du travail, LSST S-2.1, et le règlement sur la santé et la sécurité du travail, règlement refondu du Québec, RRQ S-2.1, r.13, l'employeur ainsi que le travailleur ont des obligations au niveau des ÉPI. Le règlement sur la santé et la sécurité du travail S-2.1, r.13 les précise aux articles 338 et 339.

Le tableau-A-II-1 en annexe II regroupe les obligations des travailleurs et des employeurs selon la loi LSST S-2.1 et le règlement RRQ S-2.1, r.13.

Il fait ressortir les similitudes entre les obligations des employeurs et les obligations des travailleurs.

Par exemple, l'employeur a le devoir :

- de fournir gratuitement à ses travailleurs les ÉPI nécessaires et
- de les former à la bonne utilisation de ces ÉPI.

L'employeur a aussi l'obligation de s'assurer que le travailleur utilise ses ÉPI au cours de son travail. L'employeur doit contrôler le port des ÉPI.

Le travailleur a le devoir de porter adéquatement les ÉPI fournis par son employeur.

Le travailleur se doit de respecter les règles en matière de port d'ÉPI.

Le règlement donne les règles à respecter sans donner d'indication sur les moyens de mise en place ou de contrôle.

L'employeur et le travailleur ont tous les deux des obligations à remplir en matière d'ÉPI. Si ces obligations ne sont pas respectées, les ÉPI risquent d'être mal portés voir même non portés.

2.2.2 Contexte actuel

Les problèmes les plus souvent rencontrés vis-à-vis des ÉPI sont :

- la mauvaise utilisation et/ou
- le non port.

Les ÉPI créent, la plupart du temps, des contraintes. Ils peuvent être, par exemple, inconfortable. Ces contraintes sont à l'origine de la mauvaise utilisation des ÉPI ou encore du non-port des ÉPI.

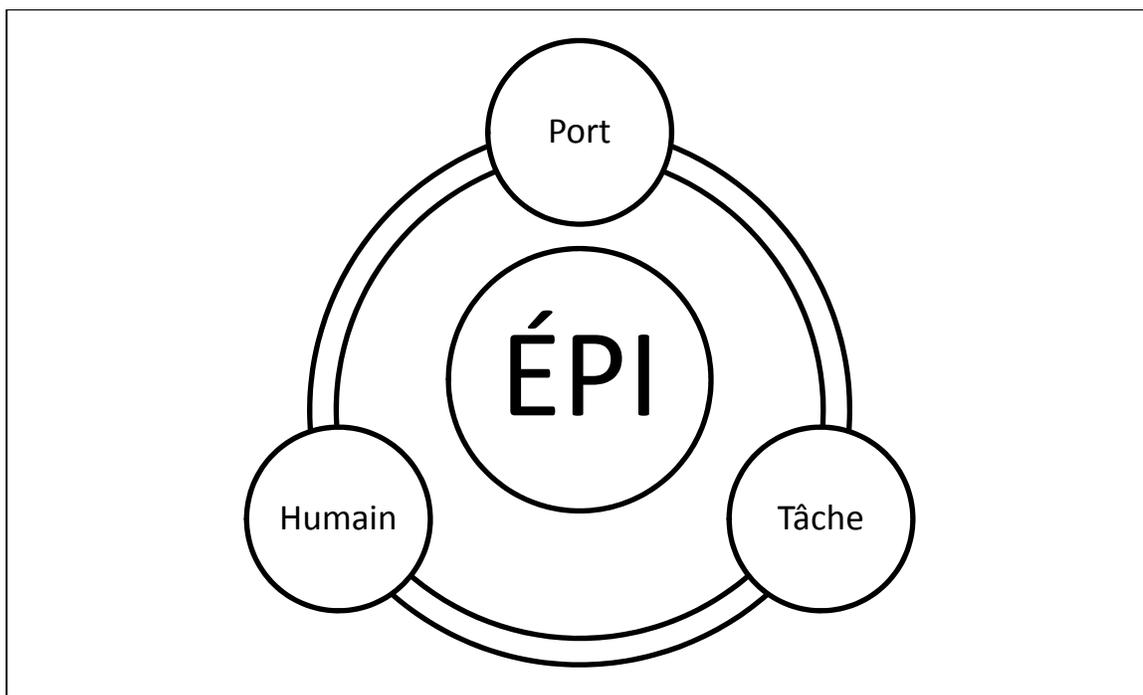


Figure 2.2 Schéma des interactions Humain-Port-Tâche

La figure 2.2 représente les interactions entre l'humain, le port de l'ÉPI et la tâche.

L'humain, le port de l'ÉPI et la tâche à effectuer sont en relation. En effet, l'humain ne portera pas ou portera mal son ÉPI si celui-ci n'est pas bien adapté à la fois à la tâche à réaliser et à lui-même.

L'humain se doit de bien connaître sa tâche à réaliser pour pouvoir sélectionner au mieux son ÉPI. Un bon choix d'ÉPI entraîne un meilleur port et donc une meilleure protection.

2.3 Concept actif/passif

L'équipement de protection est le dernier recours qu'a le travailleur pour se protéger ; il n'intervient que si le danger n'a pas pu être éliminé à la source. Son mode de sélection se doit d'être optimisé pour s'intégrer à la tâche (Desjardins-David et Arteau, 2011).

Un concept, peu exploité à l'heure actuelle, semble être intéressant pour cette optimisation ; il s'agit du critère actif/passif. Il se base sur le fait que l'individu se doit d'intervenir (actif) ou non (passif) :

- pour rendre son équipement efficace ou;
- pour contrecarrer l'interférence entre l'ÉPI et la tâche.

Généralement, les ÉPI peuvent ainsi être qualifiés d'actif alors que les ÉPC se voient qualifiés de passif (tableau 2.1).

Tableau 2.1 Protection individuelle et protection collective

Tiré de Desjardins-David (2010, p.10)

	Actif	Passif
Protection individuelle	X	
Protection collective		X

Présenté sous cet angle, le concept d'actif/passif semble être seulement représentable par une échelle dichotomique. Une échelle de mesure ne semble pas forcément être possible au premier abord.

2.4 Actif/Passif : nouvelle définition

Après avoir remarqué l'influence du point de vue sur le caractère actif/passif d'un équipement, une nouvelle définition du concept actif/passif est proposée.

Les équipements **actifs** sont les équipements qui, au cours de la tâche, demandent **beaucoup d'actions, beaucoup de gestes** de la part du travailleur.

Inversement, les équipements **passifs** sont les équipements qui, au cours de la tâche, ne demandent **aucune action, aucun geste** de la part du travailleur.

2.5 Échelle dichotomique vs Échelle de mesure

2.5.1 Échelle dichotomique

L'échelle qui semble le plus ressortir de la définition proposée plus haut d'actif/passif semble être une échelle dichotomique.

Selon le dictionnaire français Larousse, est dichotomique tout ce « Qui se divise et se subdivise de deux en deux, qui repose sur une division binaire : Classification dichotomique. » (Dichotomique).

D'après cette définition, il est possible de dire, qu'à l'heure actuelle, le concept d'actif/passif est vu comme binaire (0 ou 1) passif ou actif. Il n'y a pas de degré, de nuance entre les différents équipements.

Le tableau 2.2 propose une représentation du concept actif/passif du point de vue binaire.

Tableau 2.2 Comparaison binaire et actif/passif

0	1
Passif	Actif

Le critère actif/passif peut alors être vu comme dichotomique.

2.5.2 Échelle de mesure

Il s'agit d'une échelle permettant de classer les différents équipements en fonction de leur degré d'activité. L'origine de cette échelle est l'équipement le plus passif.

À partir de la représentation du concept actif/passif d'un point de vue binaire, il est possible d'en déduire une échelle de mesure.

Le tableau 2.3 ci-dessous représente le cheminement pour l'obtention de cette échelle de mesure.

Tableau 2.3 Représentation du chemin logique pour l'obtention d'une échelle de mesure

Passif	Actif
0	1
Pas d'action, de geste	Beaucoup d'actions, de gestes
0%	100%
Passif Actif 	

Le tableau 2.3 donne une représentation possible de l'échelle de mesure du degré d'activité des équipements. Cette représentation sera justifiée ultérieurement à la section 2.5.3 (justification du choix de l'échelle).

Cette échelle de mesure pose l'hypothèse que les équipements de protection ne peuvent pas être soit totalement actifs soit totalement passifs. Une nouvelle définition du concept d'actif/passif permet de laisser voir un certain degré d'activité possible. La représentation en pourcentage montre bien qu'il est possible de classer les équipements en fonction de leur degré d'activité.

L'échelle de mesure est-elle une bonne représentation du degré d'activité?

Il reste aussi à déterminer les critères importants à prendre en compte pour la mise en place de cette échelle de mesure du degré d'activité.

2.5.3 Justification du choix de l'échelle

En partant d'une représentation binaire du concept d'actif/passif, il est possible d'en déduire une échelle mesurant le degré d'activité.

En situation réelle, l'échelle de classement semble plus juste pour représenter le degré d'activité d'un équipement. Le degré d'intervention du travailleur variant pour différents ÉPI d'une même catégorie, un degré d'activité semble alors mesurable.

Par exemple, dans la catégorie des coulisseaux, il est observable que certains d'entre eux demandent une forte action de la part du travailleur alors que d'autre ne demande que très peu d'action. Il est néanmoins difficile de dire que l'un est totalement passif et l'autre totalement actif. Un degré d'activité ressort de cet exemple.

Le tableau 2.4 montre le cheminement établi pour représenter actif/passif comme une échelle de mesure.

Tableau 2.4 Représentation du concept actif/passif

	Passif	Actif
Dichotomique	0	1
	Pas d'action, de geste	Beaucoup d'action, de geste
Échelle de mesure	0%	100%
	Passif Actif 	

Le tableau 2.4 suit un raisonnement logique sans réellement prendre en compte les éléments présentés précédemment, les définitions.

En toute logique, le critère passif est défini comme ne demandant aucune action de la part du travailleur d'où la représentation binaire sous le chiffre 0. Et inversement, pour le critère actif représenté par le chiffre 1 en binaire car demandant une certaine action de la part du travailleur.

Toujours selon la logique, l'échelle présentée dans le tableau va du 0 vers 1 soit du passif vers l'actif.

En situation réelle, du point de vue de la réalisation de la tâche, il est possible de penser que le travailleur va être plus attiré par un équipement passif. L'équipement passif ne demande aucune action de la part du travailleur, il ne crée aucune gêne. Il n'intervient en aucun cas dans la réalisation de la tâche. Les équipements les plus passifs risquent d'être les plus appréciés par les travailleurs au cours de la réalisation de leur tâche.

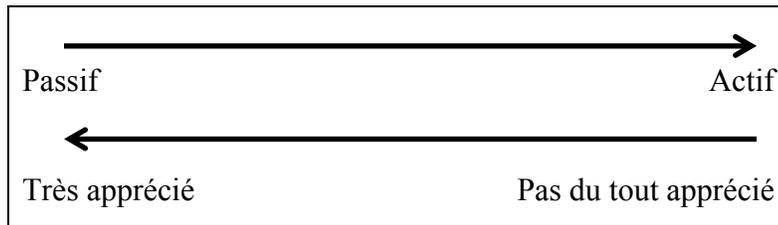


Figure 2.3 Échelles de mesure du degré d'activité
et du degré d'appréciation de l'ÉPI

En suivant cette supposition, l'échelle de mesure est inversée pour l'appréciation (figure 2.3). Les équipements passifs sont les plus appréciés.

2.6 Critères de mesure et représentation

Deux critères semblent intéressants à prendre en compte pour la mise en place de cette échelle de mesure :

- la gêne causée par l'ÉPI; et
- le nombre de gestes.

2.6.1 Gêne causée par l'ÉPI

2.6.1.1 Définition

Le concept de gêne utilisé ici peut être défini comme suit :

- Quelque chose qui empêche de faire correctement sa tâche;
- Quelque chose qui empêche de faire quelque chose, un mouvement, un geste;
- Quelque chose qui obstrue le passage;
- Quelque chose qui entraîne une action, un geste de la part du travailleur; et
- Quelque chose qui va demander une action de la part du travailleur.

La gêne est à l'origine de l'action du travailleur.

Il peut s'agir à la fois :

- d'une interférence avec la tâche; ou
- d'inconfort de l'ÉPI lui-même.

Dans ces deux cas, le travailleur doit agir pour éviter ou pour enlever cette gêne.

Plus il y a de gêne, plus le travailleur doit agir sur son équipement et plus l'équipement est actif.

2.6.1.2 Application actif/passif

Le premier paramètre à prendre en compte est la gêne causée par l'ÉPI. La mesure du degré d'activité d'un équipement de protection peut être vu comme étant la mesure du nombre de gêne causée par l'ÉPI pendant l'exécution de la tâche principale du travailleur. Pour mesurer cette gêne, le second paramètre proposé rentre en compte. La gêne occasionnée par l'ÉPI peut être mesurée en dénombrant le nombre de gestes portés sur l'ÉPI par le travailleur. Plus il y a de gêne causée par l'ÉPI, plus le travailleur agit sur son équipement. La gêne de l'ÉPI est la cause du nombre de gestes.

2.6.2 Nombre de gestes

Au cours de la réalisation de sa tâche, le travailleur est amené à poser des gestes sur son équipement de protection. Ces gestes sont effectués dans le but :

- d'éviter une certaine gêne causée par l'ÉPI ; ou juste
- de remettre en position optimale l'ÉPI.

Le nombre de gestes effectués par le travailleur sur son équipement peut être un des paramètres intéressants à prendre en compte. Plus un équipement va demander un grand nombre de gestes de la part du travailleur, plus celui-ci peut être vu comme actif. Et à l'inverse, moins un équipement demande d'actions de la part du travailleur, plus il est vu comme passif. Le nombre de geste est en lien direct avec le degré d'activité. De plus, c'est un paramètre facile à relever au cours d'expérimentation.

2.6.3 Corrélation

Une certaine corrélation semble alors se dessiner entre la gêne causée par l'ÉPI et le nombre de geste porté sur l'ÉPI.

La gêne peut être mesurable en comptant le nombre de gestes effectués pour remédier à cette gêne. Ces deux variables sont directement liées.

Le digramme présenté en figure 2.4 montre cette corrélation.

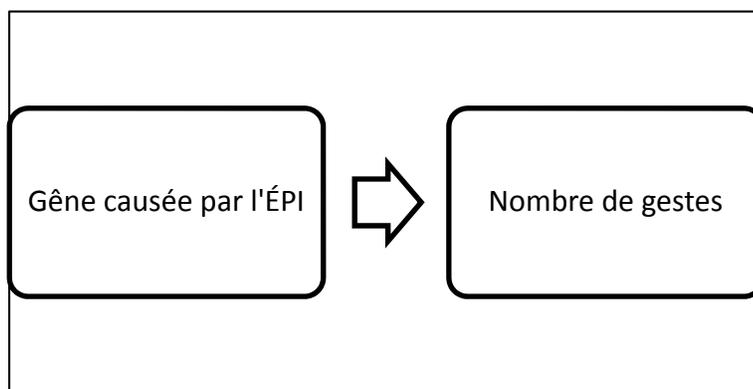


Figure 2.4 Corrélation Gêne causée par l'ÉPI
Nombre de gestes

La gêne occasionnée par l'ÉPI va entraîner un ou plusieurs gestes de la part du travailleur. Le geste de la part du travailleur est donc la conséquence de la gêne de l'ÉPI.

Le nombre de gestes est-il bien représentatif du degré d'activité?

Le temps est-il aussi un élément intéressant à relever au cours des expérimentations pour la mesure du degré d'activité?

Quelle est la relation entre le temps mesuré et le nombre de gestes?

2.6.4 Représentation

Les différents paramètres proposés peuvent être représentés par différentes échelles de mesure.

La figure 2.5, ci-dessous, représente trois échelles de mesure :

- la mesure du nombre de gêne;

- la mesure du nombre de geste; et
- la mesure du degré d'activité.

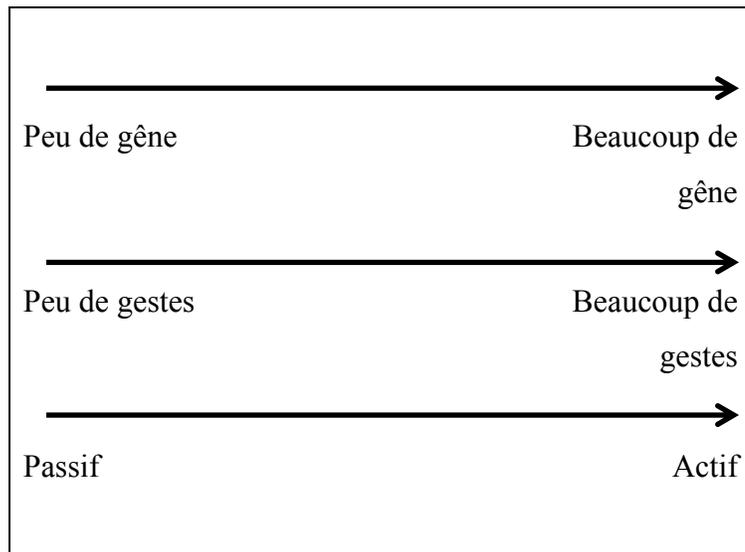


Figure 2.5 Échelles de mesure

Ces échelles de mesure permettent de bien se rendre compte des corrélations.

Beaucoup de gêne de la part de l'ÉPI va entraîner beaucoup d'actions, de gestes de la part du travailleur sur son ÉPI.

2.7 Préférence des travailleurs

Enfin, il semble envisageable de penser que les travailleurs aient une préférence pour les équipements les plus passifs. Au cours de leur tâche, les travailleurs perdent du temps à agir sur leur équipement. Les désajustements des équipements peuvent aussi être à l'origine d'accidents. Les travailleurs devraient se diriger vers les équipements les plus passifs, ne demandant aucune action de leur part et ne créant aucune interférence avec la tâche. Néanmoins, l'habitude semble être aussi un critère important. Il est possible que certains travailleurs préfèrent un équipement plus actif car ils ont l'habitude de cet équipement.

Est-ce que la préférence des travailleurs va être pour les équipements les plus passifs ou est-ce que l'habitude va entrer en jeu?

2.8 Questions de recherche

Ce paragraphe reprend les différentes questions de recherche posée dans le chapitre 2. Les questions de recherche sont les suivantes :

- L'échelle de mesure est-elle une bonne représentation du degré d'activité? (Section 2.5.2)
- Le nombre de gestes est-il bien représentatif du degré d'activité? (Section 2.6.3)
- Le temps est-il aussi un élément intéressant à relever au cours des expérimentations pour la mesure du degré d'activité? (Section 2.6.3)
- Quelle est la relation entre le temps mesuré et le nombre de gestes? (Section 2.6.3)
- Est-ce que la préférence des travailleurs va être pour les équipements les plus passifs ou est-ce que l'habitude va entrer en jeu? (Section 2.7)

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 Expérimentations envisagées

3.1.1 Objectifs

L'objectif principal des expérimentations envisagées est de déterminer la combinaison de lien optimale pour la réalisation d'une tâche caractéristique d'un monteur de charpente ainsi que le harnais le mieux adapté à cette tâche.

La combinaison de lien optimale est celle qui demande le moins d'action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche.

Le harnais optimal est celui qui ne se dérègle pas et qui ne crée aucune gêne avec la tâche.

3.1.2 Méthodologie

Pour mettre en place l'échelle de mesure du degré d'activité, des expérimentations en environnement contrôlé sont nécessaires. Un groupe composé d'une dizaine d'élèves poseurs d'acier d'armature du centre de formation aux métiers de l'acier (CFMA) serait utilisé pour ces expérimentations. Les expérimentations auraient été faites dans un centre de formation professionnelle reproduisant les conditions réelles rencontrées sur le terrain mis à part les conditions climatiques. Ils auront à effectuer une tâche de leur travail habituel équipés de leur ÉPI ainsi que de leurs outils (ceinture supplémentaire en plus du harnais). Différentes combinaisons d'équipements de protection en accord avec la réglementation en vigueur leur seront proposées.

Les tâches expérimentales à réaliser seront :

- Monter sur une structure en acier à plus de 6m à l'aide d'échelles;
- Exécuter une tâche typique d'un monteur de charpente à plus de 6m (tâche à préciser ultérieurement); et

- Exécuter des mouvements d'étirement au sol pour vérifier le confort dans les positions limites du corps.

Le système de protection porté par le travailleur est composé de :

- (1) Harnais;
- (2) Cordons d'assujettissement (lien de retenue);
- (3) Absorbeur d'énergie
- (4) Enrouleur-dérouleur;
- (5) Coulisseaux et cordes verticales;
- (6) Connecteurs; et
- (7) Ancrage.

Une visite au CFMA a permis de déterminer que les problèmes se situent plus au niveau du harnais et du coulisseau utilisé lors de la montée. En effet, les harnais ont tendance à se dérégler au cours des travaux et certains coulisseaux peuvent créer une sorte d'interférence, de gêne lors de la montée.

3.1.3 Variables

3.1.3.1 Définitions

Une variable peut être définie comme « Toute caractéristique qui peut avoir 2 ou plusieurs valeurs. »

Il existe différents types de variables.

Le rapport écrit sur les ferrailleurs utilise deux types de variables :

- les variables indépendantes; et
- les variables dépendantes.

Tableau 3.1 Définitions variables indépendantes et dépendantes

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
« Variables manipulées directement par le chercheur » (François, 2012)	« Variables influencées par une variable indépendante » (François, 2012)

Le tableau 3.1 ci-dessus présente des définitions simples pour ces deux types de variable.

3.1.3.2 Variables utilisées

Plusieurs variables sont intéressantes à prendre en compte pour la réalisation de ces expérimentations. Elles sont regroupées dans le tableau 3.2 et dans le tableau 3.3.

Le tableau 3.2 présente les variables en rapport avec les coulisseaux et l'enrouleur-dérouleur.

Tableau 3.2 Variables coulisseau/Enrouleur-dérouleur

Variables Coulisseau/Enrouleur-dérouleur	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monter sur une structure en acier à plus de 6m à l'aide d'échelles; et • Exécuter une tâche typique d'un poseur d'acier d'armature à plus de 6m (tâche à préciser ultérieurement). <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coulisseau AltoChute Komet; • Coulisseau AltoChute Modifié ADP; • Coulisseau Blocmax; et • Enrouleur-dérouleur fixe. <p>Sujets (aléatoire)</p>	<p>Mur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilité d'utilisation du système • Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système • Nombre de gestes • Temps • Appréciation globale du lien

Les variables proposées sont prises en compte pour la mise en place de l'échelle d'activité.

Le tableau 3.3 présente les variables en relation avec le harnais de sécurité.

Tableau 3.3 Variables harnais

Variables Harnais	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monter sur une structure en acier à plus de 6m à l'aide d'échelles; • Exécuter une tâche typique d'un poseur d'acier d'armature à plus de 6m (tâche à préciser ultérieurement); et • Exécuter des mouvements d'étirement au sol pour vérifier le confort dans les positions limites du corps. <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harnais combiné avec 4 anneaux en D, boucles rapides; • Harnais combiné avec 4 anneaux en D, boucles à ardillon; et • Harnais non combiné <p>Sujets (aléatoire)</p>	<p>Mur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilité d'ajustement • Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules • Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches • Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système • Nombre de gestes • Temps • Appréciation globale du harnais

Certaines variables dépendantes sont communes aux deux expérimentations.

3.1.4 Description des expérimentations

3.1.4.1 Coulisseaux/Enrouleur-dérouleur

Lors de la première étape de l'expérimentation, les poseurs d'aciers d'armature devront monter à l'échelle jusqu'à une hauteur minimum de 6m. Pour cela, ils utilisent une corde verticale sur laquelle ils viennent fixer leur coulisseau pour pouvoir monter en toute sécurité. Actuellement, les coulisseaux utilisés créent des interférences lors de la montée, le poseur d'acier d'armature doit sans cesse agir dessus. Trois types de coulisseau sont alors proposés

pour mieux définir les concepts d'actif/passif : un coulisseau de type AltoChute (KOMET, France) ; un coulisseau AltoChute modifié ADP (MILLER) et un coulisseau Blocmax ainsi qu'une solution alternative : l'utilisation d'un enrouleur-dérouleur (Arteau, 2005) donc quatre alternatives.

Tableau 3.4 Comparaison coulisseaux/enrouleur-dérouleur
Tiré de Séguillon et Arteau (2013)

	A	B	C	D
Phases d'utilisation	AltoChute Komet	AltoChute Modifié ADP	Blocmax	Enrouleur-dérouleur
Mise en place de la connexion harnais/corde verticale	Identique à B : long	Identique à A : long	Rapide	Rapide
Facilité durant la montée et la descente	Problème de compatibilité coulisseau-corde important	Problème de compatibilité coulisseau-corde important	Très fluide	Très fluide

Le tableau 3.4 présente une comparaison entre différents types de coulisseau et un enrouleur-dérouleur fixe.

Au niveau de l'installation du coulisseau, le temps d'installation sera mesuré ainsi que le nombre de gestes effectués pour le mettre en place. De même, pour chaque montée et descente, le temps sera mesuré ainsi que le nombre de gestes posé sur l'équipement de protection. Une fois l'ascension terminée, ils rempliront un questionnaire dans lequel ils donneront leur ressenti sur le sentiment sécuritaire, sur la sensation d'interférence avec la tâche et enfin ils donneront une appréciation globale ainsi qu'un classement entre les quatre équipements (Arteau et al., 2007a).

3.1.4.2 Harnais

La seconde étape de l'expérimentation porte sur les harnais. En effet, leur harnais actuel tend à se dérégler pendant le travail. Il s'agit de harnais non combinés, les poseurs d'acier d'armature doivent rajouter leur propre ceinture de monteur par-dessus. Pour remédier à ce désajustement et ainsi mieux définir les concepts d'actif/passif, trois types de harnais sont proposés : deux harnais combinés avec 4 anneaux en D un avec les boucles rapides et l'autre avec les boucles à ardillon et le harnais non combiné utilisé actuellement. Le temps de mise en place et d'ajustement du harnais sera mesuré ainsi que le nombre de gestes effectués. Un premier ressenti sur la facilité d'ajustement sera relevé. Une fois mis en place, ils effectueront des mouvements d'étirement au sol pour vérifier le confort dans les positions limites du corps. De même, leur ressenti sera relevé, sensation de gêne, d'inconfort, de désajustement. Les premiers désajustements pourront ainsi être observés. Et enfin, les poseurs d'acier d'armature donneront leur appréciation globale et proposeront un classement entre les trois harnais proposés (Arteau et al., 2001) (Arteau et Lan, 1993).

3.1.5 Résultats attendus

3.1.5.1 Coulisseaux/Enrouleur-dérouleur

Parmi les équipements proposés, les coulisseaux AltoChute (KOMET, France) et AltoChute modifié ADP devraient être les équipements les moins appréciés des travailleurs. Ils sont assez long à mettre en place et demandent une action continue de la part du travailleur au cours de la montée. Ils devraient être classés comme étant les équipements les plus actifs des quatre.

Le coulisseau Blocmax et l'enrouleur-dérouleur devraient être assez similaires au niveau de l'activité. Seul le ressenti des travailleurs eux-mêmes permettra de les classer.

Le classement attendu pour les coulisseaux/enrouleur-dérouleur devrait être du type :

$$\text{AltoChute KOMET} \geq \text{AltoChute modifié ADP} > \text{Blocmax} \geq \text{Enrouleur-dérouleur}$$

L'AltoChute KOMET étant le plus actif et l'enrouleur-dérouleur le plus passif.

Ce classement attendu est inversement proportionnel aux nombres de geste, au temps pris pour la mise en place mais il est aussi directement proportionnel à la fluidité de l'équipement lors de la montée.

3.1.5.2 Harnais

Concernant les harnais, le harnais combiné avec les boucles rapides devrait être le plus facile à ajuster alors que le harnais avec les boucles en ardillons est moins « précis » pour l'ajustement. En effet, pour les boucles en ardillons, les trous sont prédéfinis ce qui ne permet pas forcément un ajustement adéquat.

Pour le harnais non combiné, il est possible que la ceinture rajoutée vienne jouer sur le dérèglement des harnais.

Le harnais ne demandant aucune intervention au cours de la tâche de la part de son Travailleur serait alors le plus passif.

Une meilleure définition du concept actif/passif pourra ainsi être proposée. Les résultats ainsi obtenus permettront de mettre en place une échelle permettant d'évaluer le caractère passif/actif des équipements de protection pour les travaux en hauteur et d'avoir un premier ressenti des travailleurs vis-à-vis de ce concept d'actif/passif. La combinaison d'équipements proposée sera la mieux adaptée aux travaux des poseurs d'acier d'armature. Elle devrait faciliter leur travail tout en restant sécuritaire. Est-ce que cette échelle sera généralisable à l'ensemble des équipements de protection ?

3.1.6 Problèmes rencontrés

Pour réaliser ces expérimentations, une validation par un comité d'éthique du protocole est nécessaire.

Malheureusement, ces expérimentations n'ont pas pu être approuvées. L'absence du matériel nécessaire est l'origine de ce refus.

Une solution en accord avec les expérimentations envisagées est alors retenue. Il s'agit d'analyser les expérimentations d'un rapport écrit sur les ferrailleurs sous l'angle actif/passif.

3.2 Solution retenue

À la place des expérimentations prévues, une nouvelle analyse de résultats déjà publiés est faite sous le point de vue actif/passif.

Une grande partie de ce mémoire s'appuie donc sur le rapport intitulé « Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs) » (Arteau et al., 2007a).

Dans la section « Recommandations » du rapport, des propositions d'expérimentation sont présentées, expérimentations qui pourraient compléter cette démonstration.

3.2.1 Rapport écrit

Pour répondre à la problématique proposée dans ce mémoire, une analyse sous le point de vue actif/passif des résultats du rapport « Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs) » (Arteau et al., 2007a) est faite. Une partie des expérimentations présentes dans ce rapport porte sur le choix d'un lien de retenue. La méthodologie proposée ainsi que les variables étudiées sont cohérentes avec celles envisagées pour la mise en place d'une échelle de mesure actif/passif. Les résultats obtenus dans ce rapport sont facilement interprétables d'un point de vue actif/passif.

3.2.2 Justification

Le tableau 3.5 compare les expérimentations qui avaient été envisagées avec les expérimentations présentées dans le rapport sur les ferrailleurs.

Tableau 3.5 Comparaison entre les expérimentations envisagées et les expérimentations présentées dans le rapport

	Expérimentations envisagées	Article à analyser
Équipements testés	<ul style="list-style-type: none"> • Coulisseaux • <u>Enrouleur-dérouleur</u> • Harnais 	<ul style="list-style-type: none"> • Longe avec absorbeur d'énergie • <u>Enrouleur-dérouleur</u>
Tâches à effectuer	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Monter sur une structure</u> en acier à plus de 6m à l'aide d'échelles; • <u>Exécuter une tâche typique d'un poseur d'acier d'armature</u> à plus de 6m (tâche à préciser ultérieurement); et • Exécuter des mouvements d'étirement au sol pour vérifier le confort dans les positions limites du corps. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Monter sur une structure</u> verticale à différentes hauteurs; • <u>Soulever des barres d'armature</u>; et • <u>Poser des barres d'armature</u> dans la structure à différentes hauteurs.
Déplacement	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vertical</u> pour monter jusqu'à 6m • <u>Horizontal</u> pour l'exécution de la tâche en hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vertical</u> • <u>Horizontal</u> pour que le poseur d'acier d'armature se mette en place dans la structure.

Note : Les soulignés sont de l'auteure.

Plusieurs ressemblances entre les deux expérimentations proposées ressortent.

Il est donc envisageable de prendre les expérimentations présentées dans le rapport sur les ferrailleurs pour les analyser sous l'angle actif/passif.

3.2.3 Vidéos

Les vidéos en lien avec ce rapport sont malheureusement inexploitable. Les points de vue des caméras ne permettent pas de bien visualiser les gestes portés sur les équipements par les travailleurs. Il est impossible de compter le nombre de gestes de toutes les combinaisons testées durant toute la durée. Néanmoins, elles permettent tout de même de bien visualiser la mise en place de l'enrouleur-dérouleur fixe et d'en comprendre le fonctionnement.

3.3 Équipements testés

3.3.1 Mise en contexte

Le rapport présente différents types d'équipements testés. Ils ne sont pas tous intéressants dans le cas actuel. Seule la deuxième expérimentation sur les liens de retenue est intéressante ici. Les expérimentations sur les liens de retenue sont des essais supplémentaires. Ce sont les derniers essais réalisés dans le rapport écrit sur les ferrailleurs.

[...] La durée totale de la deuxième partie est de 2 jours d'essais soit 2 groupes de 6 travailleurs qui réalisent les essais sur une journée.

Les essais ont été réalisés au Centre de formation des métiers de l'acier. Le chercheur principal, un professionnel de recherche et trois techniciens sont en permanence sur les lieux; sept poseurs d'acier d'armature ainsi que deux aides pour le démontage sont présents. (Arteau et al., 2007a)

Les essais sont réalisés sur 2 jours au CFMA. Deux groupes de six travailleurs réalisent ces essais soit douze travailleurs au total.

3.3.2 Harnais de sécurité

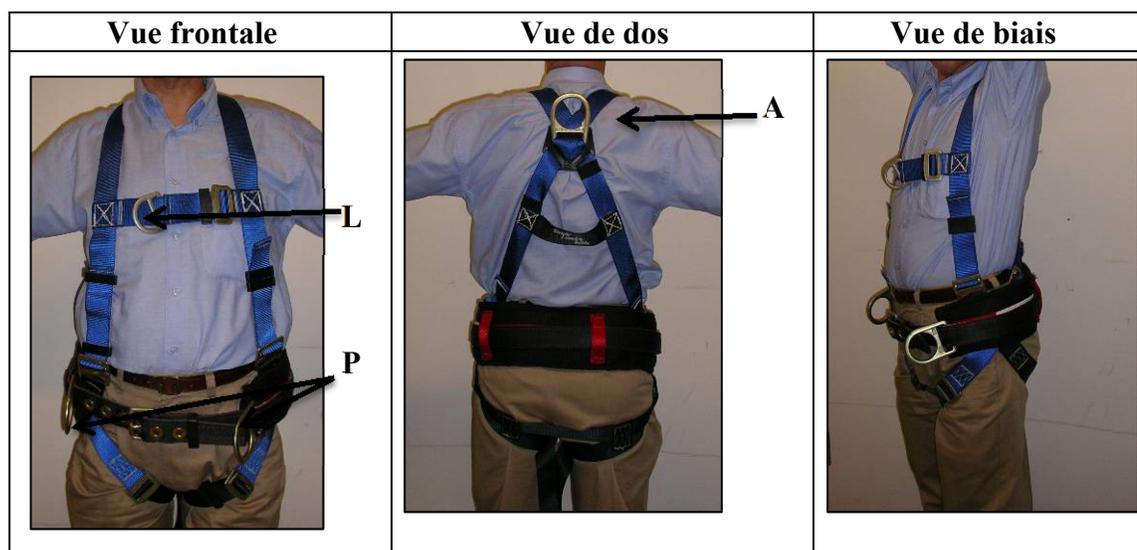
Les expérimentations antérieures, présentées dans le rapport sur les ferrailleurs, montrent que le harnais le mieux adapté pour réaliser les expérimentations sur les liens de retenue est le harnais H3. Il s'agit d'un harnais de classe ALP avec ceinture de positionnement ayant 2 anneaux latéraux. D'après le rapport écrit, c'est le harnais le mieux adapté pour réaliser les expérimentations sur les différents types de lien de retenue.

Le harnais, ainsi choisi pour réaliser les tests sur les différents liens de retenue, est le harnais le plus commun aux ferrailleurs. Cependant, compte tenu de la variante L6 LAS (longe absorbeur sternal) (tableau 3.7) qui est testée, la classe L attache sternale doit être ajoutés au harnais AP. Ainsi, un harnais ALP est utilisé.

Le tableau 3.6 propose différentes vues du harnais utilisé.

Tableau 3.6 Harnais ALP de sécurité utilisé

Adapté de Arteau et al. (2007, p.14)



Les photographies du harnais permettent de bien visualiser le harnais dans sa globalité. Elles présentent le harnais sous tous les angles. Le harnais inclut une ceinture de positionnement avec deux anneaux latéraux. Il s'agit d'un harnais de classe ALP selon le tableau 3.6.

La ceinture de positionnement avec ses deux anneaux latéraux est bien représentée.

3.3.3 Ceinture de positionnement

Les poseurs d'acier d'armature utilisent des ceintures de positionnement avec deux anneaux latéraux pour se maintenir en position de travail.

Cette ceinture est combinée au harnais de sécurité.

Le système de positionnement comprend une ceinture à deux anneaux latéraux et une chaîne en V qui l'ancre au mur d'armatures. L'attache de positionnement est constituée d'une courte chaîne munie de deux mousquetons qui sont attachés dans chacun des deux anneaux en D latéraux de la ceinture; sur cette chaîne coulisse un crochet à bec-de-canard. (Arteau et al., 2007a)

Qu'importe le sous-système de liaison, les poseurs d'acier d'armature utilisent cette ceinture de positionnement.

La figure 3.1 ci-dessous montre un poseur d'acier d'armature réalisant une tâche sur un mur vertical. Il porte une ceinture de positionnement (en gris) combinée à un harnais de sécurité avec une longe avec absorbeur d'énergie en position sternale.

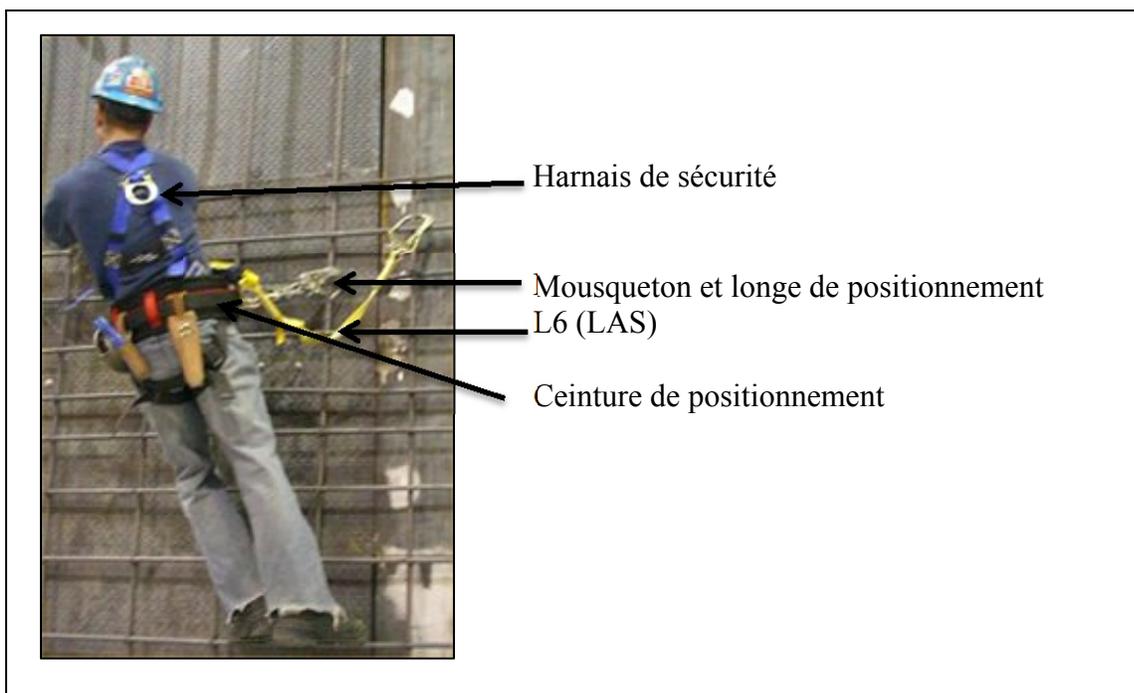


Figure 3.1 Ceinture de positionnement combinée avec un harnais et une longe antichute en position sternale

La combinaison harnais-ceinture reste la même tout au long de l'expérimentation pour tous les poseurs d'acier d'armature et quelque soit son sous-système de liaison.

3.3.4 Sous-systèmes de liaison

Le tableau 3.7 montre des photographies prises des différents types de lien de retenue proposés pour les expérimentations.

Tableau 3.7 Illustrations des sous-systèmes de liaison testés

Adapté de Arteau et al. (2007, p.16)

(a)	(b)	(c)
L5 (LAD)	L6 (LAS)	L7 (EDD fixe)
Longe avec absorbeur d'énergie	Longe avec absorbeur d'énergie	<u>Enrouleur-dérouleur fixe</u>
5 pieds	4 pieds	11 pieds
1,5m	1,2m	3,3m
Attache dorsale	<u>Attache sternale</u>	Attache dorsale
Classe A du harnais	<u>Classe L du harnais</u>	Classe A du harnais
		  <p data-bbox="1088 1717 1192 1755">Équerre</p>

Note : Les soulignés sont de l'auteur.

La numérotation des liens, L5, L6, L7, est celle du rapport écrit « Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs) ».

Les photos montrent bien la position d'attache de la longe :

- dorsale pour L5 et L7; et
- sternale pour L6.

Une photo permet aussi de bien visualiser l'équerre en haut du coffrage auquel est fixé l'enrouleur-dérouleur.

Tableau 3.8 Illustrations des systèmes de retenue
Adapté de Arteau et al. (2007, p.16)

<p>L5 - Longe avec absorbeur de 1,5 m (5 pieds)</p> 
<p>L6 - Longe avec absorbeur de 1,2 m (4 pieds)</p> 
<p>L7 - Enrouleur-dérouleur de 3,3 m (11 pieds)</p> 

Les équipements sont conformes aux normes CSA en vigueur.

Les photographies présentées dans les tableaux 3.7 et 3.8 ci-dessus permettent de bien visualiser les différences entre les trois types de lien. Les photographies des deux longues permettent de bien voir les différences au niveau du point d'attache, dorsale pour L5 et sternale pour L6.

3.4 Objectif de l'expérimentation

L'objectif proposé par le rapport écrit sur les ferrailleurs est le suivant : « L'objectif est d'identifier la combinaison de lien optimale pour les tâches quotidiennes des poseurs d'acier d'armature. » (Arteau et al., 2007a)

Cet objectif est aussi intéressant d'un point de vue actif/passif.

La combinaison de lien optimale, recherchée dans le rapport écrit sur les ferrailleurs, est la combinaison de lien qui est la plus appréciée des travailleurs.

Du point de vue actif/passif, la combinaison de lien optimale est la combinaison de lien demandant le moins d'action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche.

Il s'agit de la combinaison de lien la plus passive.

Plus la combinaison de lien est passive, plus elle devrait être appréciée du travailleur.

L'objectif de ce mémoire vis-à-vis du rapport sur les ferrailleurs est d'identifier la combinaison de lien demandant le moins d'action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche. Il s'agit, en quelque sorte, d'identifier la raison de la préférence des travailleurs et avançant l'hypothèse que la combinaison de lien optimale est la combinaison de lien la plus passive.

L'analyse sous l'angle actif/passif complète le rapport sur les ferrailleurs, il justifie la préférence observée.

3.5 Variables du rapport

Le rapport sur les ferrailleurs présente plusieurs types de variables indépendantes et dépendantes. Elles sont sélectionnées en fonction de la problématique à résoudre. La plupart de ces variables sont intéressantes d'un point de vue actif/passif. Le tableau 3.9 présente les différentes variables considérées pour cette expérimentation.

Tableau 3.9 Variables affectant les résultats

Tiré de Arteau et al. (2007, p.40)

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poser des barres d'armature <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - longe avec absorbeur, dorsale, 5 pieds, L5 - longe avec absorbeur, sternale, 4 pieds, L6 - enrouleur-dérouleur fixe, dorsale, 11 pieds, L7 <p>Sujets (aléatoire)</p>	<p>Mur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faciliter d'utilisation du système - Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules - Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches - Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système - Appréciation globale du lien

Les variables proposées sont prises en compte pour la mise en place de l'échelle d'activité.

3.6 Poseurs d'acier d'armature participants

D'après le rapport écrit « Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs) » (Arteau et al., 2007), douze poseurs d'acier d'armature sont nécessaires pour remplir les différentes expérimentations proposées et pour respecter une puissance statistique suffisante.

Un poseur d'acier supplémentaire est aussi présent pour donner les différentes armatures aux poseurs réalisant l'expérimentation.

Selon le rapport, les poseurs d'acier d'armature remplissent des conditions bien précises :

- Ils sont expérimentés, représentatifs de la population et capables de verbaliser leurs impressions
- Ils ont leur carte de compétence et un minimum de 5 000 heures travaillées.
- Ils provenaient de la grande région de Montréal.
- Chaque poseur d'acier d'armature était libre de participer ou non à l'étude.

- Les conditions de travail des poseurs d'acier d'armature étaient celles prévues à la convention collective du secteur industriel de la construction et n'étaient pas un facteur pouvant influencer le libre consentement des travailleurs. (Arteau et al., 2007a)

Les objectifs des essais ainsi que les conditions de réalisation sont expliqués à chaque travailleur avant de débiter les essais.

Le tableau 3.10 ci-dessous, issu du rapport écrit sur les ferrailleurs, recueille les données sur les différents travailleurs. La taille et la masse corporelle données sont mesurées avec les vêtements.

Les années d'expérience sont aussi recueillies.

Tableau 3.10 Données sur les poseurs d'acier d'armature
Tiré de Arteau et al. (2007, p.17)

No	Taille (cm)	Masse (kg)	Âge (an)	Expérience (an)
1	185	93	49	25
2 jour 1	177	122	52	25
2 jour 3	180	101	41	22
3	172	65	25	5
4	176	85	42	20
5	177	107	41	13
6	180	75	24	4
7	172	68	26	4
8	180	70	39	18
9	170	80	32	16
10	192	100	32	6
11	181	71	47	24
12	192	95	29	5
Minimum	170,0	65,0	24,0	4,0
Maximum	192,0	122,0	52,0	25,0
Moyenne	179,5	87,1	36,8	14,4
Écart – type	6,9	17,5	9,5	8,6

Au travers du tableau 3.10, il est observable que tous les types de gabarit sont représentés.

3.7 Expérimentations

3.7.1 But des expérimentations

La série d'expérimentation réalisée dans le rapport sur les ferrailleurs donne de nouvelles solutions de système de retenue.

Le but de ces essais est de déterminer si une longe sternale plus courte ou un enrouleur-dérouleur fixe installé sur le coffrage serait plus adéquat et apprécié que la longe dorsale utilisée présentement par les poseurs d'acier d'armature. Donc les deux principales questions que ces essais permettront de répondre sont : est-ce qu'une longe sternale plus courte est plus appréciée que la longe dorsale plus longue? Est-ce qu'un enrouleur-dérouleur fixé au coffrage est plus apprécié que la longe dorsale standard? (Arteau et al., 2007a)

Le terme « plus apprécié » peut aussi être compris comme « provoquant le moins de gêne avec la tâche à exécuter » et par conséquent « nécessitant moins de gestes de la part du travailleur. »

3.7.2 Tâches

De même, les tâches à réaliser sont issues du rapport écrit « Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs) ». Les tâches à effectuer sont réalisées sur un mur vertical.

Deux tâches sont réalisées :

- soulever des barres d'armatures et
- poser les barres d'armature dans la structure.

Ces deux tâches obligent les travailleurs à se déplacer dans le mur tout en manipulant des charges lourdes. Ce sont des tâches bien caractéristiques du métier de poseur d'acier d'armature.

La figure 3.2 représente le mur sur lequel les tâches vont avoir lieu.

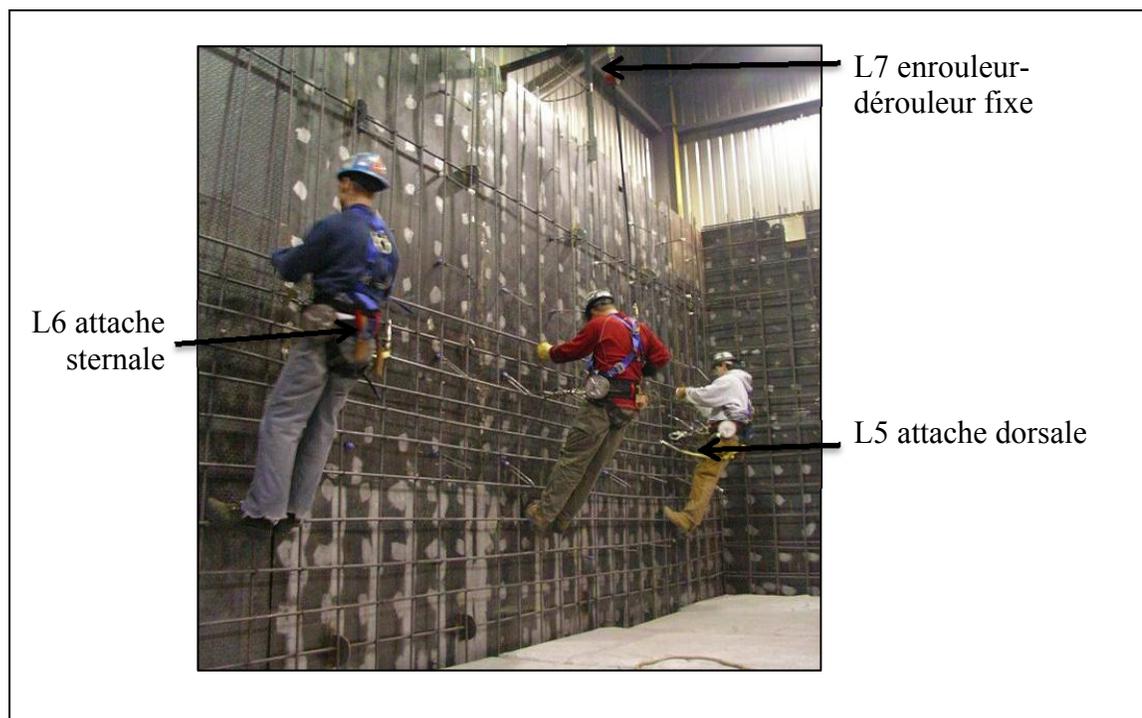
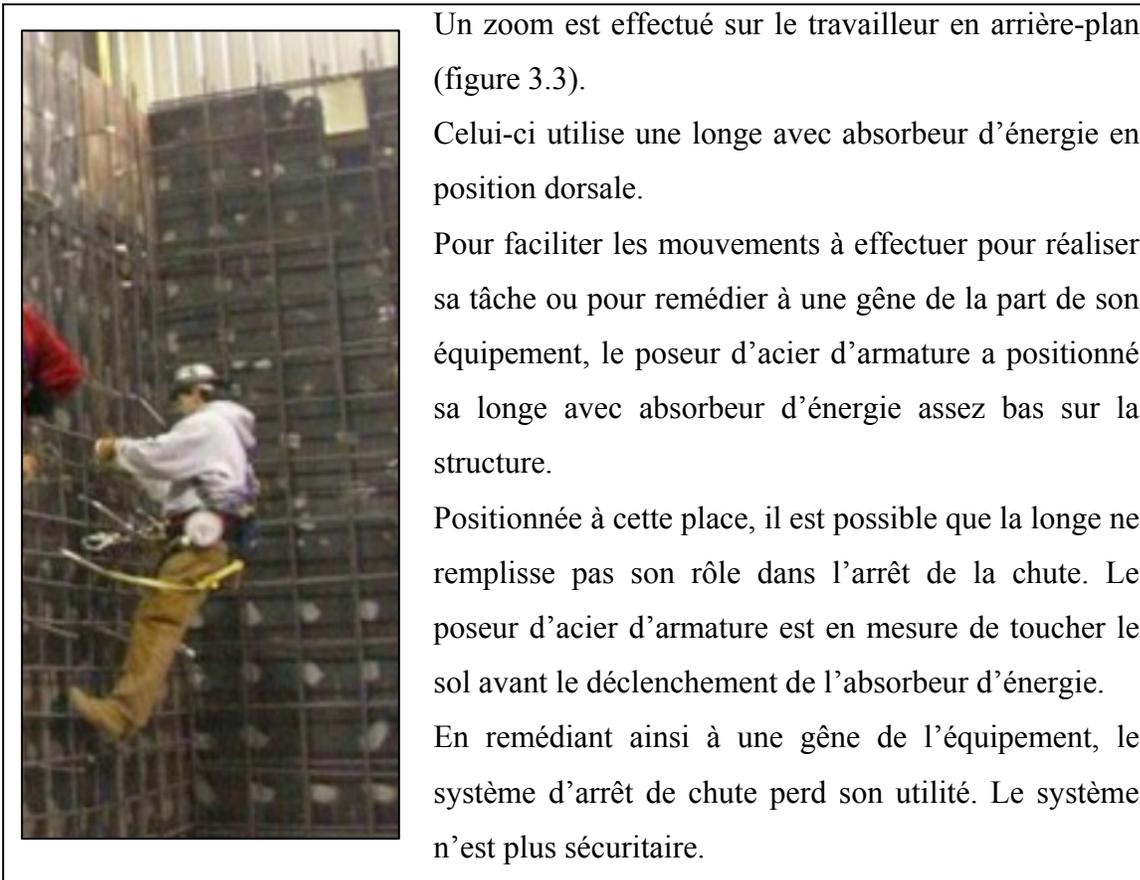


Figure 3.2 Poseurs d'acier d'armature exécutant les tâches

Tiré de Arteau et al. (2007, p.19)



Un zoom est effectué sur le travailleur en arrière-plan (figure 3.3).

Celui-ci utilise une longe avec absorbeur d'énergie en position dorsale.

Pour faciliter les mouvements à effectuer pour réaliser sa tâche ou pour remédier à une gêne de la part de son équipement, le poseur d'acier d'armature a positionné sa longe avec absorbeur d'énergie assez bas sur la structure.

Positionnée à cette place, il est possible que la longe ne remplisse pas son rôle dans l'arrêt de la chute. Le poseur d'acier d'armature est en mesure de toucher le sol avant le déclenchement de l'absorbeur d'énergie.

En remédiant ainsi à une gêne de l'équipement, le système d'arrêt de chute perd son utilité. Le système n'est plus sécuritaire.

Figure 3.3 Poseur d'acier d'armature sur le mur

Adapté de Arteau et al. (2007, p.19)

Les tâches se déroulent d'une manière bien spécifique qui ne varie pas.

Trois poseurs d'acier d'armature, F1 à F3 par exemple, exécutent leurs tâches simultanément, soit un à droite, un au centre et un à gauche. Lorsqu'ils ont installé suffisamment de barres d'armature, ils descendent pour compléter la fiche questionnaire et cèdent le mur à trois autres travailleurs, F4 à F6 par exemple, qui installeront d'autres barres plus hautes. Quatre sections de hauteur sont nécessaires pour compléter l'armature du mur. La première section près du sol sera appelée hauteur-1 et la dernière, hauteur-4. Lorsque le mur est complété, des aides-poseurs d'acier d'armature désinstallent les barres d'armature pour le prochain essai. [...] (Arteau et al., 2007a)

La figure 3.2 illustre bien les trois travailleurs exécutant leurs tâches sur le mur vertical à une hauteur bien définie.

Les commentaires et observations des travailleurs sont directement recueillis après la réalisation de la tâche. L'échelle analogue visuelle est un bon moyen d'obtenir les ressentis des travailleurs dans le but de les analyser.

3.7.3 Ordre des essais d'équipements

Au cours des expérimentations, tous les travailleurs vont tester les différents types de lien de retenue dans un ordre prédéterminé.

La distribution des ordres de passage est faite aléatoirement. L'ordre des essais a été établi de telle sorte que chaque sujet teste tous les différents types de lien et que chaque lien soit testé à toutes les hauteurs du mur. Le tableau 3.11 donne la hauteur et le type de lien avec lesquels les différents poseurs d'acier d'armature vont travailler au cours de la journée 3.

Tableau 3.11 Séquence du jour 3

Tiré de Arteau et al. (2007, p.23)

Jour 3 - am	Gauche L-6	Centre L-7	Droite L-5
Hauteur 1	F3	F2	F1
Hauteur 2	F6	F5	F4
Hauteur 3	F1	F3	F2
Hauteur 1	F4	F6	F5
Hauteur 2	F2	F1	F3
Hauteur 3	F5	F4	F6

Ce tableau 3.11 montre bien que chaque poseur d'acier d'armature teste les trois types de liens à toutes les hauteurs du mur dans un ordre de passage déterminé aléatoirement.

De même, le tableau 3.12 présente les différentes distributions (type de liens, hauteur, poseur d'acier d'armature) au cours de la journée 4.

Tableau 3.12 Séquence du jour 4

Tiré de Arteau et al. (2007, p.23)

Jour 4 - am	Gauche L-6	Centre L-7	Droite L-5
Hauteur 1	F9	F8	F7
Hauteur 2	F12	F11	F10
Hauteur 3	F7	F9	F8
Hauteur 1	F8	F12	F11
Hauteur 2	F10	F7	F9
Hauteur 3	F11	F10	F12

Il en est de même pour la quatrième journée; chaque poseur d'acier d'armature teste les trois types de liens à toutes les hauteurs du mur dans un ordre de passage déterminé aléatoirement.

3.8 Outils pour la cueillette et l'analyse des données, des ressentis

3.8.1 Mesure de la perception psychophysique

Comme l'ont démontré des études précédentes, la mesure de la perception psychophysique est un bon moyen pour discriminer plusieurs systèmes et équipements. Le rapport sur les ferrailleurs cite différentes études qui viennent confirmer la validité de cette méthode. (Beauchamp et al., 1997) (Arteau et al., 1997; Beauchamp, Brosseau et Arteau, 1995) L'échelle analogue visuelle est un moyen facile comme outils de cueillettes de données.

3.8.2 Appréciation des sujets sur les variables dépendantes

La figure 3.4 représente une échelle analogue visuelle. Le travailleur a placé une croix à l'endroit qui correspond le mieux à son ressenti.

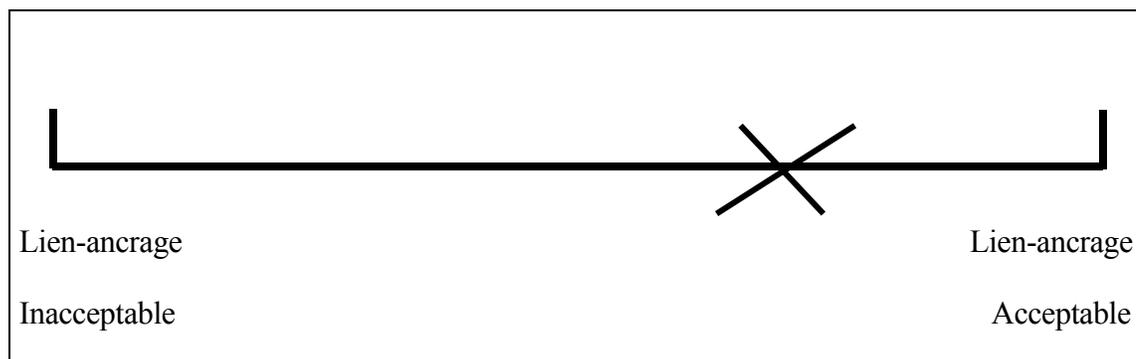


Figure 3.4 Exemple d'une échelle visuelle analogue

Tiré de Arteau et al. (2007, p.24)

La mesure voulue est le pourcentage de la distance entre le point 0, l'origine, et l'endroit de la croix. Le calcul est assez simple.

L'échelle analogue visuelle est une technique rapide et facile pour obtenir des données sur les ressenties des poseurs d'acier d'armature.

3.8.3 Compilation des résultats

Les résultats obtenus à l'aide des échelles analogues visuelles sont ensuite compilés sous Excel et analysés par le logiciel StatGraphics.

Numéro du sujet
 Âge
 Masse
 Années d'expérience
 Jour
 Hauteur
 Position
 Numéro du harnais ou longe et attache
 Sentiment de sécurité
 Confort aux épaules
 Confort aux hanches
 Appréciation globale
 [...] (Arteau et al., 2007a)

3.8.4 Analyse statistique et plan d'expérience

Le rapport sur les ferrailleurs utilise une méthode d'analyse statistique appelée ANOVA.

L'analyse de la variance (*ANOVA : ANalysis Of VAriance*) est « [...] un test statistique permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont issus d'une même population. » (Wikipédia, 2014a)

Le test statistique ANOVA est utilisé pour tester une hypothèse nulle.

« L'analyse de variance (ANOVA) est utilisée pour tester l'hypothèse nulle voulant que les combinaisons d'équipements n'aient pas d'effet sur la perception subjective de la nuisance et du confort. Un seuil de confiance de 5% ($p < 0,05$) est choisi pour identifier les effets significatifs. » (Arteau et al., 2007a)

L'hypothèse nulle proposée pour ce mémoire est la suivante :

Les combinaisons d'équipements n'ont pas d'influence sur la tâche et sur le travailleur.

3.8.5 Entrevues semi-dirigées

L'entrevue semi-dirigée ou entretien semi-directif est un moyen de recueillir les ressentis des Travailleurs tout en orientant la discussion.

L'entretien semi-directif est « [...] une technique qualitative fréquemment utilisée. Il permet de centrer le discours des personnes interrogées autour de différents thèmes définis au préalable par les enquêteurs et consignés dans un guide d'entretien. » (Wikipédia, 2014b)

D'après le rapport sur les ferrailleurs, après chaque journée, les commentaires des poseurs d'acier d'armature sont recueillis. L'entretien semi-directif est mené par un technicien de l'équipe de recherche. Il a lieu en tête à tête.

3.8.6 Groupes de discussion

De même, selon le rapport écrit sur les ferrailleurs, à la fin de chaque journée et après les entrevues semi-dirigées, les poseurs d'acier d'armature assistent à des groupes de discussion.

3.9 Conclusion

La non disponibilité de matelas d'arrêt de chute de saut en hauteur a rendu l'obtention du certificat d'éthique très problématique et a empêché la réalisation des expérimentations envisagées.

Néanmoins, les expérimentations proposées par le rapport sur les ferrailleurs sont quasiment identiques à celles envisagées au premier abord. Le rapport sur les ferrailleurs est un bon support pour mettre en place le concept d'actif/passif.

L'expérimentation analysée sous l'angle actif/passif compare trois types de liens :

- une longe avec absorbeur d'énergie en position dorsale de 1,5m L5;
- une longe avec absorbeur d'énergie en position sternale de 1,2m L6; et
- un enrouleur-dérouleur fixe en position dorsale de 3,3m L7.

Ces trois liens sont testés avec un harnais de type ALP qui combine une ceinture de positionnement.

La population de travailleur est représentative de tous les gabarits possibles pour la réalisation de travaux en hauteur ainsi que les années d'expérience et l'âge.

La tâche effectuée par les poseurs d'acier d'armature est représentative du métier. Il s'agit de soulever et d'installer des barres d'armatures dans une structure verticale à hauteurs variables. Les poseurs d'acier d'armature respectent un ordre déterminé au préalable pour réaliser les expérimentations. La distribution est faite de façon aléatoire.

Le traitement des résultats obtenus lors de l'expérimentation est complet. Les ressentis sont recueillis de différentes façons.

Une fois recueillis, les résultats obtenus dans le rapport sur les ferrailleurs sont analysés sous l'angle actif/passif.

Il est tout de même dommage que les vidéos en lien avec les expérimentations du rapport sur les ferrailleurs ne soient pas réellement exploitables. Elles auraient pu apporter un plus pour l'analyse sous l'angle actif/passif. Le nombre de gestes aurait pu être déterminé.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET ANALYSES

Les résultats et analyses présentés dans ce chapitre sont tirés directement du rapport écrit « Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (Ferrailleurs) ».

4.1 Introduction

Selon le code de sécurité établi au Québec S-2.1, r.4, les poseurs d'acier d'armature doivent être munis d'un lien de retenue :

- dès qu'ils sont exposés à une chute de hauteur de plus de 3m ou
- à 0m si possibilité de chuter sur un objet.

Ils portent donc, habituellement, un système antichute comprenant « une longe avec absorbeur d'énergie conventionnelle en position dorsale pour s'attacher à l'armature et ainsi se protéger des chutes. » (Arteau et al., 2007a)

D'après le rapport écrit sur les ferrailleurs, une deuxième expérimentation découle de l'expérimentation faite sur les différents types de liens.

Cette seconde expérimentation teste un enrouleur-dérouleur fixe ; une longe dorsale et une longe sternale plus courte.

4.2 Résultats et analyses

4.2.1 Facilité d'utilisation

4.2.1.1 Interprétation des résultats

Le premier résultat relevé concerne la facilité d'utilisation de l'équipement, du lien (tableau 4.1).

Le tableau 4.1 présente les résultats du rapport sur les ferrailleurs concernant la facilité d'utilisation des liens et une première interprétation sous l'angle actif/passif.

Tableau 4.1 Interprétation des résultats du point de vue actif/passif
Facilité d'utilisation

Rapport Ferrailleurs	« Tous les liens obtiennent une grande facilité d'utilisation, mais l'enrouleur-dérouleur fixe L7 est significativement supérieur à la longe sternale L6. L'enrouleur-dérouleur fixe L7 est confondu avec la longe dorsale L5. » (Arteau et al., 2007a)
Point de vue Actif/Passif	<p>La différence qui ressort ici se fait au niveau de la position d'attache du lien.</p> <p>L5 et L7 sont confondus et ils ont tous les deux une attache en position dorsale.</p> <p>L6, le moins apprécié, a une attache sternale.</p> <p>La facilité d'utilisation du lien est liée à cette position d'attache.</p> <p>Un lien en position sternale se trouve directement dans le champ visuel du travailleur. Il a son lien de retenue devant lui pendant qu'il réalise sa tâche.</p> <p>Cette position sternale crée une gêne, une nuisance. Elle nuit à la bonne réalisation de la tâche et va sûrement demander des actions supplémentaires à son travailleur.</p> <p>Le lien L6 est le lien qui crée le plus d'interférence avec la tâche du travailleur. Il serait alors le plus actif des liens.</p> <p>L5 et L7 étant confondus, ils auront, peut-être, le même degré d'activité d'un point de vue de la facilité d'utilisation.</p>

Il ressort du tableau 4.1 que la position d'attache du lien, dorsale ou sternale, joue un rôle sur le degré d'activité des équipements.

Plus un équipement est facile d'utilisation, moins il demande d'action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche, et plus il est passif.

La tâche à réaliser a lieu dans le champ avant du travailleur. Sa zone de travail est devant lui. Une fois à la bonne hauteur dans la structure, le travailleur se positionne grâce à sa ceinture de positionnement et exécute sa tâche devant lui.

Dans cette situation, l'attache sternale vient forcément créer une nuisance, une gêne. Le travailleur se retrouve avec son lien en avant de lui ainsi que sa tâche à exécuter.

Le lien en position dorsale, quant à lui, ne peut pas réellement créer de gêne avec la tâche. Le lien dans cette position dorsale ne vient pas se mêler avec la tâche en avant du travailleur. Pour la réalisation de cette tâche, la position de l'attache joue un rôle important dans la facilité d'utilisation du lien. Un lien hors zone de travail est plus apprécié qu'un lien dans la zone de travail.

4.2.1.2 Interprétation graphique

Le rapport fournit aussi une figure représentative du résultat.

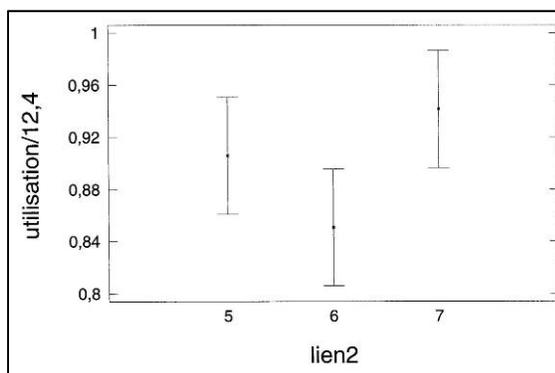


Figure 4.1 Facilité d'utilisation des liens

Tiré de Arteau et al. (2007, p.48)

Le graphique de la figure 4.1 est issu du rapport sur les ferrailleurs. Il est obtenu après une analyse statistique des résultats relevés au cours des expérimentations.

Pour pouvoir interpréter ce graphique d'un point de vue actif/passif, le graphique de la figure 4.1 subit une rotation -90° .

La figure 4.3 présente les différentes échelles de correspondance entre la facilité d'utilisation, le nombre de gestes et le degré d'activité. La première échelle est celle de la variable dépendante, la facilité d'utilisation.

La flèche représentant l'échelle de mesure et les segments représentant les différents liens sont à l'échelle du graphique de la figure 4.2.

La première échelle montre bien que le lien L7 a une plus grande facilité d'utilisation que le lien L6. Néanmoins, d'un point de vue actif/passif, le lien L7 soit l'enrouleur-dérouleur fixe devrait être plus facile d'utilisation que les liens L5 et L6. L'enrouleur-dérouleur, une fois fixé, ne devrait demander aucune action de la part du travailleur.

4.2.2 Épaules

4.2.2.1 Interprétation des résultats

Le second critère pris en compte est la nuisance au niveau des épaules (tableau 4.2).

Le tableau 4.2 présente les résultats obtenus dans le rapport ainsi qu'une première interprétation du point de vue actif/passif.

Tableau 4.2 Interprétation des résultats du point de vue actif/passif
Épaules

Rapport Ferrailleurs	« Selon l'analyse du niveau de nuisance aux épaules et avec un intervalle de confiance de 95 %, il n'existe statistiquement aucune différence entre les systèmes de retenue. » (Arteau et al., 2007a)
Point de vue Actif/Passif	La nuisance aux épaules n'est peut être pas un critère intéressant à prendre en compte dans le cas de l'actif/passif pour les liens de retenue. Aucun des liens proposés ne se démarque. Aucun classement possible. Qu'importe la position d'attache, les liens ne créent pas de gêne au niveau des épaules.

Le tableau 4.2 montre bien qu'il n'existe pas de différences entre les trois liens. Ce critère n'apporte rien de nouveau au concept d'actif/passif.

4.2.2.2 Interprétation graphique

Le rapport fournit aussi une figure représentative du résultat.

La figure 4.4 est obtenue à l'aide d'une analyse statistique des données recueillies dans le rapport sur les ferrailleurs.

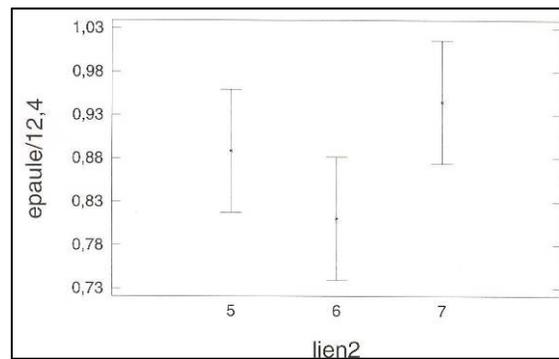


Figure 4.4 Nuisance au niveau des épaules

Tiré de Arteau et al. (2007, p.48)

Le graphique de la figure 4.5 est la rotation de -90° du graphique de la figure 4.4.

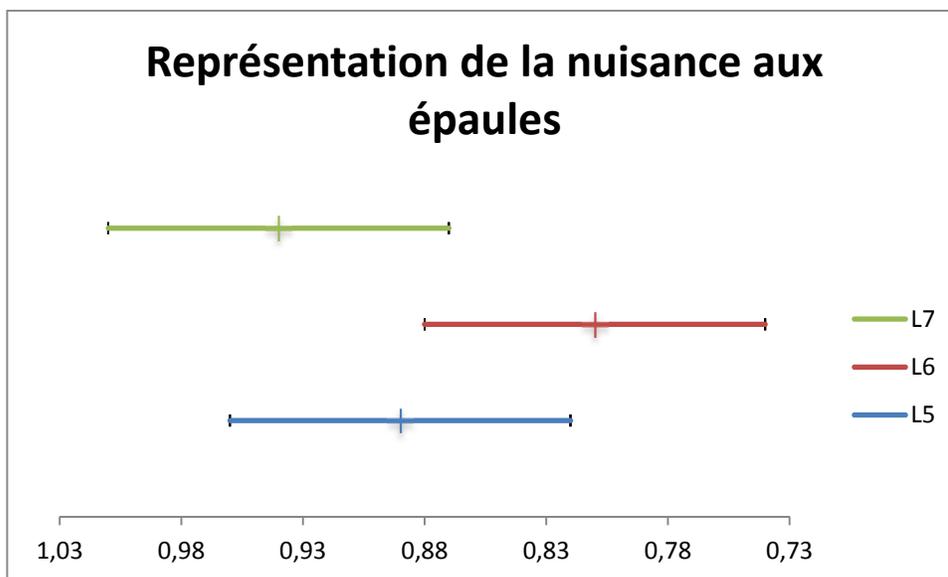


Figure 4.5 Représentation graphique de la nuisance aux épaules

Le graphique de la figure 4.5 permet d'obtenir des échelles de mesure présentées dans la figure 4.6 ci-dessous.

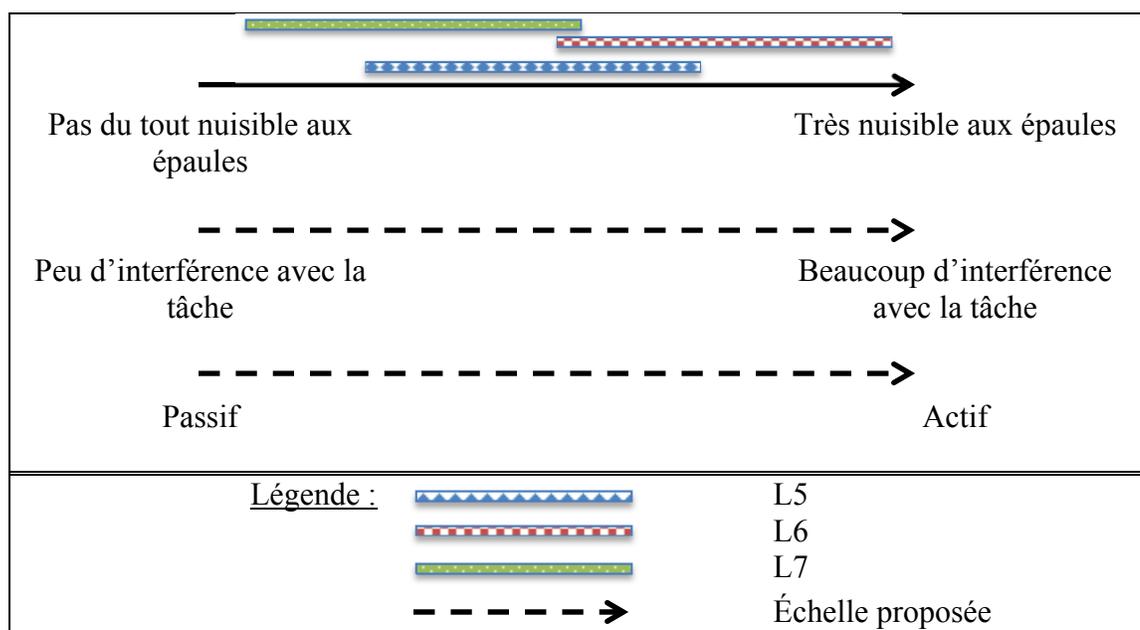


Figure 4.6 Représentation des échelles de mesure

Ces trois liens ne créent pas réellement de nuisance aux épaules.

Le critère de la nuisance aux épaules ne semble pas intéressant à prendre en compte dans ce cas d'un point de vue actif/passif.

4.2.3 Hanches

4.2.3.1 Interprétation des résultats

Le troisième critère concerne la nuisance de l'équipement au niveau des hanches du travailleur (Tableau 4.3).

Le tableau 4.3 présente les résultats obtenus dans le rapport sur les ferrailleurs ainsi qu'une première interprétation de ces résultats sous l'angle actif/passif.

Tableau 4.3 Interprétation des résultats du point de vue actif/passif
Hanches

Rapport Ferrailleurs	« Tous les systèmes de retenue ont une faible nuisance aux hanches. Cependant, l'enrouleur-dérouleur fixe L7 est significativement moins nuisible que la longe sternale L6. » (Arteau et al., 2007a)
Point de vue Actif/Passif	Le lien L6 est le plus nuisible des trois liens au niveau des hanches. Il demandera l'intervention du travailleur. Il sera donc le plus actif des trois liens. Les liens L6 et L7 seront aussi confondus au niveau de leur degré d'activité.

Du point de vue actif/passif, l'équipement causant le moins de nuisance aux hanches demandera le moins d'action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche, et sera donc l'équipement le plus passif.

Le tableau 4.3 met en avant la préférence des travailleurs pour l'enrouleur-dérouleur fixe concernant la nuisance aux hanches mais cette nuisance aux hanches reste tout de même faible pour les deux autres liens.

4.2.3.2 Interprétation graphique

Le rapport écrit sur les ferrailleurs fournit aussi une figure représentative de la nuisance aux hanches. Ce graphique est obtenu à l'aide d'une analyse statistique des résultats du rapport écrit sur les ferrailleurs.

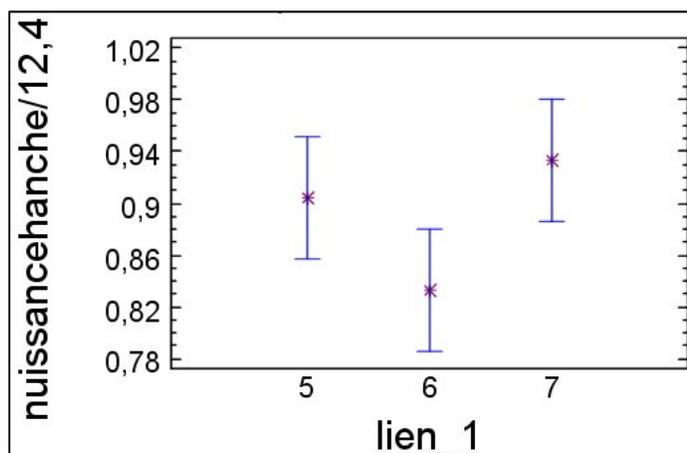


Figure 4.7 Nuisance au niveau des hanches

Tiré de Arteau et al. (2007, p.49)

La figure 4.8 présente un graphique. Il s'agit du graphique présenté à la figure 4.7 qui a subi une rotation de -90° .

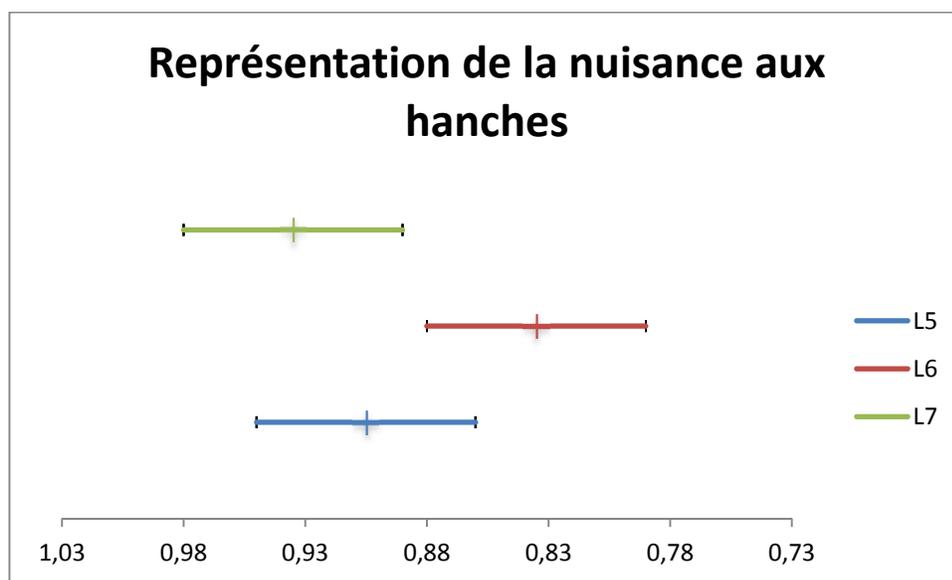


Figure 4.8 Représentation de la nuisance aux hanches

Cette rotation permet d'avoir une représentation horizontale plus facilement transposable sur une échelle de mesure.

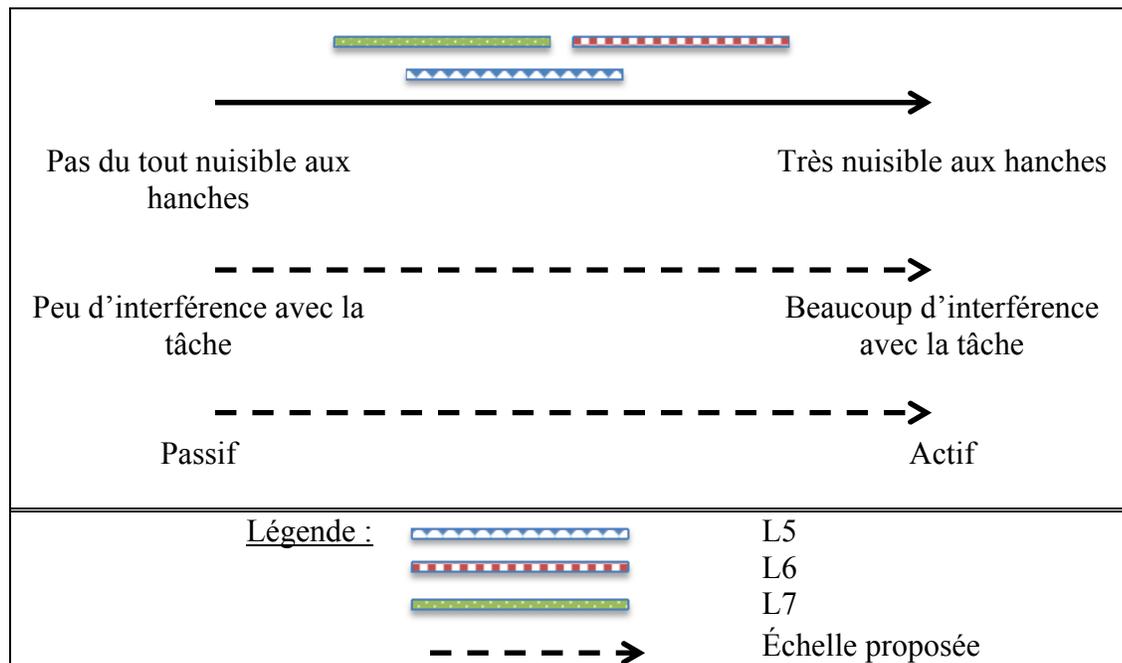


Figure 4.9 Représentation des échelles de mesure

La figure 4.9 présente différentes échelles de mesure.

La nuisance aux hanches des trois liens est faible.

L'enrouleur-dérouleur reste, tout de même, encore, le lien préféré pour la nuisance aux hanches.

Le critère de la nuisance aux hanches ne semble pas réellement intéressant à prendre en compte dans ce cas d'un point de vue actif/passif.

4.2.4 Sentiment de sécurité

4.2.4.1 Interprétation des résultats

Il est assez difficile de définir comment va être perçu le sentiment de sécurité du point de vue actif/passif. Le travailleur va-t-il se sentir plus en sécurité lorsque son équipement lui demande beaucoup d'action de sa part ou est-ce le travailleur va préférer un équipement qui ne demande aucune intervention de sa part ? Une première approche pourrait laisser croire qu'un équipement ne demandant aucune intervention de la part du travailleur sera plus

apprécié. Mais, les travailleurs préfèrent peut être avoir un contrôle assez soutenu sur leur équipement et donc voir un équipement demandant beaucoup d'action comme plus sécuritaire.

Le tableau 4.4 regroupe les résultats du rapport sur les ferrailleurs et une interprétation du point de vue actif/passif.

Tableau 4.4 Interprétation des résultats du point de vue actif/passif
Sentiment de sécurité

Rapport Ferrailleurs	« D'après l'analyse du sentiment de sécurité des liens, tous les liens obtiennent des résultats similaires, donc peu importe quel système de retenue ils utilisent, les travailleurs se sentent en sécurité aussitôt qu'ils sont attachés. » (Arteau et al., 2007a)
Point de vue Actif/Passif	Le sentiment de sécurité est le même pour les trois liens. Les travailleurs se sentent en sécurité à partir du moment où ils sont attachés. D'un point de vue actif/passif, le sentiment de sécurité restera le même : une fois attachés, les travailleurs vont se sentir en sécurité qu'importe le lien de retenue.

Le sentiment de sécurité ressenti au niveau des trois liens proposés est le même. Les travailleurs se sentent en sécurité avec les trois liens (Tableau 4.4).

Plus un équipement va créer de gênes au cours de la réalisation de la tâche, plus le travailleur va devoir agir sur l'équipement.

Le fait d'agir sur l'équipement peut jouer sur son efficacité.

Par exemple, la méthodologie envisagée, présentée à la section 3.1, proposait une étude basée sur la compatibilité coulisseau-corde. Les coulisseaux utilisés à l'heure actuelle ont tendances à créer des interférences avec la corde sur laquelle ils sont fixés. Une mauvaise association corde-coulisseaux peut être à l'origine d'accident.

Pour remédier à la gêne causée par une mauvaise association corde-coulisseau, le travailleur va agir directement sur le coulisseau ce qui peut avoir une cause directe sur la fonction d'arrêt de chute de celui-ci. Un coulisseau mal placé sur une corde peut entraîner des accidents mortels.

Le sentiment de sécurité peut alors être mis en relation avec le nombre de geste posé par le travailleur sur son équipement. Plus le travailleur doit agir sur son équipement, plus il y a de risque que celui-ci soit mal remis ou non fonctionnel après cette action et moins le travailleur va se sentir en sécurité une fois sensibilisé aux risques qu'il coure en agissant directement sur ses équipements.

De même, l'habitude est aussi à prendre en compte pour le sentiment de sécurité. Les travailleurs vont avoir tendance à préférer un type d'équipement à un autre par habitude et donc à se sentir plus en sécurité avec leur équipement habituel.

Plus un équipement est passif, moins il demande d'action de la part du travailleur et plus le travailleur se sent en sécurité. Les équipements les plus sécuritaires sont les plus passifs.

4.2.4.2 Interprétation graphique

Le rapport écrit sur les ferrailleurs fournit aussi une figure représentative du résultat obtenu pour le sentiment de sécurité. Il s'agit d'une analyse statistique.

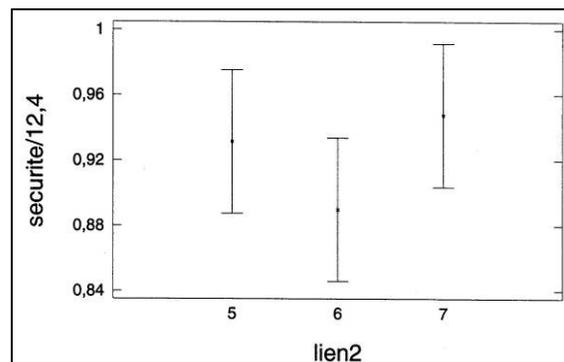


Figure 4.10 Sentiment de sécurité

Tiré de Arteau et al. (2007, p.49)

La figure 4.11 est un graphique obtenu par rotation de -90° du graphique présenté à la figure 4.10.

4.2.5 Appréciation globale

4.2.5.1 Interprétation des résultats

Enfin, le dernier critère est l'appréciation globale.

Le tableau 4.5 comporte les résultats du rapport sur les ferrailleurs et une première interprétation de ces résultats sous l'angle actif/passif.

Tableau 4.5 Interprétation des résultats du point de vue actif/passif
Appréciation globale

<p>Rapport Ferrailleurs</p>	<p>« L'analyse de l'appréciation globale des liens démontre que l'enrouleur-dérouleur fixe L7 est significativement plus accepté que la longe sternale L6. Par contre, il n'a pas de différence entre l'enrouleur-dérouleur fixe L7 et la longe dorsale L5. » (Arteau et al., 2007a)</p>
<p>Point de vue Actif/Passif</p>	<p>Les liens avec attache en position dorsale sont préférés au lien avec attache en position sternale. Les tâches à effectuer par les travailleurs se font en avant, dans leur zone de travail en avant d'eux. Le lien sternal vient obstruer cette zone et créé une gêne avec la tâche. Le travailleur doit agir sur le lien en position sternale pour réaliser sa tâche adéquatement. Les liens en position dorsale n'interfèrent en aucun cas avec la tâche qui se passe en avant du travailleur. Cette position dorsale est plus appréciée pour la réalisation de cette tâche. Le lien L6 est le lien le moins bien accepté par les travailleurs d'un point de vue global. Il sera classé comme lien le plus actif. Les liens L5 et L7 restent difficiles à départager. Ils seront classés au même degré d'activité.</p>

L'appréciation globale va bien dans le même sens que les critères précédents.

L'équipement le plus apprécié est celui qui sollicite le moins le travailleur; l'équipement le plus passif.

4.2.5.2 Interprétation graphique

Le rapport fournit aussi une figure représentative du résultat. La figure 4.13 est un graphique obtenu à l'aide d'une analyse statistique des résultats.

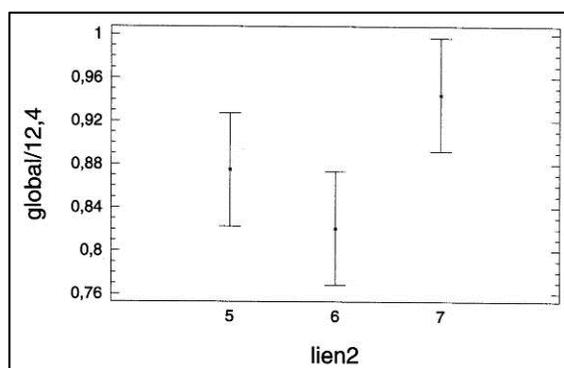


Figure 4.13 Appréciation globale

Tiré de Arteau et al. (2007, p.50)

Pour obtenir le graphique de la figure 4.14, le graphique présenté à la figure 4.13 subit une rotation de -90° .

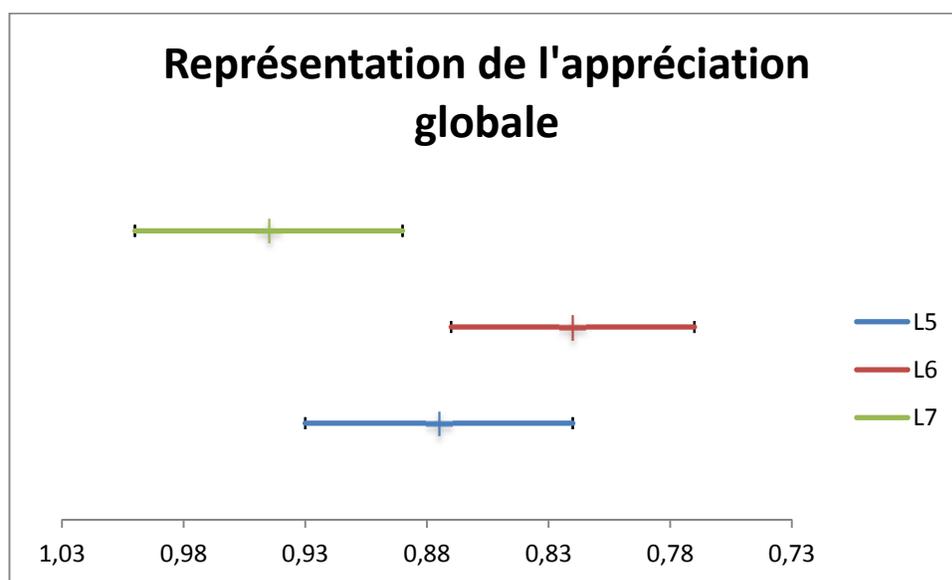


Figure 4.14 Représentation de l'appréciation globale

Cette représentation horizontale des résultats permet alors une meilleure transposition sur une échelle de mesure (figure 4.15).

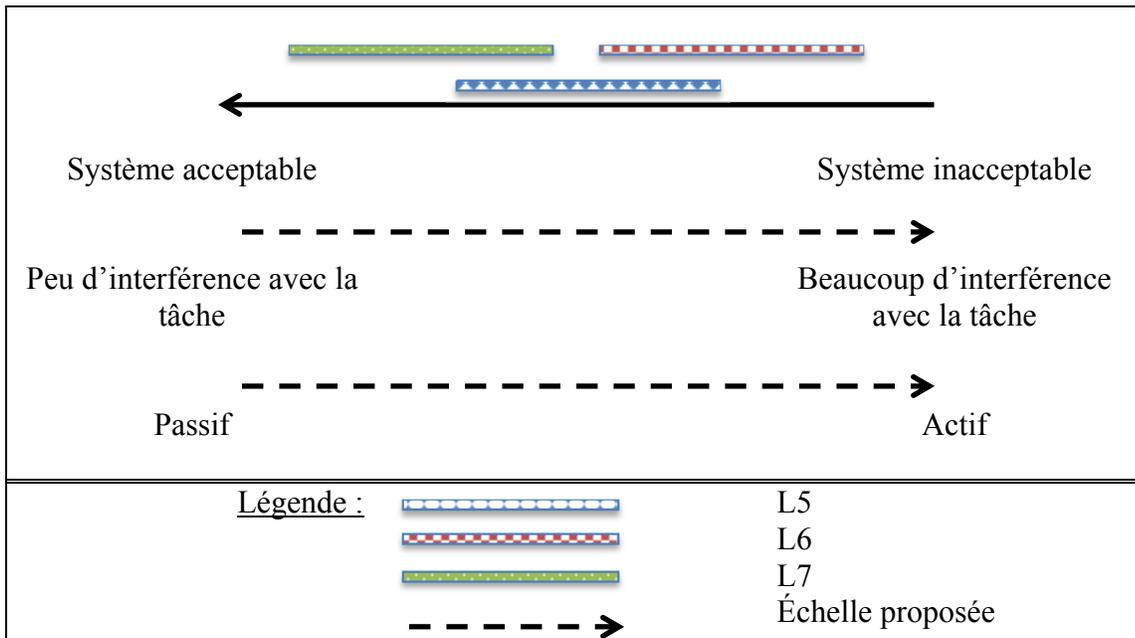


Figure 4.15 Représentation des échelles de mesure

Le sens de l'échelle de mesure pour l'appréciation globale (système sécuritaire) est inversé par rapport à l'échelle de mesure du degré d'activité.

Plus un équipement est passif, moins il demande d'action de la part du travailleur et plus le travailleur, libre pour réaliser sa tâche, doit l'apprécier.

4.3 Résumé de l'analyse des liens

4.3.1 Analyse des résultats présentés dans le rapport sur les ferrailleurs

Le rapport écrit sur les ferrailleurs propose un tableau qui résume l'analyse des liens L5, L6 et L7.

Les résultats ainsi obtenus sont alors interprétés du point de vue actif/passif.

Le tableau 4.6 suivant récapitule les résultats obtenus dans le rapport écrit sur les ferrailleurs et leur interprétation du point de vue actif/passif.

Néanmoins, il existe quelques différences entre les résultats exposés précédemment et ceux recueillis dans le tableau 4.6 ci-dessous.

Tableau 4.6 Résumé des résultats des liens

Tiré de Arteau et al. (2007, p.50)

Tâches au mur	Résultats mur
Facilité	L7 est plus facile d'utilisation que L6 Tous assez faciles d'utilisation
Épaules	Aucune différence significative Tous peu nuisibles
Hanches	Aucune différence significative Tous peu nuisibles
Sécurité	L7 semble plus sécuritaire que L6 Tous assez sécuritaires
Appréciation globale	L7 plus apprécié que L6 Tous acceptables

L'interprétation des résultats proposée dans le tableau 4.6 se doit d'être justifiée.

4.3.2 Justification du point de vue actif/passif

Dans cette section, les interprétations exposées dans le tableau 4.6 sont justifiées et analysées du point de vue actif/passif.

Le tableau-A-III-1 en annexe III présente l'interprétation des résultats obtenus dans le rapport sur les ferrailleurs, une justification de cette interprétation ainsi qu'une analyse finale du point de vue actif/passif.

Les interprétations du point de vue actif/passif présenté dans le tableau-A-III-1 en annexe III peuvent être mises sous forme d'échelle de mesure (Figure 4.16).

Les différentes échelles proposées ci-dessous vont dans le même sens que l'échelle proposée pour déterminer le degré d'activité.

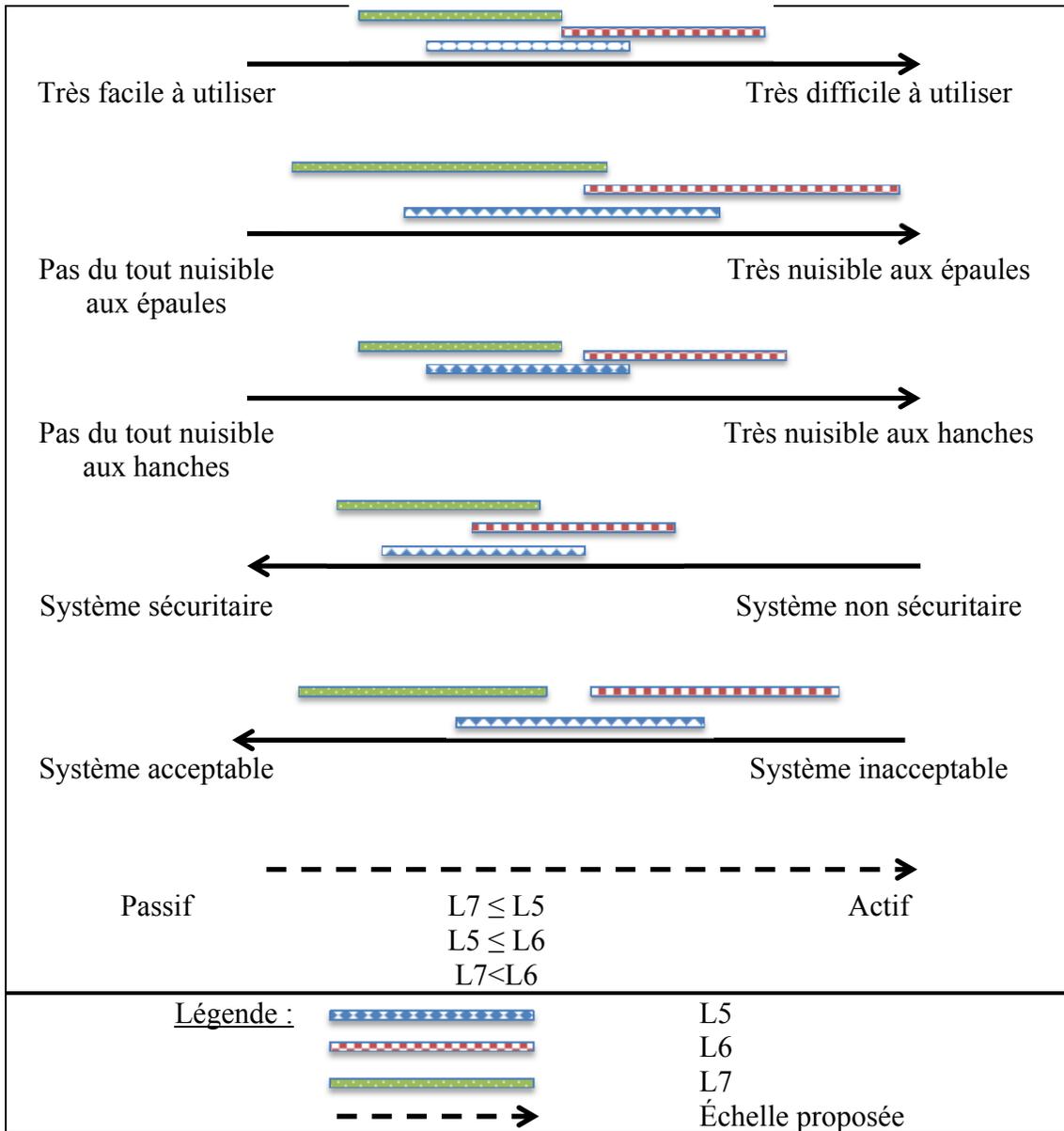


Figure 4.16 Résumé des échelles de mesure

Il est possible de représenter le degré d'activité avec une échelle de mesure. Néanmoins, comme aucune expérimentation n'a été réalisée pour la mise en place de cette échelle, la seule représentation possible est un classement des équipements en fonction de leur degré d'activité. Il manque des données pour placer ces trois types de liens sur l'échelle de mesure du degré d'activité.

Le classement proposé donne au lien L7, l'enrouleur-dérouleur fixe, le caractère le plus passif et donne au lien L6, longe avec absorbeur d'énergie avec attache en position sternale, le caractère le plus actif.

D'après les différentes échelles de classement, les différents types de lien proposés suivent la même tendance.

« L'enrouleur-dérouleur fixe L7 est significativement plus apprécié que la longe sternale raccourcie L6, mais n'est pas supérieur à la longe dorsale L5 utilisée présentement. La longe sternale raccourcie L6 est confondue avec la longe dorsale L5. » (Arteau et al., 2007a)

Le lien L7, l'enrouleur-dérouleur, est plus apprécié que le lien L6, longe en position sternale ; et le lien L5, longe en position dorsale, est confondu au lien L7. Cette tendance va donc être la même pour le degré d'activité. Néanmoins, d'un point de vue actif/passif, le lien L7 est le plus optimal. Le classement des liens proposé pour actif/passif est celui qui semble le plus envisageable.

4.4 Discussion

4.4.1 Position dorsale vs Position sternale

D'un point de vue statistique, il n'existe pas réellement de différence entre la position sternale et la position dorsale.

Avec les commentaires recueillis, un dilemme est clairement présent entre les sujets : 5 sujets sur 12 croient que la position sternale nuit au travail et n'est pas appropriée tandis que 5 sujets sur 12 affirment le contraire, car ils prétendent que cette position crée moins de contraintes au niveau de l'attache du harnais. (Arteau et al., 2007a)

Les commentaires des travailleurs sont assez mitigés.

L'habitude des travailleurs semble alors un critère à prendre en compte. Les poseurs d'acier d'armature ont l'habitude de travailler en position dorsale. Il est possible que ce sentiment d'habitude fausse les résultats. D'autres travaux doivent être réalisés à ce sujet.

4.4.2 Enrouleur-Dérouleur fixe

Les commentaires recueillis concernant l'enrouleur-dérouleur sont très intéressants d'un point de vue actif/passif. Ils se résument ainsi :

Elle donne une meilleure mobilité au travailleur sans interférence avec la tâche ou les outils et sans lui ajouter de poids supplémentaire. Par contre, l'ancrage devrait être situé à un mètre du mur pour éviter les interférences avec le travailleur et le coffrage doit être suffisamment résistant. (Arteau et al., 2007a)

En effet, l'enrouleur-dérouleur est en position dorsale ce qui dégage le champ visuel en avant du poseur d'acier d'armature où se déroule la tâche. Le poseur d'acier d'armature est donc libre de ses mouvements en avant de lui et peut alors réaliser sa tâche sans encombre.

De plus, avec l'enrouleur-dérouleur fixe, le poseur d'acier d'armature, une fois relié, n'a pas à déplacer son attache comme avec les longes avec absorbeur d'énergie.

La notion d'interférence avec la tâche ou avec les outils peut être représentée sur une échelle de mesure.

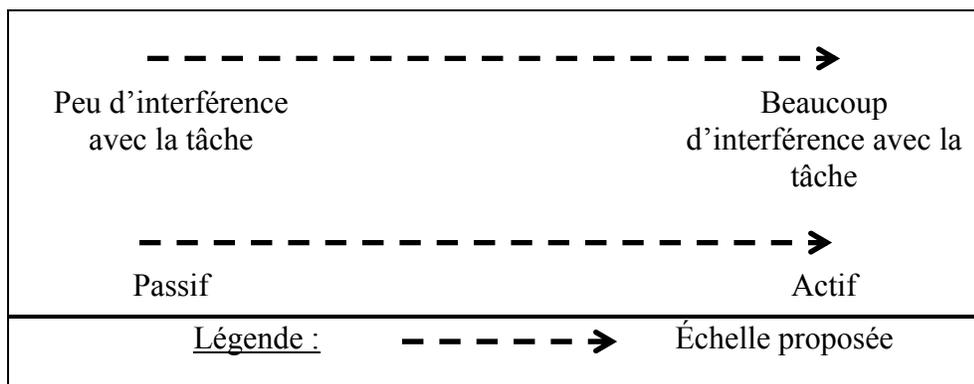


Figure 4.17 Échelles proposées de correspondance des interférences avec la tâche ou avec les outils

Plus un système crée d'interférence avec la tâche ou avec les outils, plus il est actif. Il demande une action de la part du travailleur pour l'écartier, le replacer.

Le système enrouleur-dérouleur fixe est le meilleur système d'un point de vue actif/passif. La seule crainte des travailleurs est la difficulté de mise en place sur un chantier. Le niveau d'activité est l'explication logique de la préférence de L7.

4.4.3 Comparaison enrouleur-dérouleur/longes

Le tableau 4.7 compare les deux longes et l'enrouleur-dérouleur fixe.

Il regroupe différentes caractéristiques des trois types de lien : la longueur en mètre et en pieds; la position d'attache de la longe; et sur quel système va devoir agir le travailleur au cours de sa tâche.

Tableau 4.7 Comparaison enrouleur-dérouleur/longes

Sous-système de liaison	Longueur (pieds)	Longueur (m)	Position d'attache	Action du travailleur pendant sa tâche	
Longe avec absorbeur d'énergie	5	1,5	Dorsale	Positionnement	Antichute
Longe avec absorbeur d'énergie	4	1,2	Sternale	Positionnement	Antichute
Enrouleur-dérouleur fixe	11	3,3	Dorsale	Positionnement	

Pour les deux longes avec absorbeur d'énergie, le type d'attache est différent. La plus courte vient s'attacher en position sternale et la plus longue en position dorsale.

Une des deux longes causera plus de gêne que l'autre.

Au cours de la réalisation de sa tâche, le poseur d'acier d'armature doit se déplacer dans la structure.

Lorsque celui-ci utilise les longes avec absorbeur d'énergie, il doit à la fois agir sur son équipement prévu pour l'arrêt de chute, soit la longe avec absorbeur d'énergie, et sur son équipement prévu pour le positionnement (voir figure 3.1).

En utilisant l'enrouleur-dérouleur, le poseur d'acier d'armature n'a pas besoin d'agir sur le système d'arrêt de chute qui est fixé en hauteur à un point d'ancrage. Il ne doit donc qu'agir sur son équipement de positionnement au cours de ses déplacements dans la structure.

4.5 Conclusion

Il est assez aisé de faire une analyse des expérimentations proposées dans le rapport sur les ferrailleurs sous l'angle actif/passif. Les variables utilisées dans le rapport sur les ferrailleurs sont de bonnes variables pour l'analyse sous l'angle actif/passif. Les remarques recueillies dans le rapport sur les ferrailleurs peuvent être représentées sous forme d'échelle de mesure et un degré d'activité en est déductible. Les variables mesurant la nuisance au niveau des

hanches et la nuisance au niveau des épaules ne sont pas intéressantes d'un point de vue actif/passif pour les liens testés. Il est rare qu'un lien crée une gêne au niveau des hanches ou encore au niveau des épaules. Ces deux variables sont plus intéressantes pour la sélection d'un harnais par exemple.

Le rapport sur les ferrailleurs propose aussi un tableau bilan mais celui-ci ne reprend pas exactement les remarques faites avant. Le rapport sur les ferrailleurs manque un peu de rigueur à ce niveau-là.

L'analyse proposée ici sous l'angle actif/passif offre une interprétation plus poussée des résultats. Elle apporte un plus pour la sélection des liens.

Des différents types de lien testés, il en ressort que l'enrouleur-dérouleur fixe est le plus apprécié des systèmes antichute. Le fait que l'enrouleur-dérouleur ne crée aucune interférence avec la tâche, est très apprécié de la part des Travailleurs.

« Le meilleur système antichute selon les sujets est l'enrouleur-dérouleur fixe, car il ne crée aucune interférence avec la tâche, permet d'être protégé des chutes en tout temps et de couvrir une grande surface. » (Arteau et al., 2007a)

Les travailleurs préfèrent ne pas agir sur leur équipement pendant la réalisation de leur tâche. Les équipements les plus passifs sont donc les plus appréciés au niveau des liens de retenue. Concernant la position sternale et la position dorsale, il n'y pas réellement de préférence entre les deux.

« La position idéale de l'attache de la longe sur le harnais demeure au choix du travailleur. » (Arteau et al., 2007a)

Les deux positions sont acceptables et reste au choix du travailleur.

Il est envisageable que, d'un point de vue actif/passif, la position dorsale soit la plus appréciée.

Cette analyse sous l'angle actif/passif entraîne certaines discussions.

CHAPITRE 5

DISCUSSION - SYNTHÈSE

5.1 Définition

La définition du concept actif/passif proposée à la section 1.3 n'est plus vraiment d'actualité. Le tableau 5.1 présente les définitions proposées à la section 1.3 ainsi que les définitions finales pour les équipements actifs et les équipements passifs (section 2.4).

Tableau 5.1 Définition équipement actif et équipement passif

	Équipement actif	Équipement passif
Définitions Chapitre 2.3	Tout équipement <u>comprenant</u> un dispositif électronique et/ou mécanique fonctionnant à l'aide d'une source d'énergie extérieure (batterie) et demandant une action (énergie humaine) pour protéger.	Tous les équipements <u>ne comportant pas</u> de système électronique et/ou mécanique. Ce sont de simples barrières physiques. Ils ne nécessitent donc pas d'action humaine ni d'action d'une mesure technique et ils n'ont pas besoin de source d'énergie externe pour protéger.
Définitions Finales	Tout équipement <u>demandant</u> une action de la part de son Travailleur au cours de la réalisation de sa tâche.	Tout équipement <u>ne demandant aucune</u> action de la part de son Travailleur au cours de la réalisation de sa tâche.
	Deux types d'actions considérées : <ul style="list-style-type: none">• remettre en place son équipement en position optimale ou• éviter une gêne causée par l'ÉPI.	

Les premières définitions données pour l'équipement actif et l'équipement passif se basent sur l'équipement en lui-même. Les définitions proposées à la section 1.3 traitent exclusivement de la composition, du fonctionnement de l'équipement.

Les définitions finales, quant à elles, se basent sur l'équipement au cours de la réalisation de la tâche. Elles regardent l'équipement dans son ensemble, l'équipement en fonction.

L'enrouleur-dérouleur qui est un équipement comportant un système mécanique peut alors être vu comme actif selon la définition de la section 1.3 et passif selon la définition finale (section 2.4) car il ne demande aucune action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche.

Le choix qui a alors été fait est de visualiser l'équipement dans son ensemble au cours de la réalisation de la tâche. Le comportement du travailleur vis-à-vis de l'équipement est alors étudié pour en déterminer le critère actif/passif. Le point de vue du travailleur est privilégié.

5.2 Variables

Le rapport sur les poseurs d'acier d'armature présente des variables indépendantes et dépendantes pour la réalisation de ses expérimentations.

Le tableau 5.2 regroupe les variables utilisées dans le rapport écrit sur les poseurs d'acier d'armature ainsi que les variables intéressantes pour le critère actif/passif.

Tableau 5.2 Variables du rapport écrit sur les poseurs d'acier d'armature et celles envisagées pour le critère actif/passif

	Variables	
	Indépendantes	Dépendantes
Rapport poseurs d'acier d'armature	<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poser des barres d'armature <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - longe avec absorbeur, dorsale, 5 pieds, L5 - longe avec absorbeur, sternale, 4 pieds, L6 - enrouleur-dérouleur fixe, dorsale, 11 pieds, L7 	<p>Mur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faciliter d'utilisation du système - <u>Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules</u> - <u>Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches</u> - Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système - Appréciation globale du lien
Utilisées dans ce mémoire	<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poser des barres d'armature <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - longe avec absorbeur, dorsale, 5 pieds - longe avec absorbeur, sternale, 4 pieds - enrouleur-dérouleur fixe, dorsale, 11 pieds 	<p>Mur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faciliter d'utilisation du système - Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système - Appréciation globale du lien - <u>Nombre de gestes</u>

Après l'analyse des résultats du rapport écrit sur les ferrailleurs, certaines variables utilisées ne sont pas réellement pertinentes en ce qui concerne l'actif/passif.

Les nuisances au niveau des hanches et des épaules ne donnent pas de résultats significatifs ce qui n'est pas surprenant car il est rare qu'un lien de retenue cause ce genre de nuisance. La plupart du temps, ces nuisances sont causées par le harnais de sécurité. D'un point de vue purement actif/passif, ces variables ne sont pas intéressantes.

Une nouvelle variable, le nombre de gestes, par contre, semble être une variable en lien direct avec le concept d'actif/passif. Cette variable permet de quantifier en quelque sorte le niveau de gêne créé par l'équipement. Elle est facilement mesurable.

Même si des variables sont présentes dans les deux cas, il est néanmoins important de bien redéfinir le sens de la variable dans le contexte dans lequel elle est utilisée.

5.3 Échelles de mesure

Chacune des variables dépendantes présentées dans le tableau 5.1 peut être représentée par une échelle de mesure.

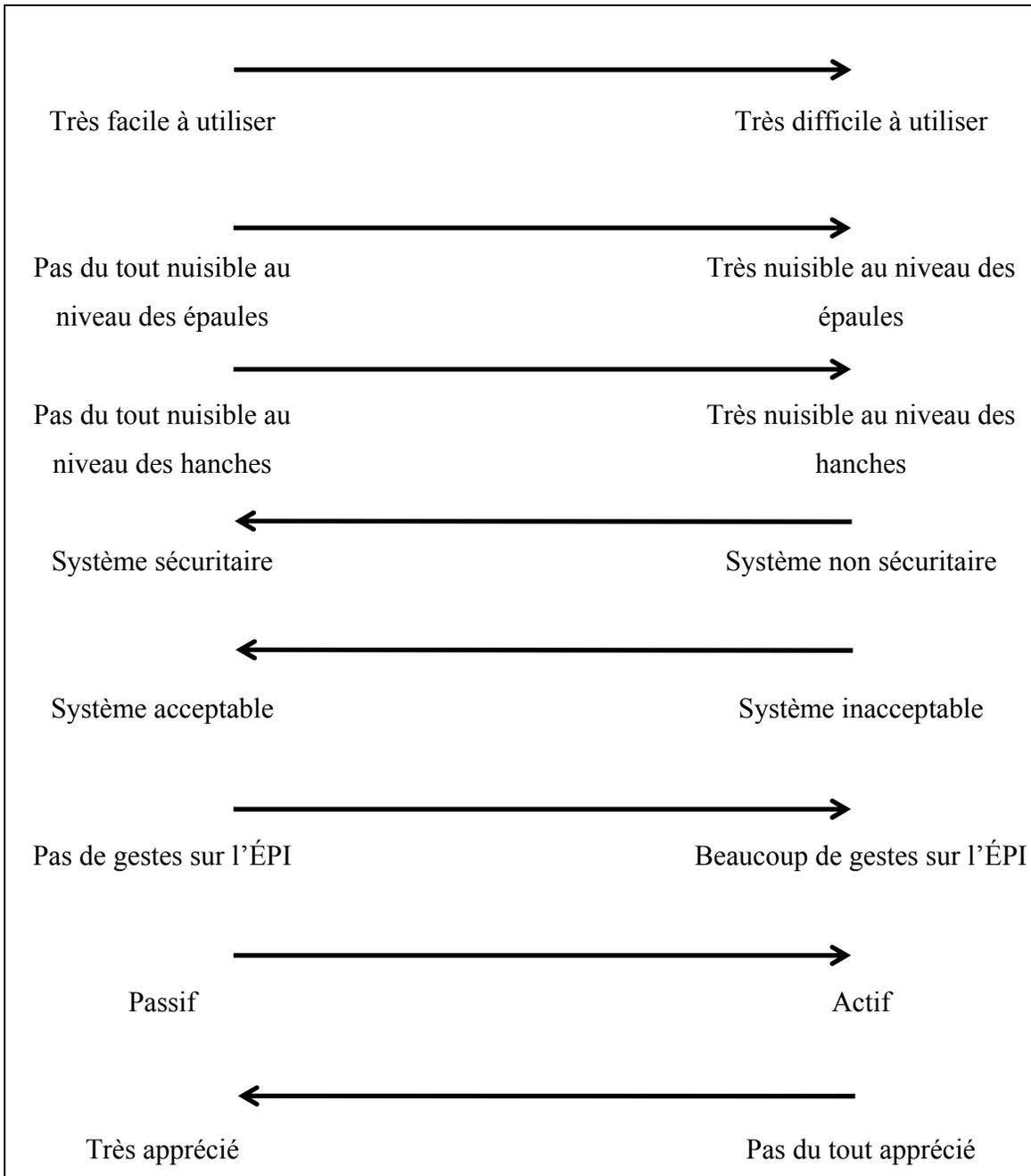


Figure 5.1 Variables dépendantes représentées par une échelle de mesure

5.4 Point de vue

5.4.1 Perspective globale

Le point de vue est un critère important à prendre en compte pour définir le caractère actif ou passif d'un équipement.

Le caractère actif ou passif d'un équipement peut varier selon les points de vue.

Dans ce mémoire, l'analyse du rapport sur les ferrailleurs est faite sous le point de vue de la réalisation de la tâche.

Il est intéressant de regarder les résultats obtenus sous d'autres points de vue.

Tableau 5.3 Degré d'activité de différents équipements en fonction du point de vue

		Avant	Pendant	Après
	Équipement	Mise en place	Réalisation de la tâche	Maintenance et entretien
(1)	Harnais de sécurité	Actif	Passif	Actif
(2)	Absorbeur d'énergie	Passif	Passif	Actif
(3)	Longe dorsale	Passif	<u>Plutôt passif</u>	Actif
(4)	Longe sternale	Passif	<u>Plutôt actif</u>	Actif
(5)	Enrouleur-dérouleur fixe	Actif	<u>Passif</u>	Actif
(6)	Ceinture de positionnement	Actif	Passif	Actif
(a)	Système d'arrêt de chute (a)=(1)+(2)+(3)+(6)	Actif	<u>Plutôt passif</u>	Actif
(b)	Système d'arrêt de chute (b)=(1)+(2)+(4)+(6)	Actif	<u>Plutôt actif</u>	Actif
(c)	Système d'arrêt de chute (c)=(1)+(5)+(6)	Actif	<u>Passif</u>	Actif

5.4.2 Point de vue de la mise en place

Sous le point de vue de la mise en place de l'équipement, les équipements demandant beaucoup de réglages pour être effectifs sont actifs. Par exemple, le harnais demande des ajustements au niveau des cuisses et des bretelles.

Le point de vue de la mise en place de l'équipement est intéressant. En regardant le caractère actif ou passif des équipements au moment de la mise en place, les travailleurs vont pouvoir savoir si l'équipement demande beaucoup de réglages avoir d'être efficace.

Ils vont pouvoir orienter leur choix en fonction de ce critère.

Néanmoins, un équipement actif au niveau de la mise en place peut être vu comme passif lors de la réalisation de la tâche comme par exemple le harnais.

5.4.3 Point de vue de la maintenance et de l'entretien

Sous le point de vue de la maintenance et de l'entretien, le concept d'actif/passif n'est pas réellement intéressant à prendre en compte. Les équipements demandant de l'entretien et de la maintenance soutenus sont actifs. Tous les équipements du tableau font partie du système d'arrêt de chute. Chaque élément composant le système se doit d'être inspecté avant l'utilisation. Un élément défaillant peut entraîner un accident voir un décès.

D'une manière générale, les équipements de protection individuelle demandent une maintenance et un entretien soutenus.

5.4.4 Point de vue de la réalisation de la tâche

Sous le point de vue de la réalisation de la tâche, des nuances dans le degré d'activité sont observables.

Par exemple pour les longes, la longe en position dorsale est qualifiée de plutôt passive alors que la longe en position sternale est plutôt active. Cette nuance qui se dessine est due au fait que les longes peuvent créer une gêne et demander alors au travailleur d'agir sur celles-ci.

La longe sternale est dite plutôt active. La position sternale oblige le travailleur à réaliser sa tâche avec une longe dans sa zone de travail. Le travailleur risque de devoir agir sur la longe pour faciliter son travail.

La longe dorsale crée moins d'interférence. Elle n'est pas directement dans la zone de travail. Le travailleur agit moins dessus que sur la longe sternale. La longe dorsale a donc un caractère plutôt passif.

5.4.5 Systèmes d'arrêt de chute : degré d'activité

Le moindre équipement composant le système ayant un caractère actif confère alors à tout le système un caractère actif. À partir du moment où le travailleur agit sur un de ses équipements au cours de la réalisation de la tâche, le système d'arrêt de chute devient actif.

Le tableau montre bien que le caractère actif ou passif système d'arrêt de chute dépend uniquement du caractère actif ou passif des longes ou de l'enrouleur-dérouleur. Les autres éléments composants le système sont tous de nature passive.

5.4.6 Conclusion

Deux points de vue semblent intéressants pour déterminer le caractère actif/passif d'un équipement :

- le point de vue de la mise en place; et
- le point de vue de la réalisation de la tâche.

Le travailleur va devoir faire un choix de référentiel en fonction de ses besoins :

- s'il veut optimiser son rendement, il se place dans le point de vue de la tâche; ou
- s'il veut une mise en place aisée et rapide (en fonction du chantier sur lequel il se trouve), il se place dans le point de vue de la mise en place.

Ces deux points de vue optimisent la sélection des ÉPI mais dans deux buts différents.

Le caractère actif d'un équipement composant un système est prédominant sur le caractère passif des autres équipements.

Et, plus un système est composé d'équipements dits actifs, plus le système dans sa globalité est actif.

5.5 Rapport sur les ferrailleurs

5.5.1 Rapport écrit

Le rapport utilisé pour l'analyse d'expérimentations sous l'angle actif/passif comporte quelque lacune.

Pour répondre à la problématique de ce mémoire, une des expérimentations présentées dans le rapport sur les ferrailleurs est analysée sous l'angle actif/passif.

Le but de cette expérimentation est le suivant :

Le but de ces essais est de déterminer si une longe sternale plus courte ou un enrouleur-dérouleur fixe installé sur le coffrage serait plus adéquat et apprécié que la longe dorsale utilisée présentement par les poseurs d'acier d'armature. Donc les deux principales questions que ces essais permettront de répondre sont : est-ce qu'une longe sternale plus courte est plus appréciée que la longe dorsale plus longue? Est-ce qu'un enrouleur-dérouleur fixé au coffrage est plus apprécié que la longe dorsale standard? (Arteau et al., 2007a)

Au travers des expérimentations présentées précédemment, les auteurs de ce rapport ont répondu adéquatement à cet objectif.

L'analyse sous l'angle actif/passif fait ressortir tout de même quelques lacunes au niveau du rapport.

Les premiers résultats présentés sous forme de texte ne correspondent pas tout à fait aux résultats regroupés dans un tableau résumé.

Par exemple, le sentiment de sécurité, les remarques des auteurs diffèrent entre la partie texte et la partie tableau résumé.

Le texte met en avant le fait que quelque soit le type de lien, les travailleurs se sentent en sécurité.

« D’après l’analyse du sentiment de sécurité des liens, tous les liens obtiennent des résultats similaires, donc peu importe quel système de retenue ils utilisent, les travailleurs se sentent en sécurité aussitôt qu’ils sont attachés. » (Arteau et al., 2007a)

Le tableau, quant à lui, ne fait pas tout à fait les mêmes remarques.

Tableau 5.4 Résumé des résultats des liens

Tiré de Arteau et al. (2007, p.50)

Tâches au murs	Résultats mur
Facilité	L7 est plus facile d’utilisation que L6 Tous assez faciles d’utilisation
Épaules	Aucune différence significative Tous peu nuisibles
Hanches	Aucune différence significative Tous peu nuisibles
Sécurité	<u>L7 semble plus sécuritaire que L6</u> <u>Tous assez sécuritaires</u>
Appréciation globale	L7 plus apprécié que L6 Tous acceptables

Le tableau 5.4 ci-dessus montre une préférence pour le lien L7 concernant le sentiment de sécurité et considère tous les liens assez sécuritaires.

Dans le tableau 5.4, les auteurs se permettent de dire que le lien L7 est plus sécuritaire alors que les remarques précédentes disaient les liens tous autant sécuritaires.

5.5.2 Vidéos

Les vidéos en lien avec les expérimentations n’étaient pas réellement exploitables. Le point de vue ne permet pas de bien se rendre compte des gestes du travailleur sur son équipement.

De même, l'ancrage de l'enrouleur-dérouleur n'est pas clairement visible.

Les vidéos auraient pu être un plus pour l'analyse sous l'angle actif/passif. Elles auraient permis :

- de dénombrer les gestes des travailleurs sur leurs équipements;
- d'évaluer le temps perdu à réaliser les gestes sur l'équipement;
- d'évaluer l'impact sur la production finale; ou
- de se rendre compte d'un éventuel agacement, stress de la part du travailleur engendré par son équipement.

5.5.3 Photographies

Le rapport écrit présente quelques photographies pour illustrer ses expérimentations.

Ces photographies sont bien exploitables. Elles permettent de visualiser :

- la tâche réalisée par les poseurs d'acier d'armature;
- leurs équipements;
- la position de leur équipement au cours de la tâche; et
- le mur sur lequel la tâche est réalisée;

De plus, une erreur de d'ancrage de longe de la part d'un poseur d'acier d'armature est détectable sur l'une d'elles.

5.6 Attache dorsale vs attache sternale

Les expérimentations présentées dans le rapport sur les ferrailleurs cherchent à optimiser la position d'attache de la longe.

Deux types d'attaches sont comparés :

- attache dorsale; et
- attache sternale.

Dans les expérimentations présentées dans le rapport sur les ferrailleurs, les poseurs d'acier d'armature doivent réaliser une tâche se déroulant dans leur champ de vision avant.

L'attache dorsale est donc préférée. Elle crée moins d'interférence avec la tâche qui se passe en avant du poseur d'acier d'armature.

L'attache sternale fait que la longe se trouve dans le champ avant du poseur d'acier d'armature le même champ où sa tâche se déroule. Les interactions avec sa tâche sont donc plus nombreuses qu'avec l'attache dorsale.

Dans une situation hypothétique, l'attache sternale peut être préférée à l'attache dorsale. Tout dépend de la tâche à effectuer. Dans ce cas là, la longe située en position sternale deviendrait plutôt passive et la longe en position dorsale plutôt active.

5.7 Comparaison ÉPC et ÉPI

Le concept d'actif/passif s'applique aussi bien aux ÉPI qu'aux ÉPC (tableau 5.5).

Tableau 5.5 Comparaison collective/individuelle vs actif/passif

Équipement		Type de protection	AVANT	PENDANT	APRÈS
			Installation	Pendant la tâche	Maintenance
Garde corps (prévention des chutes)		Collective	Actif	Totalement passif	Actif
			Doit d'être installé	Aucune action pour tous les travailleurs	
Filet de sécurité (arrêt de chute)		Collective	Très actif	Totalement passif	Actif
			Nécessite 4 colonnes et de 4 poutres	Aucune action pour tous les travailleurs	
Grimper sur une échelle verticale	Coulisseau sur rail vertical (Système d'arrêt de chute)	Individuelle	Actif	Passif	Actif
	Le travailleur connecte son système d'arrêt de chute au rail	Aucune action du travailleur			
2 longes	Individuelle	Actif	Actif	Actif	
		Le travailleur connecte une longe à l'échelle	Le travailleur connecte en alternance une longe à l'échelle		
Vêtements de protection contre les matières chimiques dangereuses		Individuelle	Doit d'être porté	Pas d'action requise	Actif
			Actif	Passif	

Ce tableau permet de mettre en avant le fait que le type de protection, collective ou individuelle, n'a aucune influence sur le caractère actif ou passif d'un équipement.

En fonction du point de vue choisi, le caractère actif ou passif d'un équipement varie alors que le fait qu'il s'agisse d'un ÉPI ou d'un ÉPC ne varie pas. Quel que soit le point de vue, la nature de l'équipement, ÉPC ou ÉPI, est toujours la même.

En prenant en compte le degré d'activité pour le choix d'un équipement, la nature de celui-ci, ÉPC ou ÉPI, n'entre pas en compte.

5.8 Mesure du degré d'activité

Pour mesurer le degré d'activité, deux critères sont intéressants à prendre en compte :

- la durée ; et
- le nombre d'actions.

Les tâches nécessitent une certaine quantité de mouvements ou d'actions à faire dans une quantité prescrite de temps.

Le nombre d'actions par unité de temps est limité.

Si l'ÉPI est inapproprié, il va demander beaucoup de mouvements de correction au travailleur et par conséquent le travailleur aura moins de temps pour la réalisation de sa tâche (travail productif).

Le nombre d'actions et leur durée devraient être mesuré.

Les actions et les durées peuvent être divisées en productives et non-productives; la non-productive étant les actions résultantes de l'inconfort et la gêne de l'ÉPI.

5.9 Proposition de nouvelles variables à mesurer

Pour le protocole suivant, les variables à mesurer sont :

- Système vs composants: tester plusieurs systèmes dans lesquels un composant est modifié.
- Actions productives: la quantité et la durée
- Actions non-productives: la quantité et la durée
- Calculer le rapport:

Nombre d'actions non productives / Nombre d'actions productives

- Calculer le rapport :
La durée totale des actions non-productives / La durée totale des actions productives
- La perception des travailleurs: la sécurité, l'inconfort, l'appréciation globale, le classement.

5.10 Conclusion

La première définition du concept actif/passif, obtenue par une revue de la littérature, est remaniée de telle sorte qu'elle soit applicable aux différents systèmes de protection.

La seconde définition proposée prend en compte la notion de point de vue et est plus facilement applicable aux systèmes de protection. Cette seconde définition précise mieux le concept d'actif/passif.

Une nouvelle variable dépendante fait son apparition pour déterminer le critère actif/passif des équipements, il s'agit du nombre de gestes. Cette variable permet de rendre compte assez rapidement du caractère actif ou passif d'un ÉPI. Plus il y a de gestes sur l'équipement, plus l'équipement est dit actif. Le nombre de gestes sur l'ÉPI au cours de la réalisation de la tâche permet de déterminer le caractère actif ou passif d'un ÉPI.

Toutes les variables dépendantes peuvent être représentées par une échelle de mesure. Toutes ces échelles de mesure vont dans le même sens sauf l'appréciation globale qui est inversement proportionnelle au degré d'activité. Plus un équipement demande d'action de la part du travailleur, moins il est apprécié du travailleur.

Le point de vue est un critère important à prendre en compte pour déterminer le caractère actif ou passif d'un ÉPI. Selon le point de vue choisi, l'ÉPI peut voir son degré d'activité varié. Le point de vue de la réalisation de la tâche est le plus intéressant par rapport à la production.

Pour les combinaisons d'équipements, l'équipement le plus actif est prédominant sur les équipements passifs et donne alors un caractère actif au système.

Le rapport sur les ferrailleurs propose des expérimentations intéressantes sur actif/passif. Il s'agit d'un rapport assez sommaire qui répond correctement à sa problématique mais qui ne

cherche pas d'ouverture ou à aller plus loin dans son analyse. Le critère actif/passif explique en quelque sorte les préférences des travailleurs envers certains équipements.

CONCLUSION

Les ÉPI ont un rôle important pour la sécurité des travailleurs. Ils sont le dernier recours qu'a le travailleur pour se protéger.

L'optimisation des ÉPI est essentielle pour remédier :

- au non port des ÉPI; ou
- à la mauvaise utilisation des ÉPI.

Les employeurs et les travailleurs ont des obligations et des droits complémentaires en matière de SST.

La revue de littérature permet de mettre en avant les recherches déjà effectuées sur le concept d'actif/passif. Le premier document analysé faisant référence au concept d'actif/passif est le mémoire d'Isabelle Desjardins. Ce mémoire propose une méthode de sélection des ÉPI et fait une ouverture en abordant le concept d'actif/passif. Le concept d'actif/passif est à l'heure actuelle très peu exploité. Seule une norme aborde le sujet. La revue de la littérature a tout de même permis de donner une première définition de ces deux concepts. L'analyse d'un article sous l'angle actif/passif met en avant la notion de point de vue. Dans l'objectif d'une optimisation de la production, le point de vue « pendant la tâche » est le plus approprié. Cette notion de point de vue donne au concept actif/passif une nouvelle définition plus concrète et facilement applicable.

L'échelle de mesure est la mieux adaptée pour classer les ÉPI en fonction de leur degré d'activité. Un ÉPI n'est ni totalement actif ni totalement passif. Il existe des degrés entre les différents ÉPI et combinaison d'ÉPI.

De cette revue de la littérature, découlent plusieurs questions de recherche.

La représentation du concept actif/passif par une échelle de mesure s'appuie sur deux critères corrélés :

- La gêne occasionnée par l'ÉPI; et
- Le nombre de gestes effectués sur l'ÉPI.

La gêne occasionnée par l'ÉPI est un critère à prendre en compte pour la mise en place de l'échelle de mesure du degré d'activité. La gêne est quantifiable par le nombre de gestes posé sur l'ÉPI pour :

- éviter une certaine gêne causée par l'ÉPI; ou juste
- remettre en position optimale l'ÉPI.

Ces deux critères peuvent être représentés par des échelles de mesure (Figure C.1). Les trois échelles de mesure ainsi obtenues vont dans le même sens.

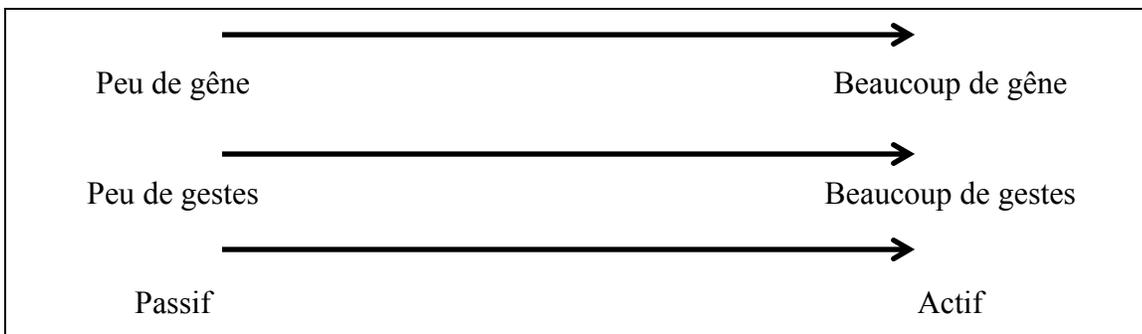


Figure C.1 Correspondances entre échelles de mesure

Plus un ÉPI est actif, plus il demande de gestes sur l'ÉPI et plus la gêne est élevée. La préférence des travailleurs se dirige vers les ÉPI les plus passifs. Les ÉPI passifs ne demandent aucune action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche. Le temps productif augmente alors. Pour répondre aux questions de recherche ainsi soulevées, des travaux, effectués quelques années plus tôt, sont analysés sous l'angle actif/passif.

Les expérimentations réalisées dans le rapport sur les ferrailleurs sont un bon support pour mettre en place le concept d'actif/passif.

Les observations réalisées au CFMA ont permis de mieux comprendre le métier, les tâches effectuées quotidiennement ainsi que les conditions de travail. Ces observations ont corroboré les vidéos.

La méthodologie est celle du rapport sur les ferrailleurs.

Seule la seconde expérimentation sur les liens est analysée dans ce mémoire sous l'angle actif/passif. L'expérimentation compare trois types de liens :

- L5 une longe avec absorbeur d'énergie en position dorsale de 1,5m;

- L6 une longe avec absorbeur d'énergie en position sternale de 1,2m; et
- L7 un enrouleur-dérouleur fixe en position dorsale de 3,3m.

Ces trois liens sont testés avec un harnais de type ALP qui combine une ceinture de positionnement.

La tâche effectuée par les monteurs d'acier d'armature est représentative du métier. Il s'agit de soulever et d'installer des barres d'armatures dans une structure verticale à hauteurs variables. Les résultats obtenus dans le rapport sur les ferrailleurs sont analysés sous l'angle actif/passif.

Les variables utilisées dans le rapport sur les ferrailleurs sont de bonnes variables pour l'analyse sous l'angle actif/passif. Les remarques recueillies dans le rapport sur les ferrailleurs peuvent être représentées sous forme d'échelle de mesure et un degré d'activité en est déductible. Les variables mesurant la nuisance au niveau des hanches et la nuisance au niveau des épaules ne sont pas intéressantes d'un point de vue actif/passif pour les liens testés. Il est rare qu'un lien crée une gêne au niveau des hanches ou encore au niveau des épaules. Ces deux variables sont plus intéressantes pour la sélection d'un harnais par exemple.

Le rapport sur les ferrailleurs propose aussi un tableau bilan mais celui-ci ne reprend pas exactement les remarques faites avant. Le rapport sur les ferrailleurs manque un peu de rigueur à ce niveau-là.

L'analyse proposée ici sous l'angle actif/passif offre une interprétation plus poussée des résultats. Elle apporte un plus pour la sélection des liens.

Des différents types de lien testés, il en ressort que l'enrouleur-dérouleur fixe est le plus apprécié des systèmes antichute. Le fait que l'enrouleur-dérouleur ne crée aucune interférence avec la tâche, est très apprécié de la part des Travailleurs.

Les travailleurs préfèrent ne pas agir sur leur équipement pendant la réalisation de leur tâche.

Les équipements les plus passifs sont donc les plus appréciés au niveau des liens de retenue.

Concernant la position sternale et la position dorsale, il n'y pas réellement de préférence entre les deux.

Les deux positions sont acceptables et reste au choix du travailleur.

Il est envisageable que, d'un point de vue actif/passif, la position dorsale soit la plus appréciée.

Cette analyse sous l'angle actif/passif entraîne certaines discussions.

Le point de vue au cours de la réalisation de la tâche est le plus pertinent pour analyser l'équipement dans son ensemble. Le comportement du travailleur vis-à-vis de l'équipement est alors étudié pour en déterminer le critère actif/passif. Le point de vue du travailleur est privilégié.

Nos analyses ont démontré que le critère actif/passif explique les préférences des travailleurs pour certains équipements.

Toutes les variables dépendantes peuvent être représentées par une échelle de mesure. Toutes ces échelles de mesure vont dans le même sens sauf l'appréciation globale qui est inversement proportionnelle au degré d'activité. Plus un équipement demande d'action de la part du travailleur, moins il est apprécié du travailleur.

Le point de vue est un critère important à prendre en compte pour déterminer le caractère actif ou passif d'un ÉPI. Selon le point de vue choisi, l'ÉPI peut voir son degré d'activité varié. Le point de vue de la réalisation de la tâche est le plus intéressant par rapport à la production.

Rendre les ÉPI les plus passifs possible semble la suite logique de ce mémoire. De même que d'identifier des tâches bien précises dans différents corps de métier et de trouver la combinaison d'équipements la plus passive possible pour la réalisation de la tâche.

RECOMMANDATIONS

Une des recommandations principales est de réaliser les expérimentations qui avaient été envisagées au préalable.

Ces expérimentations sont présentées à la section 3.1 et à l'annexe IV.

Ces expérimentations envisagées sont en lien direct avec la mise en place d'une échelle mesurant le degré d'activité.

En réalisant ces expérimentations, l'analyse faite sous l'angle actif/passif du rapport sur les ferrailleurs pourra être confirmée.

Il est recommandé de réaliser le protocole proposé en annexe V. Ce protocole proposé est le protocole présenté à la section 3.1 auquel sont ajoutés les variables qui suivent.

Ce mémoire ne s'appuie que sur un rapport réalisé antérieurement. Aucune expérimentation n'a été réalisée. Les critères proposés pour mettre en place l'échelle de mesure du degré d'activité n'ont pas été vérifiés en pratique. Il est difficile de confirmer savoir si le nombre de geste est vraiment représentatif du degré d'activité.

Ce mémoire propose une application du degré d'activité pour des équipements ou combinaisons d'équipements bien précis. L'interprétation proposée ici s'appuie sur des équipements de protection en lien avec les ferrailleurs (harnais de sécurité, ceinture de positionnement, longe avec absorbeur d'énergie, enrouleur-dérouleur fixe). Cette méthode de sélection à l'aide du degré d'activité se doit d'être utilisée sur d'autres types d'équipements pour prouver que cette méthode de sélection est généralisable à tous les équipements.

De même, le critère choisi, le nombre de gestes, se doit d'être vérifié en pratique. Il est possible que d'autre critère comme le temps rentre aussi en compte.

Actuellement, il n'est pas possible de donner un premier ressenti sur le concept d'actif/passif.

L'échelle de mesure est bonne une représentation du degré d'activité. Les interprétations des résultats du point de vue actif/passif montrent bien qu'il est possible de classer les équipements de protection collective ou individuelle en fonction de leur degré d'activité. Néanmoins, le manque d'expérimentations ne permet pas de proposer une échelle de mesure du degré d'activité précise. Il manque des données pour mieux définir cette nouvelle échelle de mesure.

Le critère « nombre de gestes » semble être un bon critère pour représenter le degré d'activité. Il se doit tout de même d'être vérifié par des expérimentations. Il est possible que d'autres éléments viennent interférer avec ce critère comme le temps.

Le temps est un élément important à prendre en compte lors de la réalisation des expérimentations. Il est possible que deux personnes portant le même équipement mettent un temps différent pour réaliser la même tâche. Il est aussi envisageable que pour remédier à la gêne, le travailleur porte des gestes sur son équipement et le temps mis pour remédier à cette gêne varie aussi d'une personne à l'autre.

Dans un temps donné, le nombre de gestes est limité. Plus le poseur d'acier d'armature agit sur son équipement pour le remettre en position optimale ou pour remédier à une gêne, moins il pourra poser de gestes pour la réalisation de sa tâche.

De même, le nombre de gestes semble être un critère intéressant pour mesurer le degré d'activité d'un équipement. Pour un même geste, deux poseurs d'acier d'armature ne vont pas mettre forcément le même temps.

Sans expérimentation, il est difficile de savoir si l'habitude des travailleurs va prendre le dessus sur le degré d'activité des équipements. Par habitude, le travailleur peut préférer un équipement plus actif. Au vu de la définition proposée dans ce mémoire du concept actif/passif, il est tout de même envisageable de penser que la préférence des travailleurs va aller dans le sens du degré d'activité des équipements.

ANNEXE I

DÉFINITIONS D'ACTIF/PASSIF

Tableau-A-I-1 Définitions actif/passif

Source		Définitions	
Nature	Référence	Actif	Passif
Définition - Dictionnaire de la langue française en ligne	(Wiktionary, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Qui agit</u> ou qui a la vertu d'agir. • <u>Qui _____ agit</u> avec promptitude, <u>avec énergie</u>. • Qui est diligent, laborieux. <u>Dont le sujet exécute l'action.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • Qui souffre, <u>qui subit l'action</u>, l'impression. • <u>Qui n'agit pas</u>. • Se dit des formes verbales <u>qui présentent l'action comme subie par le sujet</u>, au lieu d'être faite par lui.
Protecteur Individuel Contre le Bruit	(Kusy et INRS, 2009)	Les appareils actifs ou à réduction active du bruit.	Les <u>appareils passifs</u> sont de <u>simples barrières physiques</u> dont l'effet est essentiellement dû à la densité des <u>matériaux</u> qui les composent ou à la capacité de certains de leurs éléments à absorber les ondes sonores et à en diminuer la propagation.
	(Renard et al.)	Les PICB <u>actifs</u> sont, quant à eux, munis d'un <u>dispositif électronique</u> permettant une <u>réduction automatique active des bruits</u> au-delà d'un certain niveau. Certains protecteurs <u>actifs</u> utilisent également un <u>système</u> dit « <u>en opposition de phase</u> ».	Les PICB <u>passifs</u> ne contiennent <u>aucun système électronique</u> permettant un <u>traitement actif</u> du bruit. Leur atténuation n'est induite que par la <u>forme</u> , la <u>structure</u> , les <u>matériaux</u> et le <u>positionnement</u> dans l'oreille.
Dispositifs de sécurité	(Le et al., 2008)	Les <u>dispositifs actifs</u> qui mettent en jeu des <u>dispositifs mécaniques</u> (ressort, levier...) pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans	Les <u>dispositifs passifs</u> qui ne mettent en jeu <u>aucun système mécanique</u> pour <u>remplir leur fonction</u> et qui ne nécessitent <u>ni action humaine</u> (hors intervention

Source		Définitions	
Nature	Référence	Actif	Passif
		cette catégorie les soupapes de décharge et les clapets limiteurs de débit. Ils peuvent nécessiter <u>une source d'énergie externe pour fonctionner</u> .	de type maintenance), <u>ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir leur fonction</u> . On retrouve notamment dans cette catégorie les cuvettes de rétention, les disques de rupture, les arrête-flammes ainsi que les murs coupe-feu.
Les principes de prévention : l'approche « santé publique » de la réduction du nombre des lésions corporelles sur le lieu de travail	(Smith et Veazie)	La protection active <i>nécessite</i> une action : <ul style="list-style-type: none"> • Individuelle • Répétitive • Constante 	La protection passive assure une protection relativement automatique.
Système de protection anti chute Guide Miller de politique intelligente	(Guide Miller: Conformité de sécurité dans les hauteurs)	<p>Systemes actifs de protection antichute</p> <p>Si l'on ne peut utiliser de plates-formes de périmètre, on peut installer des systèmes actifs qui exigent <u>des travailleurs qu'ils revêtent des harnais et se raccordent à un système aérien</u>. Les options d'un système actif de protection antichute comprennent des ancrages à points fixes, des filins horizontaux et des systèmes classiques de poutre et de charriot, chacun étant attaché à la structure aérienne.</p>	<p>Systemes passifs de protection antichute</p> <p><u>Les systèmes passifs n'exigent pas d'équipement spécial ni de participation active de la part du travailleur</u>. Dans ce cas, un système passif, comme des plates-formes de retenue, pourrait être installé autour du périmètre du chantier.</p>

Source		Définitions	
Nature	Référence	Actif	Passif
Norme CSA Z259.16 Conception de systèmes actifs de protection contre les chutes	(CSA, 2009)	<p>Système actif de protection contre les chutes – dispositif de protection contre les chutes <u>qui exige que des mesures de précaution particulières</u> soient prises par les travailleurs, notamment <u>le port (ou l'utilisation) d'équipements individuels de protection contre les chutes et l'observation des procédures prescrites.</u></p> <p>Exemples : les systèmes de limitation du déplacement et les systèmes d'arrêt de chute.</p>	<p>Système passif de protection contre les chutes – dispositif de protection contre les chutes avec lequel <u>il n'est pas nécessaire que les travailleurs portent ou utilisent des équipements de protection contre les chutes ou aient des connaissances ou compétences spéciales pour ce système.</u> Exemples : les systèmes de garde-corps et les filets.</p>

ANNEXE II

LOI ET RÈGLEMENT

Tableau-A-II-1 Obligations des travailleurs et des employés

	Employeur	Travailleur
LSST S-2.1	<p>§ 2. — Obligations générales</p> <p>51. L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour <u>protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur</u>. Il doit notamment:</p> <p>1° s'assurer que les établissements sur lesquels il a autorité sont équipés et aménagés de façon à assurer la protection du travailleur;</p> <p>2° désigner des membres de son personnel chargés des questions de santé et de sécurité et en afficher les noms dans des endroits visibles et facilement accessibles au travailleur;</p> <p>3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;</p> <p>4° contrôler la tenue des lieux de travail, fournir des installations sanitaires, l'eau potable, un éclairage, une aération et un chauffage convenable et faire en sorte que les repas pris sur les lieux de travail soient consommés dans des conditions hygiéniques;</p> <p>5° <u>utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur</u>;</p> <p>6° prendre les mesures de sécurité contre l'incendie prescrites par règlement;</p> <p>7° fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état;</p> <p>8° s'assurer que l'émission d'un</p>	<p>§ 5. — Obligations</p> <p>49. Le travailleur doit:</p> <p>1° prendre connaissance du programme de prévention qui lui est applicable;</p> <p>2° prendre les mesures nécessaires <u>pour protéger sa santé, sa sécurité ou son intégrité physique</u>;</p> <p>3° veiller à ne pas mettre en danger la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des autres personnes qui se trouvent sur les lieux de travail ou à proximité des lieux de travail;</p> <p>4° <u>se soumettre aux examens de santé exigés pour l'application de la présente loi et des règlements</u>;</p> <p>5° <u>participer à l'identification et à l'élimination des risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles sur le lieu de travail</u>;</p> <p>6° <u>collaborer avec le comité de santé et de sécurité et, le cas échéant, avec le comité de chantier ainsi qu'avec toute personne chargée de l'application de la présente loi et des règlements.</u> (Québec (Province), À jour au 1er septembre 2014)</p>

	Employeur	Travailleur
	<p>contaminant ou l'utilisation d'une matière dangereuse ne porte atteinte à la santé ou à la sécurité de quiconque sur un lieu de travail;</p> <p>9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié;</p> <p>10° afficher, dans des endroits visibles et facilement accessibles aux travailleurs, les informations qui leur sont transmises par la Commission, l'agence et le médecin responsable, et mettre ces informations à la disposition des travailleurs, du comité de santé et de sécurité et de l'association accréditée;</p> <p>11° <u>fournir gratuitement au travailleur tous les moyens et équipements de protection individuels choisis par le comité de santé et de sécurité conformément au paragraphe 4° de l'article 78 ou, le cas échéant, les moyens et équipements de protection individuels ou collectifs déterminés par règlement et s'assurer que le travailleur, à l'occasion de son travail, utilise ces moyens et équipements;</u></p> <p>12° <u>permettre aux travailleurs de se soumettre aux examens de santé en cours d'emploi exigés pour l'application de la présente loi et des règlements;</u></p> <p>13° communiquer aux travailleurs, au comité de santé et de sécurité, à l'association accréditée, au directeur de santé publique et à la Commission, la liste des matières dangereuses utilisées dans l'établissement et des contaminants qui peuvent y être émis;</p> <p>14° <u>collaborer avec le comité de santé et de sécurité ou, le cas échéant, avec le</u></p>	

	Employeur	Travailleur
	<p><u>comité de chantier ainsi qu'avec toute personne chargée de l'application de la présente loi et des règlements et leur fournir tous les renseignements nécessaires:</u></p> <p>15° mettre à la disposition du comité de santé et de sécurité les équipements, les locaux et le personnel clérical nécessaires à l'accomplissement de leurs fonctions. (Québec (Province), À jour au 1er septembre 2014)</p>	
RSST S-2.1, r.13	<p>338. Obligations de l'employeur : L'employeur <u>doit fournir gratuitement au travailleur les moyens et les équipements de protection individuels ou collectifs prévus</u> à la présente section ainsi qu'au sous-paragraphe c du paragraphe 2° du premier alinéa de l'article 300 et à l'article 312 et s'assurer que le travailleur, à l'occasion de son travail, utilise ces moyens et ces équipements.</p> <p>L'employeur doit également s'assurer que les travailleurs ont reçu l'information nécessaire sur l'usage de tels moyens et de tels équipements de protection. (Québec (Province), 10 mai 2011)</p>	<p>339. Obligations du travailleur : Le travailleur <u>doit porter ou utiliser, selon le cas, les moyens et les équipements de protection individuels ou collectifs prévus</u> à la présente section ainsi qu'au sous-paragraphe c du paragraphe 2° du premier alinéa de l'article 300 et à l'article 312. (Québec (Province), 10 mai 2011)</p>

ANNEXE III

ANALYSE DES RÉSULTATS SOUS L'ANGLE ACTIF/PASSIF

Tableau-A-III-1 Interprétation, justification des résultats sous l'angle actif/passif

Variables dépendantes	Résultats mur	Interprétation	Justification	Actif/Passif
Facilité	L7 est plus facile d'utilisation que L6 Tous assez faciles d'utilisation	L7 crée moins de gênes avec la tâche que L6 Ils créent tous peu de gêne avec la tâche	L7 correspond à l'enrouleur-dérouleur fixe avec attache en position dorsale. Il ne crée pas d'interférence avec la tâche qui se déroule en avant du travailleur. D'après les photos, le travailleur peut se fixer assez librement sur la structure ce qui lui permet de limiter la gêne.	Les 3 liens sont faciles d'utilisation. Ils sont donc assez passifs. Le classement envisageable est le suivant : L6 < L5 < L7 avec L7 le plus passif. Une fois fixé, L7 ne demande pas d'intervention de la part de son Travailleur. L6 demande une action certaine de la part de son Travailleur au vu de sa position d'attache sternale. Il est le lien le plus actif.
Épaules	Aucune différence significative Tous peu nuisibles	Ils créent tous peu de gêne au niveau des épaules au cours de la réalisation de la tâche	Quel que soit la position d'attache, les liens créent peu de nuisance au niveau des épaules. La position d'attache des liens L5 et L6 sur	Les trois liens semblent assez similaires concernant la nuisance aux épaules. Ils sont tous les trois passifs vis-à-vis de la nuisance aux épaules sans

Variables dépendantes	Résultats mur	Interprétation	Justification	Actif/Passif
			la structure ne crée pas d'interférence avec la tâche et ne crée donc aucune gêne pour le travailleur au niveau des épaules. Aucun des 3 liens utilisés ne passe dans le champ de travail de l'épaule du travailleur.	distinction particulière : L5 = L6 = L7
Hanches	Aucune différence significative Tous peu nuisibles	Ils créent tous peu de gêne au niveau des hanches au cours de la réalisation de la tâche	Les trois types de lien n'interviennent en aucun cas au niveau des hanches. Il n'est pas possible que les 3 liens utilisés créent une quelconque nuisance au niveau des hanches. La position des liens sur la structure ne crée pas de gêne au niveau des hanches. Il n'y a pas de contact avec les hanches du travailleur. La seule nuisance au niveau des hanches peut-être due à la ceinture	De même que pour les épaules, les trois liens semblent assez similaires concernant la nuisance aux hanches. Ils sont tous les trois passifs vis-à-vis de la nuisance aux hanches sans distinction particulière : L5 = L6 = L7

Variables dépendantes	Résultats mur	Interprétation	Justification	Actif/Passif
			de positionnement et elle est la même pour les 3 liens.	
Sécurité	L7 semble plus sécuritaire que L6 Tous assez sécuritaires	D'un point de vue actif/passif, le sentiment de sécurité n'est pas encore bien défini	L7 est l'enrouleur-dérouleur fixe. Il ne demande aucune action de la part du travailleur. Une fois fixé au harnais, le travailleur l'oublie ce qui le rend sécuritaire. L6 demande beaucoup d'intervention de la part du travailleur. De plus, sa position sternale n'est pas appropriée pour la réalisation de la tâche. La gêne que le lien engendre peut être à l'origine d'une certaine insécurité.	L7 qui est le plus sécuritaire est le plus passif des liens alors que L6 est le plus actif des trois liens. Néanmoins, d'une façon globale, les trois sont assez sécuritaires : $L6 < L5 = L7$
Appréciation globale	L7 plus apprécié que L6 Tous acceptables	L7 est plus passif que L6	Il semble envisageable de penser que le lien le plus apprécié est le lien le plus passif car il ne demande aucune intervention de la part du travailleur.	Le classement suivant est envisageable pour une échelle du degré d'activité : $L6 < L5 < L7$ L7 devrait être le lien le plus apprécié car il ne demande

Variables dépendantes	Résultats mur	Interprétation	Justification	Actif/Passif
				aucune action une fois fixée au harnais.

ANNEXE IV

ARTICLE GfA 2013

Séguillon, Camille, et Jean Arteau. 2013. *Active-passive criteria as measurement of the users' interaction with PPE* (59. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Krefeld, Germany, 27 février-1er mars 2013). Livre. 911 p.

Contexte :

L'équipement de protection est le dernier recours qu'a le travailleur pour se protéger ; il n'intervient que si le danger n'a pas pu être éliminé à la source. Son mode de sélection se doit d'être optimisé au mieux.

Un concept, peu exploité à l'heure actuelle, semble être intéressant pour cette optimisation ; il s'agit du critère actif/passif. Il se base sur le fait que l'individu se doit d'intervenir (actif) ou non (passif) pour rendre son équipement efficace. Les équipements de protection individuelle ÉPI peuvent ainsi être qualifiés d'actif alors que les équipements de protection collective ÉPC se voient qualifiés de passif. Ce critère est alors dichotomique. Mais le degré d'intervention du travailleur varie pour différents ÉPI d'une même catégorie ; on pourrait alors parler d'un degré d'activité.

Objectif :

Après avoir défini le concept d'actif/passif, une échelle du niveau d'activité partant de zéro pour entièrement passif sera proposée et validée. Elle permettra une sélection optimisée des équipements de protection. Pour ce faire, on devra répondre aux questions de recherche suivantes : Le critère actif-passif est-il une échelle du degré d'activité plutôt que seulement dichotomique ? Le nombre de gestes est-il une mesure du degré d'activité ? Le degré d'activité est-il une mesure de l'interférence de l'ÉPI avec l'exécution de la tâche principale du travailleur ? Est-ce que les travailleurs privilégient les équipements plutôt actifs ou plutôt passifs ?

Méthodologie :

Les équipements choisis sont des ÉPI de protection contre les chutes de hauteur. Pour une tâche bien définie, les équipements composant le système de protection vont varier dans le but d'observer des nuances d'activité/passivité entre les différentes combinaisons d'équipements. Les perceptions et évaluations des sujets seront relevées et analysés. Une période de formation, d'apprentissage sera respectée. Une standardisation au niveau des équipements sera aussi respectée en ne faisant appel qu'à un seul fournisseur par type d'équipements.

Une échelle permettant de mesurer l'activité/passivité des équipements pourra ainsi en ressortir.

Le système de protection porté par le travailleur est composé de :

- (1) Harnais
- (2) Cordons d'assujettissement (lien de retenue)

- (3) Absorbeur d'énergie/Enrouleur-dérouleur
- (4) Coulisseaux et cordes verticales
- (5) Connecteurs
- (6) Ancrage

Résultats attendus :

Pour les connecteurs et l'ancrage, le positionnement sera peut-être à l'origine d'une variabilité du caractère actif/passif. A l'intérieur d'un même type d'équipement, il sera aussi possible de réaliser une classification en fonction du caractère actif/passif. Les résultats ainsi obtenus permettront de mettre en place une échelle permettant d'évaluer le caractère passif/actif des équipements de protection pour les travaux en hauteur et d'avoir un premier ressenti des travailleurs vis-à-vis de ce concept d'actif/passif. Est-ce que cette échelle sera généralisable à l'ensemble des équipements de protection ?

Active-passive criteria as a measurement of the users' interaction with PPE

Camille SÉGUILLON and Jean ARTEAU

*Département de génie mécanique, École de technologie supérieure ÉTS,
Université du Québec Montreal, Quebec, Canada H3C 1K3*

Abstract: A good selection of personal protective equipment PPE is essential to protect workers. For its optimization, two concepts seem interesting: active and passive. These concepts are rarely used. The collective protective equipment is passive while the individual ones are active. The criteria are then dichotomous. The user's intervention level is varying for different PPEs in a same category; a level of activity seems measurable. Firstly, the definitions of the concepts are refined. Experimental tasks are executed in a controlled environment. The subjects are around ten students in steel erection. They will climb 6m on ladders and then do a typical task. They will wear standard PPE required by regulation. Several combinations of harness, lanyard with energy absorber, self-retracting lanyard will be tested to define the active/passive concepts and establish a level of activity scale. Perceptions, time, and the number of movements will be collected or observed.

Keywords: Personal protective equipment (PPE), active, passive, users' interaction, fall protection equipment.

1. Introduction

Personal protective equipment PPE is the last mean to protect workers when the hazardous phenomenon is not eliminated or controlled. Its selection shall be optimized to integrate the PPE to the task (Desjardins-David & Arteau 2011).

For this optimization, a concept seems interesting: active / passive. This concept is rarely used. An active equipment is one requiring actions for the user while a passive one does not required an action from the user to make his equipment effective. Generally individual protective equipments are active and the collective ones are passive. The criterion is dichotomous. The level of user's intervention varies for different PPEs form the same category. This level seems to be measurable.

After defining the active/passive criterion, the methodology is explained. A scale of the activity level is proposed starting at zero for totally passive. This scale will ease the selection of PPE.

2. Active-passive

2.1 Definitions

A literature review leads to the following definitions of active and passive. Active equipments are defined as any equipment made of an electronic or mechanic device requiring an external energy source to operate or requiring a human action to protect. Passive equipments are those without electronic or mechanic device. The passive

330

equipments are simple physical barriers which do not require a human action either a mechanical action or an external energy source to protect (CSA-Z259.16; INERIS 2008; Miller 2012). This first definition defines active and passive from the equipment.

Active equipment needs an action to be done by the worker for its first set-up or when the worker is performing his tasks. Passive equipment requires no action by the user neither for the set-up nor during the tasks.

2.2 Research questions

Is the active-passive criterion dichotomous or a scale of the activity level? Is the number of actions done on the equipment to maintain it effective, a measurement of the activity level? Is the activity level related to the interference with the worker's main tasks? What is the workers' preference: active or passive?

3. Methodology

3.1 General considerations

To answer the research questions, simulated tasks in a controlled environment will be monitored. Around ten subjects, students in steel erection, will perform these tasks at Centre de formation des métiers de l'acier CFMA (Training center for steel trades). This center reproduces real life situations without the weather constraint because work is done inside. The subjects will perform normal tasks with their PPE and tools. All PPE combinations are in agreement with the applicable regulations.

The main experimental tasks are:

- Climb on steel structure around 6m using a ladder;
- Execute a typical task on the steel structure;
- Do stretching movements on the ground to assess the comfort and the displacements of the harness webbings.

The individual fall arrest system IFAS is made of: a harness, a lanyard, an energy absorber or self-retracting lanyard, a sliding (mobile) fall arrester on a vertical rope, connectors and an anchorage.

Within the IFAS, the harness and the sliding fall arrester are the problematic components regarding the issue of active-passive. Some harness webbings have a tendency to loose their adjustment and some sliding fall arresters do not slide easily interfering with the task (Arteau 2012).

3.2 Mobile (sliding) fall arrester and self-retracting lanyard SRL

Three fall arresters and one self-retracting lanyard SRL will be used during the task: climbing a ladder on 6m. Their characteristics are described in Table 1-a. They have differences which presumably will generate different appreciations by the subjects. When compared to the fall arresters, the SRL could show the least interference (Arteau et al. 2007, 2008).

The dependant variables are the time to attach the system to the back D-ring of the harness, the time to climb 6m, the number of actions, the perception of safety, the perception of interference, a general appreciation and a rating the best to the worst to work with (Arteau et al. 2007, 2008).

Table 1: Mobile fall arresters and self-retracting lanyard SRL. (a) Functional characteristics. (b) Expected rating

	A Fall arrester	B Fall arrester A modified ADP	C Fall arrester	D Self-retracting lanyard SRL
<i>a) Functional characteristics</i>				
Set-up; connection to harness; to vertical rope	Same as B. Several different actions	Same as A. Several different actions	One action required to close the fall arrester on the vertical lifeline.	Only the connection of the snap-hook on the harness.
Easiness during climbing	Problematic fall arrester-rope compatibility	Less problematic fall arrester-rope compatibility	Slides easily on the vertical rope	No interference
<i>b) Expected rating</i>				
Global	4	3	2	1
Duration set-up.	4	4	1	1
Easiness climbing	4	3	2	1
Number of actions	4	3	2	1
1 = the best; 4 = the worst				

3.2 Harness

Some harnesses have their webbings losing their adjustment during the work. Three harnesses will be used: one with rapid connectors, one with rapid connectors with blocking spring and one with tong and buckles. The dependant variables are: the time for adjustment the first time, the number of actions to adjust, the easiness to wear it for the second time and after, and the number of actions to maintain the adjustment during the simulated work; their perception of comfort and of easiness to do and finally the rating of the 3 harnesses. A similar procedure will take place after stretching exercises on the ground (Arteau et al. 2007).

4. Expected results

4.1 Mobile fall arresters and self-retracting lanyard

A and B should be the least appreciated among the four. The set-up of A and B on the vertical rope is long and is requiring several different actions by the workers; A and B should require frequent actions to make the device following the climber. They could be classified as the more active. C and D(SRL) could be classified as similarly active but less active then A and B. Only the subjects could confirm or negate these expected results even if they seem logical to the researchers.

The expected rating could be as per Table 1-b.

4.2 Harness

The expected results are summarized in Table 2. Quick connectors on the webbings require longer time for the first adjustment but the adjustment is more precise

332

and then presumably more comfortable. After, these harnesses are rapidly done. The tong-buckle type harnesses are rapidly done but their adjustment is precise to 25 mm, the distance between the holes. Quick connectors without spring have a tendency to loosen during work. Again these expected results have to be confirmed or negate by the subjects.

Table 2: *Harnesses. Expected rating*

	H1 Quick connect without spring	H2 Quick connect with spring	H3 Tong and buckles
Adjustment 1st time	2	3	1
Number of actions for adjusting	2-3	2-3	1
Easiness to wear 2nd time and after.	1	1	3
Number of actions to maintain the adjustment during the simulated work	3	1	1
Perception of comfort	2	1	3
Global rating	3	1	2

1 = the best; 3 = the worst

5. Conclusion

All expected results require confirmation by the subjects. Whatever the results will be, a more precise definition of the active-passive concept will be proposed. The number of actions to activate (make the PPE effective) could be a good preselecting indicator. If confirmed, the selection of the least active PPE or the more passive one meaning less interference with the tasks will lead to a greater acceptability, a 100% of users during 100% of the time. This acceptability is in agreement with clauses 1.1.1 and 1.1.2.1 of Annex 2 of the European directive 89/686 on PPE.

6. References

1. Arteau, J. 2012, Fall arresters tested for mechanical and ergonomics criteria – CSA Z259.2.1-1998 standard. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme – Wege zur gesunden, effizienten und sicheren Arbeit. Dortmund : GfA Press, 157-164.
2. Arteau, J., Beauchamp, Y., Lajoie, O. & Labranche, L. 2008, Selection of a fall arrest and work positioning system for rebar installers (in French), Research report IRSST, Montréal.
3. Arteau, J., Beauchamp, Y., Langlais, I. & Vachon F. 2007, Work at height and fall protection for arborists (in French), Research report R 505, IRSST, Montreal.
4. CSA-Z259.16-04(R2009), Design of Active Fall-Protection Systems. Rexdale: Canadian Standards Association.
6. Desjardins-David, I. & Arteau, J. 2011, Evaluation of personal protective equipment used for work: considerations and proposed methodology – the criteria to be checked. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Mensch, Technik, Organisation – Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungprozess. Dortmund: GfA-Press, 361-365.
7. European Council Directive 89/686/EEC Personal protective equipment used at work.
9. Miller, G. 2012, Conformité de sécurité dans les hauteurs - politique intelligente. Im Internet verfügbar unter : <http://www.millerfallprotection.com/pdfs/french/Smart-Policy-MillerGuide-French.pdf>.
10. INERIS 2008, Évaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (DCE DRA-73), Report no DRA-08-95403-01561B. 2008. Im Internet verfügbar unter : http://www.ineris.fr/centre-doc/Omega_10_Evaluation_BTS_v2_0908_web.pdf, 2012-04-20.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

**Chancen durch Arbeits-,
Produkt- und
Systemgestaltung –
Zukunftsfähigkeit für
Produktions- und
Dienstleistungsunternehmen**

59. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Fachhochschule Krefeld
27. Februar bis 01. März 2013

GfA Press

Bericht zum 59. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27.02. bis 01.03.2013

an der FH Niederrhein, herausgegeben von der

Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press

ISBN 3- 978-3-936804-14-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript gedruckt. Diese Schrift ist nur bei der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Ardeystraße 67, 44139 Dortmund, erhältlich.
E-Mail: gfa@ifado.de, Internet: www.gfa-online.de

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: apl. Prof. Dr. M. Schütte

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, die Broschüre oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Druck: City Druck, Heidelberg Technische Gestaltung: Stefan Cavadini
Printed in Germany



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Jahresdokumentation 2013

Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung – Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen

Bericht zum 59. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft
vom 27. Februar bis 01. März 2013

herausgegeben von der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.

ANNEXE V

PROTOCOLE DES EXPÉRIMENTATIONS ENVISAGÉES

Titre : **Mesure du critère actif/passif des équipements de protection individuelle ÉPI**

Résumé

Problématique et objectifs :

Après avoir défini le concept d'actif/passif, une échelle de mesure du degré d'activité partant de zéro pour entièrement passif sera proposée et validée. Elle permettra une sélection optimisée des équipements de protection. Pour ce faire, on devra répondre aux questions de recherche suivantes : Le critère actif-passif est-il une échelle du degré d'activité plutôt que seulement dichotomique ? Le nombre de gestes est-il un bon critère de mesure du degré d'activité ? La durée d'intervention sur l'équipement est-elle une mesure du degré d'activité ? Le degré d'activité est-il une mesure de l'interférence de l'ÉPI avec l'exécution de la tâche principale du travailleur ? Est-ce que les travailleurs privilégient les équipements plutôt actifs ou plutôt passifs ?

L'objectif principal des expérimentations envisagées est de définir au mieux le concept d'actif/passif à l'aide de deux critères qui semblent intéressants : le nombre de gestes et le temps. Pour cela, il faut déterminer la combinaison optimale d'équipements pour la réalisation d'une tâche caractéristique d'un monteur de charpente ainsi que le harnais le mieux adapté à cette tâche.

La combinaison optimale d'équipements est celle qui demande le moins d'action de la part du travailleur au cours de la réalisation de sa tâche.

Le harnais optimal est celui qui ne se dérègle pas et qui ne crée aucune gêne avec la tâche.

Méthode :

Pour mettre en place l'échelle de mesure du degré d'activité, des expérimentations en environnement contrôlé sont nécessaires. Un groupe composé d'une dizaine d'élèves monteurs de charpente du Centre de formation aux métiers de l'acier (CFMA) serait utilisé pour ces expérimentations. Les expérimentations auront lieu dans un centre de formation professionnelle reproduisant les conditions réelles rencontrées sur le terrain mis à part les conditions climatiques. Ils auront à effectuer une tâche de leur travail habituel équipés de leur ÉPI ainsi que de leurs outils (ceinture supplémentaire en plus du harnais). Différentes combinaisons d'équipements de protection en accord avec la réglementation en vigueur leur seront proposées.

Les tâches expérimentales à réaliser seront :

- Monter sur une structure en acier à plus de 6m à l'aide d'échelles;
- Exécuter une tâche typique d'un monteur de charpente à plus de 6m (tâche à préciser ultérieurement); et
- Exécuter des mouvements d'étirement au sol pour vérifier le confort dans les positions limites du corps.

Les différents équipements possibles pour former un système de protection sont :

- (8) Harnais;
- (9) Cordons d'assujettissement (lien de retenue);
- (10) Absorbeur d'énergie
- (11) Enrouleur-dérouleur;
- (12) Coulisseaux et cordes verticales;
- (13) Connecteurs; et
- (14) Ancrage.

Une visite au CFMA a permis de déterminer que les problèmes se situent plus au niveau du harnais et du coulisseau utilisé lors de la montée. En effet, les harnais ont tendance à se dérégler au cours des travaux et certains coulisseaux peuvent créer une sorte d'interférence, de gêne lors de la montée.

Résultats attendus :

Pour les connecteurs et l'ancrage, le positionnement sera peut-être à l'origine d'une variabilité du caractère actif/passif. A l'intérieur d'un même type d'équipement, il sera aussi possible de réaliser une classification en fonction du caractère actif/passif. Les résultats ainsi obtenus permettront de mettre en place une échelle permettant d'évaluer le caractère passif/actif des équipements de protection pour les travaux en hauteur et d'avoir un premier ressenti des travailleurs vis-à-vis de ce concept d'actif/passif. Les critères pris en compte, le nombre de gestes et le temps, seront assez représentatifs de l'échelle de mesure du degré d'activité. Il est possible que ces deux critères soient en quelque sorte corrélés. Le nombre de gestes et le temps mesuré (temps total et temps passé sur les ÉPI) permettent d'évaluer le temps productif et le temps non-productif. Est-ce que cette échelle sera généralisable à l'ensemble des équipements de protection ?

Protocole détaillé

Section 1. Problématique et objectifs

Contexte :

L'équipement de protection est le dernier recours qu'a le travailleur pour se protéger ; il n'intervient que si le danger n'a pas pu être éliminé à la source. Son mode de sélection se doit d'être optimisé au mieux.

Un concept, peu exploité à l'heure actuelle, semble être intéressant pour cette optimisation ; il s'agit du critère actif/passif. Il se base sur le fait que l'individu se doit d'intervenir (actif) ou non (passif) pour rendre son équipement efficace. Les équipements de protection individuelle ÉPI peuvent ainsi être qualifiés d'actif alors que les équipements de protection collective ÉPC se voient qualifiés de passif. Ce critère est alors dichotomique. Mais le degré d'intervention du travailleur varie pour différents ÉPI d'une même catégorie ; on pourrait alors parler d'un degré d'activité.

Section 2. État des connaissances scientifiques ou techniques sur le sujet

2.1 Harnais de sécurité

2.1.1 Définition

Selon l'article 3 de la norme CSA Z259.10-12, le harnais de sécurité est un « dispositif de retenue du corps doté de bretelles d'épaule, de bretelles pectorales et de sangles de cuisse » (CSA, 2012). La Figure-A-V-1 représente un harnais sous pelvien à attache dorsale.

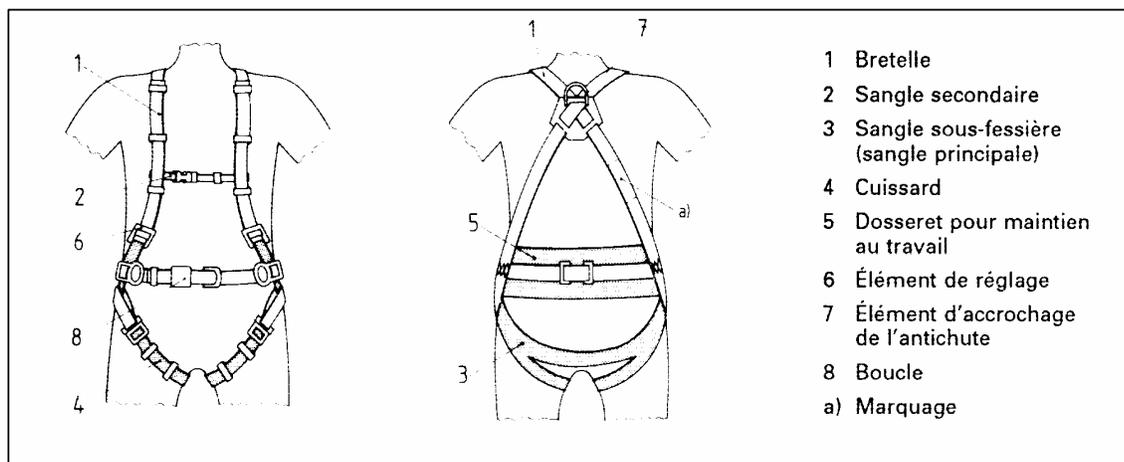


Figure-A-V-1 Harnais sous-pelvien

Tiré de (EN 361 : 1992)

Les harnais de sécurité doivent être conformes à la norme CAN/CSA-Z259.10-12. Les harnais sont les seuls dispositifs recommandés pour arrêter les chutes en hauteur.

2.1.2 Classification

L'article 4.7 de la norme CAN/CSA-Z259.10-12 propose une classification des harnais de sécurité.

Un harnais de sécurité peut avoir plus d'une classification. Tous les harnais de sécurité doivent cependant répondre aux exigences de la classe A.

Les harnais de sécurité doivent être classés comme suit :

- f) A – arrêt de chute ;
- g) D – suspension et descente contrôlée ;
- h) E – accès limité ;
- i) L – gravisement d'une échelle ; et
- j) P – maintien en position de travail. (CSA, 2012)

Le tableau-A-V-1, ci-dessous, propose un bilan sur la classification des harnais de sécurité selon la norme CAN/CSA-Z259.10-12.

Tableau-A-V-1 Classification des harnais de sécurité selon la norme
CAN/CSA-Z259.10-12 "Harnais de sécurité"

Adapté de Arteau et al. (2007, p.5)

Classe	Titre	Anneaux en D
Classe obligatoire (arrêt de chute)		
A	Arrêt de chute	1 anneau dorsal fixé aux deux sangles des épaules légèrement sous les omoplates
Classes optionnelles (positionnement)		
D	Suspension et descente contrôlée	2 anneaux frontaux ou latéraux en mode chaise
E	Accès limité	1 anneau sur chaque épaulière
P	Maintien en position de travail	2 anneaux latéraux sur les hanches à la hauteur de la ceinture (pour répondre à la fonction des ceintures de monteurs de lignes)
Classe optionnelle (arrêt de chute pour très faible hauteur de chute)		
L	Gravissement d'une échelle	1 ou 2 anneaux frontaux

Plusieurs modèles de harnais de sécurité sont disponibles. La classification proposée se fait en fonction de la tâche à effectuer. Cette classification en fonction des tâches permet une meilleure sélection au niveau du harnais de sécurité.

2.2 Systèmes d'arrêt de chute

2.2.1 Dispositif d'arrêt de chute

L'article 3 de la norme CSA Z259.16-04 propose la définition suivante :

« **Dispositif d'arrêt de chute** – dispositif qui se verrouille sur une corde d'assurance, un câble ou une barre rigide pour arrêter une chute. Il se déplace verticalement sur la corde d'assurance, le câble ou la barre rigide, de manière à suivre les déplacements verticaux du travailleur, sous contrôle manuel ou automatique. » (CSA, 2009)

Un des dispositifs d'arrêt de chute le plus fréquent est le coulisseau. Le coulisseau peut être fixé à une corde verticale sur laquelle il va glisser pour laisser une certaine liberté d'action au travailleur. En cas de chute, celui-ci se bloque et arrête alors la chute.

2.2.2 Enrouleur-dérouleur

Selon la norme CSA Z259.16-04, un enrouleur-dérouleur peut être défini comme suit :

Corde d'assurance autorétractable (CAA) – dispositif de raccordement qui ajuste automatiquement sa longueur sous une légère tension, à mesure qu'un travailleur se rapproche ou s'éloigne de l'ancrage, afin d'arrêter une chute au besoin.

Note : Le boîtier de la CAA contient habituellement un tambour à ressort de rappel sur lequel s'enroule et se déroule un câble (ou une corde, un câble métallique ou une sangle). Ce dispositif est pourvu d'un mécanisme destiné à verrouiller le tambour en cas de chute du travailleur, en déroulant le câble plus vite que la vitesse limite de verrouillage. (CSA, 2009)

L'enrouleur-dérouleur, comme son nom l'indique, est un sous-système de liaison qui a la capacité de s'enrouler ou de se dérouler sur lui-même. Il comprend un système mécanique permettant le rappel soient les actions d'enrouler et de dérouler. Son fonctionnement est comparable à une ceinture de sécurité automobile. En cas de chute, l'enrouleur-dérouleur se bloque et arrête ainsi la chute. Pour ces expérimentations, l'enrouleur-dérouleur est fixé au-dessus de la structure. Le point d'ancrage reste le même tout au long des expérimentations.

Chaque monteur de charpente vient relier le mousqueton fixé à l'extrémité du câble à l'attache dorsale de son harnais. Quand le monteur de charpente va monter dans la structure, la sangle va s'enrouler sur elle-même à l'intérieur du dispositif et inversement quand le monteur de charpente descend elle va se dérouler.

L'enrouleur-dérouleur assurera une protection contre les chutes sans interaction du monteur durant la montée et la descente.

Section 3. Objectifs et hypothèses de recherche

Les monteurs de charpente ont le choix entre différents types d'équipements. Il existe différents types de harnais utilisables pour les travaux qu'ils réalisent et différents systèmes antichutes.

Concernant les différents types de harnais, les monteurs de charpente peuvent utiliser des harnais combiné ou non. Les harnais ont aussi des différents types de boucle. Trois types de harnais sont évalués :

- Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles rapides sans ressort
- Harnais non combiné avec des boucles rapides avec ressort
- Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles à ardillon

Une combinaison de quatre systèmes antichutes est aussi évaluée :

- Coulisseau AltoChute Komet
- Coulisseau AltoChute modifié ADP
- Coulisseau Blocmax
- Enrouleur-dérouleur

Certain coulisseau demande beaucoup d'actions de la part du monteur de charpente au cours de la réalisation de sa tâche à cause d'une mauvaise compatibilité corde-coulisseau.

Les objectifs des travaux sont :

1. Identifier le meilleur harnais pour la réalisation d'une tâche représentative du métier de monteur de charpente c'est-à-dire le harnais qui demandera le moins d'action de la part du monteur de charpente au cours de la réalisation de sa tâche et la harnais dont les désajustements gênent, nuisent le moins au monteur de charpente.
2. Identifier le système antichute le plus optimal pour monter et descendre d'une échelle à environ 6m ; le système sera celui qui demande le moins d'intervention de la part du monteur pendant sa montée et sa descente.
3. Vérifier l'intérêt des deux critères de mesure, nombre de gestes et le temps, vis-à-vis du concept actif/passif.

Section 4. Méthode de recherche

4.1 Harnais de sécurité

Une partie des expérimentations consiste à déterminer le harnais le mieux adapter à la réalisation d'une tâche spécifique des monteurs de charpente.

Les combinaisons pour les harnais sont les suivantes :

H1 : Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles rapides sans ressort

H2 : Harnais non combiné avec des boucles rapides avec ressort

H3 : Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles à ardillon

Ces combinaisons permettent de comparer l'effet qu'à l'utilisation d'un harnais combiné par rapport à un harnais non combiné.

Elles mettent aussi en avant la différence d'ajustement des boucles des harnais en fonction du type de boucle.

Ces comparaisons permettront de répondre aux questions suivantes : Est-ce qu'un harnais non combiné se désajuste plus qu'un harnais combiné ? Est-ce que les boucles rapides permettent un ajustement plus précis que les boucles à ardillon ? Est-ce que les boucles rapides ont tendance à se désajuster plus rapidement que les boucles à ardillon ? Quel type de boucle sera le plus apprécié ?

Tableau-A-V-2 Combinaisons de harnais

Type de boucles	H1	H2	H3
Boucles rapides sans ressort	X		
Boucles rapides avec ressort		X	
Boucle à ardillon			X

Les combinaisons concernant l'arrangement des sangles et la ceinture et l'appui sous-fessier n'ont pas encore été déterminées. Elles dépendent principalement du matériel disponible au moment des expérimentations.

4.2 Coulisseaux/Enrouleur-dérouleur

La seconde partie des expérimentations consiste à déterminer le système d'arrêt de chute le mieux adapté à l'ascension et à la descente d'une échelle de 6m.

Les combinaisons pour les systèmes d'arrêt de chute sont les suivantes :

- A : Coulisseau AltoChute Komet
- B : Coulisseau AltoChute modifié ADP
- C : Coulisseau Blocmax
- D : Enrouleur-dérouleur

Ces combinaisons permettent de comparer différents coulisseaux pour la réalisation d'une même tâche.

Elles permettent aussi de comparer l'utilisation de coulisseaux à l'utilisation d'un enrouleur-dérouleur fixe. Ces combinaisons permettront de répondre aux questions suivantes : Quel est le coulisseau le plus facile à installer sur une corde verticale ? Quel coulisseau crée le moins d'interférence avec la corde verticale sur laquelle il est fixé ? Et donc, quel coulisseau est le plus facile à utiliser ? Quel coulisseau intervient le moins au cours de la réalisation de la tâche ? Est-ce que l'enrouleur-dérouleur fixe est plus adapté que les coulisseaux pour monter et descendre d'une échelle de 6m ? Est-ce que l'enrouleur-dérouleur va être préféré aux coulisseaux ?

Tableau-A-V-3 Combinaisons coulisseaux/enrouleur-dérouleur

	Intervention sur le coulisseau ou sur l'enrouleur-dérouleur				
	Pendant la tâche		Installation sur le câble vertical		
	Action	Pas d'action	Beaucoup d'actions	Peu d'action	Action nulle
A	X		X		
B	X		X		
C		X		X	
D		X			X

Deux points de vue sont pris en compte pour les combinaisons des coulisseaux et de l'enrouleur-dérouleur : pendant la tâche et lors de la mise en place (connexion au câble).

La position d'attache de la longe avec absorbeur d'énergie n'a pas d'importance dans ces expérimentations. Tous les élèves travailleront avec la longe avec absorbeur d'énergie en position dorsale.

Tous les équipements seront conformes aux normes CSA en vigueur.

Le protocole sera soumis au Comité d'éthique de la recherche de l'École de Technologie Supérieure (ÉTS).

4.3 Élèves participants

Dix (10) élèves du Centre de Formation aux Métiers de l'Acier (CFMA). Les élèves devront avoir de l'expérience, être représentatifs de la population et être capables de verbaliser leurs impressions, ressentis.

Chaque élève sera libre de participer ou non à l'étude ; les conditions de travail des élèves seront celles prévues par la convention collective du secteur industriel de la construction et ne seront pas un facteur pouvant influencer le libre consentement des élèves.

Avant de débiter les essais, chaque élève se fera expliquer les objectifs des essais et les conditions de réalisation ; le professionnel responsable des essais s'assurera de la compréhension de chacun. À cet effet, chaque élève signera un formulaire de consentement.

4.4 Procédure générale

Lors des expérimentations, les élèves monteurs d'acier utilisent toutes les combinaisons d'équipements.

4.4.1 Essai 1

La première partie des expérimentations porte sur la mise en place du coulisseau sur la corde verticale. Pour réaliser ce premier essai, tous les élèves portent le même harnais. Tous les élèves réalisent ce premier essai avec tous les systèmes d'arrêt de chute : (A) Coulisseau AltoChute Komet ; (B) Coulisseau AltoChute modifié ADP ; (C) Coulisseau Blocmax ; et (D) Enrouleur-dérouleur.

Tableau-A-V-4 Variables essai 1

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place le coulisseau sur la corde verticale ; ou - Se connecter à l'enrouleur-dérouleur fixe. <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coulisseau AltoChute Komet - Coulisseau AltoChute modifié ADP - Coulisseau Blocmax - Enrouleur-dérouleur fixe <p>Sujets (aléatoire)</p>	<p>Au sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilité de mise en place - Temps mis pour la mise en place - Nombre de gestes effectués pour la mise en place

Pour le temps de mise en place et le nombre de gestes effectués pour la mise en place, le tableau 6 présente les deux tableaux pour recueillir les données.

Tableau-A-V-5 Temps pour la mise en place de l'équipement

Temps (min)	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Tableau-A-V-6 Nombre de gestes pour la mise en place de l'équipement

Nombre de gestes	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

La facilité de mise en place de l'équipement est relevée grâce à une échelle analogue visuelle remplie par chaque élève à la fin de la mise en place de l'équipement.

4.4.2 Essai 2

L'essai 2 est réalisé directement après l'essai 1. Une fois relié au coulisseau fixé sur la corde verticale ou relié à l'enrouleur-dérouleur, l'élève va monter à environ 6m et descendre à l'aide d'une échelle.

Tous les élèves portent le même harnais.

Tous les élèves réalisent l'essai 2 avec tous les types de coulisseaux et l'enrouleur-dérouleur.

Tableau-A-V-7 Variables essai 2

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monter à l'aide d'une échelle à environ 6m ; et - Descendre à l'aide d'une échelle <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coulisseau AltoChute Komet - Coulisseau AltoChute modifié ADP 	<p>Structure 1 verticale :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilité d'utilisation du système - Temps mis pour l'ascension - Temps mis pour la descente - Temps passé sur les ÉPI pendant l'ascension - Temps passé sur les ÉPI pendant la descente - Nombre de gestes sur les ÉPI

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> - Coulisseau Blocmax - Enrouleur-dérouleur fixe <p>Sujets (aléatoire)</p>	<ul style="list-style-type: none"> pendant l'ascension - Nombre de gestes sur les ÉPI pendant la descente - Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système - Appréciation globale

Tableau-A-V-8 Temps total mis pour l'ascension

Ascension				
Temps Total (min)	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Tableau-A-V-9 Temps total mis pour la descente

Descente				
Temps Total (min)	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Tableau-A-V-10 Temps passé sur les ÉPI pendant l'ascension

Ascension				
Temps ÉPI (min)	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Tableau-A-V-11 Temps passé sur les ÉPI pendant la descente

Descente				
Temps ÉPI (min)	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Tableau-A-V-12 Nombre de gestes effectués sur les ÉPI pendant l'ascension

Ascension				
Nombre de gestes	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Tableau-A-V-13 Nombre de gestes effectués sur les ÉPI pendant la descente

Descente				
Nombre de gestes	A	B	C	D
Élève 1				
Élève 2				
Élève 3				
Élève 4				
Élève 5				
Élève 6				
Élève 7				
Élève 8				
Élève 9				
Élève 10				

Pour les autres variables (facilité d'utilisation du système, sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système et l'appréciation globale), les ressentis des élèves sont relevés à l'aide d'échelles analogues visuelles une fois l'essai terminé.

4.4.3 Essai 3

Le troisième essai a lieu au sol. Il est demandé aux élèves monteur de charpente de réalisation des mouvements au sol avec différents types de harnais pour noter les différents désajustements.

Tous les élèves testent tous les harnais.

Tableau-A-V-14 Variables essai 3

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser des mouvements au sol <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles rapides sans ressort, H1 - Harnais non combiné avec des boucles rapides avec ressort, H2 - Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles à ardillon, H3 <p>Sujets (aléatoire)</p>	<p>Au sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps mis pour ajuster le harnais - Degré de désajustement du harnais au niveau des épaules - Degré de désajustement du harnais au niveau des cuisses - Degré de désajustement du harnais au niveau du torse - Degré de désajustement du harnais au niveau des sous-fessiers - Degré de désajustement global du harnais - Appréciation globale du harnais - Classement par rang

Tableau-A-V-15 Temps d'ajustement du harnais

Temps d'ajustement (min)	H1	H2	H3
Élève 1			
Élève 2			
Élève 3			
Élève 4			
Élève 5			
Élève 6			
Élève 7			
Élève 8			
Élève 9			
Élève 10			

Les autres variables dépendantes sont relevées à l'aide d'échelles analogues visuelles. Une fois les mouvements au sol terminés, l'élève remplit les échelles analogues visuelles concernant le désajustement de son harnais et il réajuste son harnais avant d'aller réaliser l'essai 4.

4.4.4 Essai 4

Le quatrième essai se déroule sur une structure horizontale près du sol.

En utilisant cette structure, les élèves devront simuler le fait qu'ils sont en hauteur.

Cet essai sert à déterminer le harnais le plus optimal pour la réalisation d'une tâche typique des monteurs de charpente.

Tous les élèves sont reliés à un câble horizontal déjà présent sur la structure.

Comme trois types de harnais sont testés et que la structure horizontale peut accueillir plusieurs élèves en même temps, l'essai 4 se réalise avec 3 élèves en même temps sur la structure.

La tâche à effectuer peut alors être adaptée au fait qu'il y ait 3 élèves en même temps sur la structure.

Tous les élèves réalisent cet essai avec tous les types de harnais.

Tableau-A-V-16 Variables essai 4

Variables	
Indépendantes	Dépendantes
<p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une tâche spécifique des monteurs de charpente sur une structure horizontale <p>Combinaisons essayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles rapides sans ressort, H1 - Harnais non combiné avec des boucles rapides avec ressort, H2 - Harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles à ardillon, H3 <p>Sujets (aléatoire)</p>	<p>Structure 2 horizontale :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps total mis pour la réalisation de la tâche - Temps passé sur les ÉPI pendant la réalisation de la tâche - Nombre de gestes sur les ÉPI pendant la réalisation de la tâche - Sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système - Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules - Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches - Appréciation globale

Tableau-A-V-17 Temps total mis pour réaliser la tâche

Temps Total (min)	H1	H2	H3
Élève 1			
Élève 2			
Élève 3			
Élève 4			
Élève 5			
Élève 6			
Élève 7			
Élève 8			
Élève 9			
Élève 10			

Tableau-A-V-18 Temps passé sur les ÉPI pendant la réalisation de la tâche

Temps ÉPI (min)	H1	H2	H3
Élève 1			
Élève 2			
Élève 3			
Élève 4			
Élève 5			
Élève 6			
Élève 7			
Élève 8			
Élève 9			
Élève 10			

Tableau-A-V-19 Nombre de gestes
portés sur l'ÉPI au cours
de la réalisation de la tâche

Nombre de gestes	H1	H2	H3
Élève 1			
Élève 2			
Élève 3			
Élève 4			
Élève 5			
Élève 6			
Élève 7			
Élève 8			
Élève 9			
Élève 10			

Pour les autres variables (sentiment de sécurité lors de l'utilisation du système, niveau de gêne aux épaules, niveau de gêne aux hanches et l'appréciation globale), les ressentis des élèves sont relevés à l'aide d'échelles analogues visuelles une fois l'essai terminé.

4.5 Formulaires et grilles

4.5.1 Formulaire de consentement

Le premier formulaire que chaque élève monteur de charpente doit remplir est le formulaire de consentement.

ÉTUDE POUR LES MONTEURS DE CHARPENTE		FORMULAIRE DE CONSENTEMENT		N°
Nom, prénom		Âge		
Poids (kg ou lb)	kg	ou	lb	
Taille (cm ou pi)	cm	ou	pi	po
Nombre d'heures d'expérience à titre de monteur de charpente				
<p>Responsable de l'étude : Étudiant :</p> <p>Objectif du projet : Définir une échelle de mesure de l'activité actif/passif des équipements de protection au travers différents harnais et différents types de coulisseaux et/ou enrouleur-dérouleur lors de la réalisation de différentes tâches bien spécifiques aux monteurs de charpente.</p> <p>Procédure : Pour les essais concernant les harnais, vous devez réaliser une tâche bien spécifique aux monteurs de charpente sur une structure horizontale. Pour les essais concernant les coulisseaux, vous devez grimper sur une structure verticale d'environ 6m et redescendre. L'ordre des essais sera aléatoire. À la fin de chaque essai, vous devrez répondre à un court questionnaire.</p> <p>Utilisation de l'information : Toutes les informations recueillies lors de ces évaluations seront traitées dans la plus stricte confidentialité. Seuls les responsables de l'étude et l'étudiante auront accès aux informations personnalisées. De plus, toutes les informations recueillies seront conservées sous clé au laboratoire de recherche en sécurité du travail de l'École de technologie supérieure. À la fin de l'étude, un rapport des résultats sera préparé puis transmis aux autres partenaires impliqués dans ce projet de recherche. Les informations contenues dans ce rapport seront entièrement dépersonnalisées, de sorte qu'il sera impossible d'identifier l'un ou l'autre des participants à cette étude. Sur demande, il vous sera possible d'obtenir une copie du sommaire des résultats et/ou des informations qui vous sont spécifiques.</p> <p>Responsabilités du travailleur : Vous avez le droit de vous exclure du projet à tout moment sans aucune justification au près des responsables du projet. Il est de votre responsabilité d'aviser le responsable des essais si, à un moment, des douleurs locales et/ou générales venaient à apparaître. Vous ne serez pas pénalisé financièrement. Il est aussi de votre responsabilité d'aviser le responsable des essais si une blessure est apparue dernièrement durant les heures de travail régulier.</p> <p>Signatures :</p> <p>J'ai (le travailleur) pris connaissance de ce formulaire et j'accepte de participer à cette étude.</p> <p>Participant : _____ Date _____/2013</p> <p>J'ai (expérimentateur) expliqué en détail le but de l'étude et la procédure expérimentale.</p> <p>Expérimentateur : _____ Date _____/2013</p>				

4.5.2 Grilles psychophysiques

Après la réalisation de chacun de ses essais, l'élève doit remplir des grilles psychophysique ou de mesure.

Projet Monteur de charpente ÉTS	Grille psychophysique (explications)
<p>Ces questionnaires ont été conçus dans le but d'évaluer votre perception sur divers aspects. Il vous sera administré après chaque essai que vous effectuerez dans le cadre de votre participation dans cette étude.</p> <p>Avant de remplir ces questionnaires, il est important de prendre connaissance des éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses aux questionnaires ci-bas. • Nous vous demandons d'être le plus impartial possible. • N'hésitez pas à utiliser toute la largeur de l'échelle. • Les réponses nécessiteront votre opinion et votre jugement. • Donnez votre opinion le plus honnêtement possible. • Toutes ces informations seront confidentielles. 	

4.6 Répartitions des grilles

4.6.1 Essai 1 & essai 2

À la fin des essais 1 et 2 qui ont lieu à la suite, les élèves remplissent une grille psychophysique sur leur ressenti.

Projet monteur de charpente ÉTS	Grille psychophysique (Systèmes)									
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux à la facilité de mise en place du système</p> <p>Très facile à mettre en place Très difficile à mettre en place</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; position: relative;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux à la facilité d'utilisation du système</p> <p>Très facile à utiliser Très difficile à utiliser</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; position: relative;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux à votre sentiment de sécurité lorsque vous utilisez ce système</p> <p>Système sécuritaire Système non sécuritaire</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; position: relative;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au niveau de gêne (nuisance) pendant la montée</p> <p>Pas du tout nuisible Très nuisible</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; position: relative;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au niveau de gêne (nuisance) pendant la descente</p> <p>Pas du tout nuisible Très nuisible</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; position: relative;"> </div>										
<p>Dans la case, marquez le chiffre qui correspond le mieux à la Pénibilité physique de la tâche lorsque vous utilisez ce système</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 2px;">6 aucun effort</td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">11 et 12 effort léger</td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">17 et 18 effort très dur</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">7 et 8 effort extrêmement léger</td> <td style="padding: 2px;">13 et 14 effort un peu dur</td> <td style="padding: 2px;">19 effort extrêmement dur</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">9 et 10 effort très léger</td> <td style="padding: 2px;">15 et 16 efforts dur</td> <td style="padding: 2px;">20 épuisements maximal</td> </tr> </table>		6 aucun effort	11 et 12 effort léger	17 et 18 effort très dur	7 et 8 effort extrêmement léger	13 et 14 effort un peu dur	19 effort extrêmement dur	9 et 10 effort très léger	15 et 16 efforts dur	20 épuisements maximal
6 aucun effort	11 et 12 effort léger	17 et 18 effort très dur								
7 et 8 effort extrêmement léger	13 et 14 effort un peu dur	19 effort extrêmement dur								
9 et 10 effort très léger	15 et 16 efforts dur	20 épuisements maximal								
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux à l'appréciation globale du système</p> <p>Système acceptable Système inacceptable</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto; position: relative;"> </div>										
<p>Commentaires : _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>										
<p>Monteur : _____ Système : _____ Répétition : _____</p>										

4.6.2 Essai 3

Au cours de l'essai 3, les élèves exécutent des mouvements au sol pour observer le désajustement des trois harnais proposés.

Tous les élèves testent tous les harnais.

À la fin de l'exécution des mouvements au sol, ils observent le désajustement de leur harnais à des endroits bien précis du corps.

Ils donnent leur ressenti vis-à-vis de ces désajustements et remplissent aussi une grille de mesure du déplacement des sangles.

Projet Monteur de charpente ÉTS		Grille psychophysique (Harnais pendant les mouvements au sol)	
Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement du harnais au niveau des épaules			
Pas du tout désajusté		Très désajusté	

Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement du harnais au niveau des cuisses			
Pas du tout désajusté		Très désajusté	

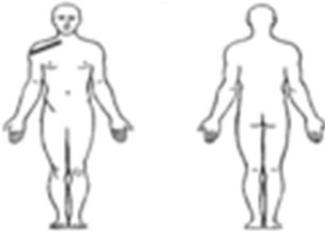
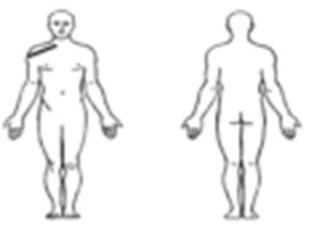
Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement au niveau du torse			
Pas du tout désajusté		Très désajusté	

Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement du harnais au niveau des sous-fessiers			
Pas du tout désajusté		Très désajusté	

Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement global du harnais			
Pas du tout désajusté		Très désajusté	

Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au sentiment de sécurité lorsque vous utilisez ce harnais			
Harnais sécuritaire		Harnais non sécuritaire	

Dans la case, marquez le chiffre qui correspond le mieux à la			
Pénibilité physique de la tâche lorsque vous utilisez ce système			
6 aucun effort	11 et 12 efforts léger	19 effort extrêmement dur	
7 et 8 effort extrêmement léger	15 et 16 efforts dur	20 épuisements maximal	
9 et 10 effort très léger	17 et 18 effort très dur		
Commentaires :			

Étude de déplacement des sangles - Épaules		Grille de mesure		
Épaule gauche				
Mesure entre l'extérieur de l'épaule et la fin de l'os de la clavicule	_____ mm			
Mesure entre l'extérieur de l'épaule et la position du marqueur	_____ mm			
Déplacement après le mouvement entre le marqueur et la nouvelle position de la sangle	_____ mm			
Épaule droite				
Mesure entre l'extérieur de l'épaule et la fin de l'os de la clavicule	_____ mm			
Mesure entre l'extérieur de l'épaule et la position du marqueur	_____ mm			
Déplacement après le mouvement entre le marqueur et la nouvelle position de la sangle	_____ mm			
Harnais			Tâche :	

Étude de déplacement des sangles Cuissard		Grille de mesure	
Cuissard gauche			
Mesure entre l'intérieur du pied et l'os du pelvis	_____	mm	
Mesure entre l'extérieur du pied et l'os du pelvis (Épine iliaque)	_____	mm	
Mesure entre l'intérieur du pied et le marqueur	_____	mm	
Mesure entre l'extérieur du pied et le marqueur	_____	mm	
Déplacement après le mouvement entre le marqueur extérieur et la nouvelle position de la sangle	_____	mm	
Déplacement après le mouvement entre le marqueur intérieur et la nouvelle position de la sangle	_____	mm	
Cuissard droit			
Mesure entre l'intérieur du pied et l'os du pelvis	_____	mm	
Mesure entre l'extérieur du pied et l'os du pelvis (Épine iliaque)	_____	mm	
Mesure entre l'intérieur du pied et le marqueur	_____	mm	
Mesure entre l'extérieur du pied et le marqueur	_____	mm	
Déplacement après le mouvement entre le marqueur extérieur et la nouvelle position de la sangle	_____	mm	
Déplacement après le mouvement entre le marqueur intérieur et la nouvelle position de la sangle	_____	mm	
	Harnais	_____	Tâche : _____

4.6.3 Essai 4

Pour l'essai 4, les élèves exécutent une tâche caractéristique des monteurs de charpente avec différents harnais.

Tous les élèves testent tous les harnais pour la réalisation de cette tâche.

Une fois la tâche achevée, ils rendent compte de leur ressenti vis-à-vis du désajustement du harnais à l'aide d'une grille psychophysique.

Projet Monteur de charpente ÉTS	Grille psychophysique (Harnais pendant la tâche)									
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement du harnais au niveau des épaules</p> <p>Pas du tout désajusté Très désajusté</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement du harnais au niveau des cuisses</p> <p>Pas du tout désajusté Très désajusté</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement au niveau du torse</p> <p>Pas du tout désajusté Très désajusté</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement du harnais au niveau des sous-fessiers</p> <p>Pas du tout désajusté Très désajusté</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au degré de désajustement global du harnais</p> <p>Pas du tout désajusté Très désajusté</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>										
<p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux au sentiment de sécurité lorsque vous utilisez ce harnais</p> <p>Harnais sécuritaire Harnais non sécuritaire</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>										
<p>Dans la case, marquez le chiffre qui correspond le mieux à la Pénibilité physique de la tâche lorsque vous utilisez ce système</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 30px; margin: 5px auto;"></div> <table style="width: 100%; border: none; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 33%;">6 aucun effort</td> <td style="width: 33%;">11 et 12 efforts léger</td> <td style="width: 33%;">19 effort extrêmement dur</td> </tr> <tr> <td>7 et 8 effort extrêmement léger</td> <td>15 et 16 efforts dur</td> <td>20 épuisements maximal</td> </tr> <tr> <td>9 et 10 effort très léger</td> <td>17 et 18 effort très dur</td> <td></td> </tr> </table> <p>Sur cette échelle, marquez d'un X l'endroit qui correspond le mieux à l'appréciation globale du harnais</p> <p>Harnais acceptable Harnais inacceptable</p> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100%; position: relative; height: 20px;"> </div>	6 aucun effort	11 et 12 efforts léger	19 effort extrêmement dur	7 et 8 effort extrêmement léger	15 et 16 efforts dur	20 épuisements maximal	9 et 10 effort très léger	17 et 18 effort très dur		
6 aucun effort	11 et 12 efforts léger	19 effort extrêmement dur								
7 et 8 effort extrêmement léger	15 et 16 efforts dur	20 épuisements maximal								
9 et 10 effort très léger	17 et 18 effort très dur									
<p>Commentaires : _____</p>										
<p>Monteur : _____ Système : _____ Répétition : _____</p>										

4.7 Répartitions

4.7.1 Structure verticale 1

Le tableau-A-V-20 donne l'ordre d'utilisation des coulisseaux ou de l'enrouleur-dérouleur aux élèves.

Par exemple, l'élève 1 travaillant sur la structure 1 (essai 2) utilise lors de son premier passage l'enrouleur-dérouleur (D). Lors de son deuxième passage, l'élève 1 réalisera son essai avec le coulisseau AltoChute Komet (A).

Tableau-A-V-20 Ordre d'utilisation des coulisseaux et de l'enrouleur-dérouleur

STRUCTURE 1 : ESSAI 1 ET ESSAI 2				
E1S1	D	A	C	B
E2S1	C	D	B	A
E3S1	A	B	D	C
E4S1	B	C	A	D
E5S1	C	B	D	A
E6S1	B	A	D	C
E7S1	D	B	C	A
E8S1	A	C	D	B
E9S1	D	C	A	B
E10S1	B	D	A	C

Tableau-A-V-21 Estimation du temps pour chaque étape

ESSAI 1 & ESSAI 2	Mise en place du coulisseau	10 min
	Monter à l'échelle	15 min
	Descendre de l'échelle	15 min
	Démontage du coulisseau	10 min
	Questionnaire	15 min

Le tableau-A-V-21 propose, quant à lui, une estimation du temps passer sur chaque étape.

1.6.2 Structure horizontale 2 et sol

Le tableau 17 propose un ordre d'utilisation des harnais pour la réalisation des essais 3 et 4. Par exemple, l'élève 1 sur la structure 2 (essai 4) utilise lors de son premier passage le harnais non combiné avec des boucles rapides avec ressort (H2). Il utilise le harnais combiné avec 4 anneaux en D avec des boucles rapides sans ressort en deuxième.

Tableau-A-V-22 Ordre d'utilisation des harnais

STRUCTURE 2 : ESSAI 3 ET ESSAI 4			
E1S2	H2	H1	H3
E2S2	H1	H3	H2
E3S2	H3	H2	H1
E4S2	H2	H1	H3
E5S2	H1	H3	H2
E6S2	H3	H1	H2
E7S2	H2	H3	H1
E8S2	H3	H2	H1
E9S2	H1	H3	H2
E10S2	H2	H1	H3

Le tableau-A-V-22 propose une estimation du temps nécessaire pour chaque étape.

Tableau-A-V-23 Estimation du temps pour chaque étape

ESSAI 3 & ESSAI 4	Mise en place du harnais	10 min
	Réalisation des mouvements au sol	15-30 min
	Observations	10 min
	Réajustement du harnais	5 min
	Réalisation de la tâche	15-30 min
	Observations	10 min
	Questionnaire	15 min

Le tableau-A-V-23 propose aussi une estimation du temps pour remplir le questionnaire (grilles psychophysiques).

1.6.3 Ordre de passage

Les tableaux suivants proposent des ordres de passage des élèves sur les différentes structures en fonction du moment de la journée.

La répartition se fait de façon aléatoire.

Tableau-A-V-30 Ordre de passage des élèves sur les différentes structures la matinée 4

MATINÉE 4						
	1H		2H		3H	
E1						
E2						
E3						
E4						
E5	S23					
E6	S22					
E7	S22					
E8	S12					
E9			S12			
E10					S12	

Tableau-A-V-31 Ordre de passage des élèves sur les différentes structures l'après-midi 4

APRÈS MIDI 4								
	1H		2H		3H		4H	
E1	S13							
E2			S13					
E3					S13			
E4							S14	
E5								
E6								
E7								
E8	S23							
E9	S23							
E10	S23							

Tableau-A-V-32 Ordre de passage des élèves sur les différentes structures

MATINÉE 5						
	1H		2H		3H	
E1	S23					
E2	S23					
E3						
E4	S22					
E5	S14					
E6			S14			
E7					S14	
E8						
E9						
E10						

Tableau-A-V-33 Ordre de passage des élèves sur les différentes structures l'après-midi 5

APRÈS MIDI 5								
	1H		2H		3H		4H	
E1							S14	
E2								
E3								
E4								
E5								
E6								
E7								
E8	S13							
E9			S13					
E10					S13			

Tableau-A-V-34 Ordre de passage des élèves sur les différentes structures la matinée 6

MATINÉE 6							
	1H		2H		3H		
E1							
E2	S14						
E3			S14				
E4							
E5							
E6							
E7							
E8					S14		
E9							
E10							

Tableau-A-V-35 Ordre de passage des élèves sur les différentes structures l'après-midi 6

APRÈS MIDI 6								
	1H		2H		3H		4H	
E1								
E2								
E3								
E4	S23							
E5								
E6	S23							
E7	S23							
E8								
E9	S14							
E10			S14					

Pour réaliser les essais 1 et 2 qui ont lieu sur la structure 1 verticale, il est prévu 1h par élève avec un seul élève à la fois sur la structure.

Pour réaliser les essais 3 et 4 qui ont lieu sur la structure 2 horizontale, il est prévu 1h30 par élève avec 3 élèves à la fois sur la structure.

Les ordres de passages proposés ici sont pour le premier tour. En effet, les élèves doivent réaliser au moins deux fois tous les essais qu'ils vont réaliser pour la répétabilité des expérimentations.

Un deuxième ordre de passage doit donc être établi pour le deuxième tour d'essais.

Section 5. Résultats attendus

5.1 Coulisseaux/Enrouleur-dérouleur

Parmi les équipements proposés, les coulisseaux AltoChute (KOMET, France) et AltoChute modifié ADP devraient être les équipements les moins appréciés des travailleurs. Ils sont assez long à mettre en place et demandent une action continue de la part du travailleur au cours de la montée. Ils devraient être classés comme étant les équipements les plus actifs des quatre.

Le coulisseau Blocmax et l'enrouleur-dérouleur devraient être assez similaires au niveau de l'activité. Seul le ressenti des travailleurs eux-mêmes permettra de les classer.

Le classement attendu pour les coulisseaux/enrouleur-dérouleur devrait être du type :

$$\text{AltoChute KOMET} \geq \text{AltoChute modifié ADP} > \text{Blocmax} \geq \text{Enrouleur-dérouleur}$$

L'AltoChute KOMET étant le plus actif et l'enrouleur-dérouleur le plus passif.

Ce classement attendu est inversement proportionnel aux nombres de geste, au temps pris pour la mise en place mais il est aussi directement proportionnel à la fluidité de l'équipement lors de la montée.

5.2 Harnais

Concernant les harnais, le harnais combiné avec les boucles rapides devrait être le plus facile à ajuster alors que le harnais avec les boucles en ardillons est moins « précis » pour l'ajustement. En effet, pour les boucles en ardillons, les trous sont prédéfinis ce qui ne permet pas forcément un ajustement adéquat.

Pour le harnais non combiné, il est possible que la ceinture rajoutée vienne jouer sur le dérèglement des harnais.

Le harnais ne demandant aucune intervention au cours de la tâche de la part de son Travailleur serait alors le plus passif.

Une meilleure définition du concept actif/passif pourra ainsi être proposée. Les résultats ainsi obtenus permettront de mettre en place une échelle permettant d'évaluer le caractère passif/actif des équipements de protection pour les travaux en hauteur et d'avoir un premier ressenti des travailleurs vis-à-vis de ce concept d'actif/passif. La combinaison d'équipements proposée sera la mieux adaptée aux travaux des monteurs de charpente. Elle devrait faciliter leur travail tout en restant sécuritaire. Est-ce que cette échelle sera généralisable à l'ensemble des équipements de protection ?

BIBLIOGRAPHIE

- Arteau, Jean. 2005. *Examen visuel et fonctionnel d'un coulisseau FP541 de Noth Safety Products*. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec CSST, 39 p.
- Arteau, Jean, Yves Beauchamp, J.-F. Arcand et M. Brosseau. 1997. « Testing a Wood Pole Fall Arrest System Using an Evaluation Methodology with Ergonomic and Engineering Criteria ». In. (Vancouver, 20-24 April 1997), p. 19.
- Arteau, Jean, Yves Beauchamp, Laetitia Labranche, Yvan Petit, Olivier Lajoie, Mariko Dubuc-Quevillon et Pascal Venne. 2007a. *Choix d'un système d'arrêt de chute et de positionnement pour les poseurs d'acier d'armature (ferrailleurs)*. Papier. Montréal: École de technologie supérieure, 77 p.
- Arteau, Jean, Yves Beauchamp, Ian Langlais et Frédéric Vachon. 2001. « Une série de protocoles expérimentaux relatifs à la sélection d'un harnais complet pour élagueurs ». In. Vol. 4, p. 333-337.
- Arteau, Jean, Yves Beauchamp, Ian Langlais et Frédéric Vachon. 2007b. *Travail en hauteur et protection contre les chutes pour les élagueurs*. Papier. Coll. « Études et recherches », R-505. Montréal: IRSST, 133 p.
- Arteau, Jean, et Alyssa Brigaud. 2014. « Users' work area as entry point for selecting fall arrest systems ». In. GfA (Germany).
- Arteau, Jean, et A Lan. 1993. « Les câbles de secours horizontaux analysés sous l'angle de l'efficacité, de la fiabilité et du confort (Horizontal lifelines analyzed with efficiency, reliability and comfort criteria) ».
- Beauchamp, Yves, M. Brosseau et Jean Arteau. 1995. « Évaluation d'une ceinture de monteur de lignes munie d'une courroie rétractable antichute ». In. (Québec, 23-25 octobre 1995).
- Beauchamp, Yves, Marc Thomas, Jean Arteau et Denis Marchand. 1997. *Étude sur la "grimpabilité" des poteaux de bois dans le cadre de l'entente conjointe Hydro-Québec et Bell Canada*. Papier. Coll. « Études et recherches », R-164. Montréal: IRSST, 87 p.
- CSA. 2005a. *Absorbeurs d'énergie et cordons d'assujettissement*. Norme nationale du Canada, Z259.11-05. Mississauga (Ont.): Canadian Standards Association, 38 p.
- CSA. 2005b. *Ceintures de travail et selles pour le maintien en position de travail et pour la limitation du déplacement*. Norme nationale du Canada papier, Z259.1-05.

- Mississauga (Ont.): Association canadienne de normalisation, 27 p. Consulté le 13 août 2014.
- CSA. 2009. *Conception de systèmes actifs de protection contre les chutes*. Z259.16-04. Mississauga (Ont.): Association canadienne de normalisation, 42 p.
- CSA. 2012. *Harnais de sécurité*. Norme nationale du Canada en ligne, Z259.10-12. Etobicoke (Ont.): Association canadienne de normalisation, 32 p.
- CSST, et IRSST (Eds). 2008. *Sécurité des machines: prévention des phénomènes dangereux d'origine mécanique*. brochure. CSST, 69 p.
- Desjardins-David, Isabelle. 2010. « L'évaluation des équipements de protection individuelle utilisés en milieu de travail: considérations et méthodologie proposée ». Mémoire de maîtrise en génie version papier. Montréal, École de technologie supérieure, 189 p.
- Desjardins-David, Isabelle, et Jean Arteau. 2011. *Evaluation of personal protective equipment used for work: considerations and proposed methodology - the criteria to be checked* (Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft Chemnitz, Germany, 23-25 mars 2011). Livre.
- « Dichotomique ». In *Dictionnaire de français Larousse*. En ligne. < <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/dichotomique/25323> >. Consulté le 17 avril 2014.
- François, Véronique. 2012. « Note de cours MTR801 Chapitre 10: Plans expérimentaux et rétrospectifs ». 21 p.
- « Guide Miller: Conformité de sécurité dans les hauteurs ». 44 p. < <https://http://www.millerfallprotection.com/pdfs/french/Smart-Policy-MillerGuide-French.pdf> >. Consulté le 20 avril 2012.
- Kusy, Alain, et INRS. 2009. « Les équipement de protection individuelle de l'ouïe: Choix et utilisation ». En ligne. INRS. < <http://www.afim.asso.fr/SST/maladies/ed868.pdf> >. Consulté le 19 avril 2012.
- Le, Nguyen Thuy, Ahmed Adjadj, Sylvain Chaumette, Sébastien Bouchet et Valérie De Dianous. 2008. *Évaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (DCE DRA-73): Évaluation des Barrières Techniques de Sécurité-Ω 10*. En ligne. Coll. « Rapport d'étude », DRA-08-95403-01561B, 87 p. < http://www.ineris.fr/centredoc/Omega_10_Evaluation_BTS_v2_0908_web.pdf >. Consulté le 20 avril 2012.
- Québec (Province). 10 mai 2011. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*. Papier. Québec (Qué.): Éditeur officiel du Québec, 115 p.

- Québec (Province). À jour au 1er septembre 2014. *Loi sur la santé et la sécurité du travail*. Québec (Qué.): Éditeur officiel du Québec. < http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_1/S2_1.html >. Consulté le 23 septembre 2014.
- Renard, C., N. Humez, R. Diebolt et D. Di Vindenco. « Éléments à prendre en compte pour le choix d'un équipement de protection individuelle contre le bruit ». < http://www.laborenard.fr/media/pdf/POSTER_1.pdf >. Consulté le 19 avril 2012.
- Séguillon, Camille, et Jean Arteau. 2013. *Active-passive criteria as measurement of the users' interaction with PPE* (59. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Krefeld, Germany, 27 février-1er mars 2013). Livre. 911 p.
- Smith, Gordon S., et Mark A. Veazie. « Les principes de prévention: l'approche "santé publique" de la réduction du nombre des lésions corporelles sur le lieu de travail ». En ligne. < http://www.ilo.org/safework_bookshelf/french?content&nd=857170645 >. Consulté le 20 avril 2012.
- Union européenne. 1989. *Directive du conseil concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux équipements de protection individuelle (89/686/CEE)*. 19 p. < <http://www.inpp.org/fr/pdf/legislation/directive89-686ce.pdf> >. Consulté le 11 juin 2014.
- Wikipédia. 2014a. « Analyse de la variance ». In *Wikipédia L'encyclopédie libre*. < http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_de_la_variance_-_Table_d.27ANOVA >. Consulté le 20 mai 2014.
- Wikipédia. 2014b. « Entretien semi-directif ». In *Wikipédia L'encyclopédie libre*. < http://fr.wikipedia.org/wiki/Entretien_semi-directif >. Consulté le 20 mai 2014.
- Wiktionary. 2014. « actif ». In *Wiktionnaire Le dictionnaire libre*. En ligne. < <http://fr.wiktionary.org/wiki/actif> >. Consulté le 20 avril 2012.

