



Équipements de protection

# Études et recherches

■ RAPPORT R-505



## Travail en hauteur et protection contre les chutes pour les élagueurs

*Jean Arteau  
Yves Beauchamp  
Ian Langlais  
Frédéric Vachon*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

## NOS RECHERCHES

*travaillent pour vous !*

### Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

### Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

### Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales  
2007  
ISBN : 978-2-89631-145-3 (version imprimée)  
ISBN : 978-2-89631-146-0 (PDF)  
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications  
505, boul. De Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : 514 288-1551  
Télécopieur : 514 288-7636  
[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
Institut de recherche Robert-Sauvé  
en santé et en sécurité du travail,  
juillet 2007



Équipements de protection

# Études et recherches

■ RAPPORT R-505

## Travail en hauteur et protection contre les chutes pour les élagueurs

### Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Jean Arteau<sup>1</sup>, Yves Beauchamp<sup>1</sup>, Ian Langlais<sup>2</sup> et Frédéric Vachon<sup>1</sup>*

*Avec la collaboration de Laetitia Labranche<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Département de génie mécanique, École de technologie supérieure*

*<sup>2</sup>Société internationale d'arboriculture du Québec*



Cette publication est disponible  
en version PDF  
sur le site Web de l'IRSST.

**CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST**

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document  
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

## SOMMAIRE

### **Problématique de santé et sécurité du travail et objectifs spécifiques :**

Les élagueurs effectuent les travaux d'entretien des arbres. Leurs principales tâches sont l'émondage, l'élagage et l'abattage. Les méthodes d'accès à l'arbre sont les nacelles, les échelles, les grimpettes lors de l'abattage et les cordes. Les principaux risques sont les coupures par la scie à chaîne, les chutes de hauteur, la surdité, l'électrocution et les maux de dos. Les principaux employeurs sont les municipalités, les entreprises de distribution d'électricité (Hydro-Québec, Hydro-Sherbrooke, Hydro-Joliette, etc.) et les entreprises d'arboriculture qui sont souvent sous-traitantes des premières. Les travailleurs sont regroupés au sein de syndicats, généralement le SCFP dans les municipalités et chez Hydro-Québec (local 1500) et de la FTQ construction (local 1676) pour les travailleurs des entrepreneurs privés. Les risques liés aux chutes sont toujours présents lorsqu'on travaille dans un arbre. La réglementation est très claire à ce sujet : il y a obligation de protection pour tout travailleur exposé à une chute de plus de trois mètres. Les équipements de protection ont considérablement évolué en diversité et en qualité depuis les cinq dernières années; il est donc permis de croire que des solutions sont possibles. Les entreprises d'arboriculture ont un taux de cotisation de 20,60 \$ (1999), alors que le taux de cotisation moyen au Québec en 1998 est de 2,47 \$, celui du forage à forfait dans les mines de 16,46 \$ et celui du montage de charpentes métalliques de 30,18 \$. Le taux de cotisation illustre la très forte incidence des lésions professionnelles en arboriculture.

L'objectif du projet de recherche est de réduire les risques de chutes en revoyant les méthodes de travail et les équipements de positionnement pour augmenter la protection contre les chutes de hauteur.

### **Méthode :**

Dans le cadre de cette étude, des évaluations expérimentales ont été effectuées pour mesurer l'efficacité, la fiabilité et la convivialité de plusieurs types de systèmes individuels de positionnement et de protection contre les chutes. L'efficacité et la fiabilité ont été évaluées par des essais mécaniques en laboratoire. Les évaluations de la convivialité ont été effectuées essentiellement dans un environnement contrôlé, vraisemblablement dans des boisés urbains et des parcs de la région de Montréal. Plus particulièrement, il s'agissait d'évaluer la perception psychophysique (niveau de l'effort occasionné, niveau de mobilité et niveau de sécurité globale de l'activité), les réactions physiologiques (rythme cardiaque) des élagueurs et l'activité musculaire des principaux muscles impliqués. Des arbres avec des architectures typiques ont été utilisés.

### **Résultats – grandes lignes :**

Un harnais adapté au travail des élagueurs a été identifié; une fiche technique le décrivant a été produite. Ce harnais possède des cuissardes et plusieurs points d'attache frontale à la hauteur du bassin. Une attache dorsale est présente pour le travail à la nacelle et le sauvetage.

Les différents systèmes d'accès à l'arbre ont été examinés pour identifier le plus approprié selon le travail dans l'arbre et l'architecture de l'arbre. L'efficacité, soit la capacité d'arrêter une chute ou de réduire les forces maximums d'arrêt, a été évaluée par des essais mécaniques conformes aux normes CSA en protection contre les chutes. Par la suite, les systèmes qui ont rencontré les exigences des normes ont été évalués par des élagueurs en situations de travail simulées. Les

perceptions des élagueurs ont été recueillies autour de critères comme la sécurité, le confort, la nuisance, l'appréciation globale, etc. Ainsi, les évaluations ont permis de classer les systèmes par ordre de pertinence pour une situation donnée.

Enfin, le niveau de protection antichute selon les situations et les systèmes est discuté. Cette discussion met en lumière l'amélioration significative de la protection contre les chutes.

L'utilisation de nœuds de type Prussik est courante en élagage. Les essais qui ont été réalisés dans cette étude l'ont été sur des cordes neuves avec des nœuds correctement faits. Pour déterminer la fiabilité de ces techniques, il est recommandé de faire des essais sur des nœuds trop serrés, correctement serrés et lâches et de faire des essais sur des cordes usagées.

### **Résultats – résumé :**

#### Nacelle :

Le lien de retenue actuel est perçu comme étant le plus sécuritaire et un des plus confortables. Par ailleurs, un lien de longueur fixe crée fréquemment un mou suffisant pour que le lien interfère avec d'autres équipements. L'enrouleur-dérouleur installé à la ceinture du harnais semble être le meilleur compromis entre le confort et la sécurité à offrir au travailleur puisque ce système n'est pas en conflit avec les boyaux hydrauliques et la nacelle tout en offrant une mobilité plus grande que le lien de retenue actuel.

#### Harnais :

Les bretelles d'un harnais ne sont une source d'inconfort puisque le confort au niveau des épaules ne démontrait pas de différence significative entre le port des bretelles croisées élastiques par rapport aux deux ceintures qui ne possédaient pas de bretelles.

Au niveau des hanches, le port de cuissards permet une plus grande liberté de mouvement des membres inférieurs tout en donnant un bon support durant les suspensions en corde. De plus, les cuissards ne s'avèrent pas accrochants dans les branches et sont légers.

Les appréciations demeurent toujours positives pour l'utilisation d'un harnais complet tant pour les élagueurs expérimentés avec un harnais que les novices.

Si une sangle extensible est disponible, il est préférable de demeurer avec la configuration la plus simple possible (croisée) et le matériau extensible.

#### Essais mécaniques :

Tous les nœuds de corde ont arrêté la chute d'une masse de 100 kg lorsque testés comme un coulisseau selon la norme CSA-Z259.2.1-1998. Cependant, la validité des résultats des nœuds se limite à une corde neuve de même diamètre, de même état, avec des nœuds exécutés et serrés correctement par un spécialiste.

Dans les « nœuds » mécaniques, le I'D offre une résistance résiduelle acceptable. Sa conception est telle que peu importe les mouvements intempestifs de panique (positions extrêmes des 2 côtés, relâchement du système) de l'utilisateur, il bloque la corde. À cause de cette caractéristique, le I'D est recommandé.

Le protège-cambium (friction saver) avec absorbeur d'énergie a montré une réduction de la force maximum d'arrêt de 50 %. Ce produit en développement lors des essais montre donc tout le

potentiel de réduction de la force maximum d'arrêt, force qui est supportée par l'élagueur et la fourche d'ancrage.

Les dispositifs étrangleurs faits à partir d'un protège-cambium et d'autres équipements d'élagage ont montré une performance comparable au Pole Chocker lorsque testé dans les mêmes conditions. Le Pole Chocker est certifié en vertu de la norme CAN/CSA-Z259.14.01.

### Systemes et méthodes d'accès à l'arbre et de travail dans l'arbre :

Lors d'une *ascension avec l'aide du tronc*, les résultats démontrent une préférence marquée des systèmes mécaniques par rapport aux nœuds conventionnels. Cette préférence s'explique par le peu de friction des systèmes mécaniques avec la corde lors des mouvements d'ascension.

Lorsque l'*ascension se fait de manière libre*, la technique utilisant les membres inférieurs (footlock) est préférée aux niveaux de la pénibilité et de l'appréciation globale.

Durant une longue ascension, les travailleurs disent unanimement que l'utilisation d'un système mécanique est plus efficace qu'un nœud de corde. Cependant, la majorité des travailleurs affirment que ces types de systèmes ne sont pas adaptés aux travaux de tous les jours et que leurs utilisations se limitent seulement à de longues ascensions.

Pour une *ascension faite dans la ramure et avec le système préinstallé*, l'introduction du ID comme équipement de travail demandera une démonstration de sa fiabilité aux travailleurs parce que ce système était perçu moins sécuritaire probablement parce qu'il est nouveau et qu'il est opéré par une deuxième personne, bien qu'il bloque la corde peu importe la réaction de l'opérateur (fail safe). Certains systèmes mécaniques sont très appréciés pour la montée, mais craints pour la descente en raison du peu de contrôle. Ainsi, les systèmes à nœud demeurent peut-être la meilleure solution.

Les essais d'*ascensions avec l'aide de la ramure* ont démontré qu'un nœud de corde était aussi, sinon plus, apprécié et perçu plus sécuritaire qu'un système mécanique. Un nœud à deux points d'ancrage est intéressant puisque le nœud ne doit pas être défait à chaque franchissement d'obstacle.

Les commentaires des travailleurs nous démontrent une appréciation de la *poulie tendeur* pour les installations à deux points d'ancrage tels le nœud Blake et le nœud Distel.

L'appréciation globale des différents systèmes lors du *travail à l'éperon* démontre une préférence pour le système I'D, car le contrôle du système de protection contre les chutes est assuré par un collègue au sol permettant au travailleur de se concentrer pleinement sur son ascension ou son travail à exécuter.

Le système de type « Gri Gri » n'est pas recommandé puisque ce système est principalement destiné à un usage récréatif comparativement au système I'D. De plus, les essais mécaniques ont montré la supériorité du I'D.

### Protection contre les chutes : positionnement et arrêt de chute

L'objectif du projet de recherche est de réduire les risques de chutes en revoyant les méthodes de travail et les équipements de positionnement pour augmenter la protection contre les chutes de hauteur.

*Ascension au footlock :*

Bien que la corde d'ascension soit unique sans qu'une deuxième corde offre la protection contre les chutes (arrêt de chute), le risque de défaillance est très peu probable et même si un glissement des pieds avec un relâchement des mains simultanément survient, les forces sont très faibles. Permettre l'utilisation d'une corde unique lors de l'ascension au footlock est une exemption semblable à celle accordée aux monteurs de lignes de transport d'énergie dans le Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6, a 2.10.12 (6)). Une fois que l'élagueur a accédé à l'arbre au footlock, une deuxième corde d'ascension devrait être installée dans une deuxième fourche avec son protège-cambium absorbant d'énergie. Cette deuxième corde servirait en situation d'urgence pour secourir un élagueur suspendu dans l'arbre.

*Déplacements dans la ramure de l'arbre :*

Si les branches sont rapprochées, l'élagueur utilise ses deux mains et ses deux pieds pour grimper d'une façon semblable à grimper une échelle. Si la structure de l'arbre est moins dense, par exemple un feuillu urbain, l'élagueur utilise alors la corde d'ascension. Elle devient alors une corde antichute (arrêt de chute).

*Travail dans l'arbre :*

Le travail dans l'arbre nécessite l'utilisation d'objets tranchants comme l'émondoir, la scie, la scie mécanique (la scie à chaîne), etc. L'utilisation de deux cordes devient nécessaire, par exemple, la corde d'ascension et la corde de travail ou longe ajustable. Une corde remplit la fonction de positionnement et une autre corde, la fonction d'arrêt de chute; la redondance nécessaire est assurée. La fonction de chaque corde change selon la posture, mais en tout temps une corde assure le positionnement et une autre corde, l'arrêt de chute; la protection contre les chutes est toujours assurée.

*Grimpage à l'éperon :*

Les systèmes de positionnement auxquels est greffé un étrangleur qui se referme automatiquement autour de l'arbre s'il y a une chute, offrent une protection équivalente à celle offerte aux monteurs de lignes sur poteaux de bois qui utilisent son équipement conforme à la norme CAN/CSA-Z259.14-01. Les équipements qui utilisent une corde d'ascension et un bloqueur I'D avec un 2<sup>e</sup> élagueur au sol, offrent une protection complète, car la corde et le I'D sont un système d'arrêt de chute indépendant du positionnement assuré par les mains et les grimpettes (éperons) de l'élagueur.

*Travail à l'éperon :*

Lorsque l'élagueur utilise un outil tranchant, deux cordes doivent être utilisées. Un premier système par exemple, assure le positionnement; un deuxième système, sous le premier, assure la redondance, les deux possèdent un étrangleur, advenant que le premier soit coupé, le deuxième maintient l'élagueur.



## TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	i
LISTE DES FIGURES .....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
1. Contexte .....	1
2. Problématique SST .....	2
2.1 Efforts du milieu .....	2
2.2 Données statistiques sur les accidents.....	2
3. État des connaissances .....	4
3.1 L'élagage.....	4
3.2 La protection contre les chutes de hauteur.....	4
4. Objectifs .....	6
5. Méthodologie .....	7
5.1 Partenaires.....	8
5.2 Sujets.....	8
5.3 Synopsis .....	8
5.4 Mesure de l'efficacité et de la fiabilité : résistance mécanique.....	9
5.5 La mesure de la perception psychophysique .....	9
5.6 Appréciation des sujets sur les variables dépendantes.....	9
5.7 Classement par rang.....	11
5.8 Contrôle de la fatigue.....	11
5.9 Compilation des résultats .....	11
5.10 Déroulement.....	12
6. Le point d'ancrage dans une nacelle .....	13
6.1 Objectif .....	13
6.2 Sujets.....	13
6.3 Variables .....	13
6.4 Liens de retenue .....	13
6.5 Tâches .....	14
6.6 Résultats.....	14
6.7 Discussion.....	17
6.8 Conclusion .....	18
7. Le harnais.....	19
7.1 Configuration des bretelles .....	19
7.1.1 Objectif .....	19
7.1.2 Sujets.....	19
7.1.3 Variables .....	19
7.1.4 Configuration des bretelles .....	20
7.1.5 Tâches .....	20
7.1.6 Résultats.....	20
7.1.7 Discussion.....	25

7.2	Travail à la nacelle .....	26
7.2.1	Objectif .....	26
7.2.2	Sujets.....	26
7.2.3	Variables .....	26
7.2.4	Configuration des harnais .....	26
7.2.5	Tâches .....	27
7.2.6	Résultats.....	27
7.2.7	Discussion.....	29
7.2.8	Conclusion .....	30
7.3	Travail aux cordes et à l'éperon.....	30
7.3.1	Objectif .....	30
7.3.2	Sujets.....	30
7.3.3	Variables .....	30
7.3.4	Configurations des harnais.....	30
7.3.5	Tâches .....	31
7.3.6	Résultats.....	32
7.3.6.1	Résultats du travail à la corde .....	32
7.3.6.2	Résultat du travail avec éperon.....	34
7.3.7	Discussion.....	36
7.3.7.1	Discussion pour le travail à la corde .....	36
7.3.7.2	Discussion pour le travail à l'éperon .....	37
7.4	Travail avec charge.....	37
7.4.1	Objectifs.....	37
7.4.2	Sujets.....	38
7.4.3	Variables .....	38
7.4.4	Configuration des harnais et ceinture .....	38
7.4.5	Tâches .....	38
7.4.6	Résultats.....	39
7.4.7	Discussion.....	41
7.5	Vérification à long terme du harnais optimal .....	42
7.5.1	Objectif .....	42
7.5.2	Sujets.....	42
7.5.3	Consignes et déroulement .....	42
7.5.4	Résultats et discussion .....	43
7.5.4.1	Travailleur type selon les variables extrinsèques les plus fréquentes.....	44
7.6	Conclusion sur les harnais .....	45
7.7	Fiche technique du harnais.....	46
8.	Efficacité de différents systèmes d'assurance.....	49
8.1	Contexte .....	49
8.2	Objectif .....	49
8.3	Les systèmes .....	49
8.3.1	Les nœuds et dispositifs de l'arrêt de chute .....	49
8.3.2	Les systèmes d'ascension .....	50
8.3.3	Les étranglements .....	51
8.3.4	Les protège-cambium.....	51
8.4	Variables mesurées lors des essais.....	52

8.4.1	Forces maximales lors de l'impact .....	52
8.4.2	Glissement lors de l'impact .....	53
8.4.3	Glissement sous la force résiduelle.....	53
8.4.4	Étrangleurs .....	53
8.5	Résultats.....	54
8.6	Discussion.....	58
8.7	Conclusion sur les tests mécaniques.....	58
8.8	Recommandations.....	59
9.	Convivialité des systèmes.....	60
9.1	Objectif .....	60
9.2	Systèmes .....	60
9.3	Ascension à l'aide du tronc.....	61
9.3.1	Objectif .....	61
9.3.2	Sujets.....	62
9.3.3	Variables .....	62
9.3.4	Systèmes d'assurance utilisés .....	62
9.3.5	Tâches .....	62
9.3.6	Résultats.....	63
9.3.7	Discussion.....	63
9.4	Ascension sur corde .....	64
9.4.1	Objectif .....	64
9.4.2	Sujets.....	64
9.4.3	Variables .....	64
9.4.4	Systèmes d'assurance utilisés .....	65
9.4.5	Tâches .....	65
9.4.6	Résultats.....	66
9.4.7	Discussion.....	69
9.5	Système préinstallé .....	69
9.5.1	Objectif .....	69
9.5.2	Sujets.....	69
9.5.3	Variables .....	69
9.5.4	Systèmes d'assurance utilisés .....	70
9.5.5	Tâches .....	70
9.5.6	Résultats.....	70
9.5.7	Discussion.....	73
9.6	Ascension avec l'aide de la ramure .....	74
9.6.1	Objectif .....	74
9.6.2	Sujets.....	74
9.6.3	Variables .....	75
9.6.4	Systèmes d'assurance utilisés .....	75
9.6.5	Tâches .....	75
9.6.6	Résultats.....	76
9.6.7	Discussion.....	77
9.7	Déplacement – Travail – Descente dans un arbre.....	78
9.7.1	Objectif .....	78
9.7.2	Sujets.....	78

9.7.3	Variables .....	78
9.7.4	Systèmes d'assurance utilisés .....	78
9.7.5	Tâches .....	78
9.7.6	Résultats .....	79
9.7.7	Discussion .....	80
9.8	Travail à l'éperon .....	81
9.8.1	Objectif .....	81
9.8.2	Sujets .....	81
9.8.3	Variables .....	81
9.8.4	Systèmes d'assurance utilisés .....	81
9.8.5	Tâches .....	81
9.8.6	Résultats .....	82
9.8.7	Discussion .....	83
9.9	Conclusion .....	84
10.	Discussion synthèse .....	86
10.1	Présentation .....	86
10.2	Systèmes de positionnement et d'arrêt de chute .....	86
10.3	Les classes .....	86
10.4	Définitions .....	87
10.5	Un exemple synthèse : l'échafaudage volant .....	90
10.6	La ceinture de positionnement n'est pas un système d'arrêt de chute .....	92
10.7	Difficultés de compréhension .....	93
10.8	Analyse .....	94
10.8.1	La question .....	94
10.8.2	Ascension au « footlock » .....	94
10.8.3	Déplacements dans l'arbre .....	95
10.8.4	Travail dans l'arbre .....	96
10.8.5	Grimpage à l'éperon .....	97
10.8.6	Travail à l'éperon .....	98
11.	Résumé des principales conclusions .....	99
12.	Recommandations .....	102
	RÉFÉRENCES .....	103
	Annexe 1 : Tableaux relatifs aux figures statistiques .....	106
	Annexe 2 : Commentaires des travailleurs .....	112
	Annexe 3 : Essais mécaniques détaillés .....	117
	Annexe 4 : Descriptions détaillées des systèmes .....	124
	Annexe 5 : Diffusion des résultats et transfert des connaissances .....	132

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple d'une échelle visuelle analogue .....	9
Figure 2 : Exemple d'une échelle visuelle analogue inspirée de l'échelle de Borg (1970).....	11
Figure 3 : Appréciation globale des différents types de liens de retenue selon la position du mât .....	15
Figure 4 : Classement par rang selon le confort pour les différents types de liens.....	16
Figure 5 : Classement par rang selon le sentiment de sécurité pour les différents types de liens	17
Figure 6 : Appréciation globale des matériaux des bretelles en fonction des tâches (interaction Tâche X Matériaux) .....	21
Figure 7 : Appréciation globale des deux types de matériau pour les bretelles.....	22
Figure 8 : Appréciation globale de la configuration des bretelles en fonction des tâches (interaction Tâche X Configurations) .....	23
Figure 9 : Appréciation globale des deux types de configurations pour les bretelles.....	24
Figure 10 : Rangs moyens des harnais pour la configuration des bretelles .....	25
Figure 11 : Appréciation globale des harnais pour le travail à la nacelle selon les 4 tâches (interaction Tâche X Harnais).....	28
Figure 12 : Classements par rang des harnais pour le travail à la nacelle .....	29
Figure 13 : Harnais AD lors de l'évacuation de la nacelle .....	29
Figure 14 : Circuit lors du travail à la corde .....	31
Figure 15 : Circuit lors du travail à l'éperon.....	31
Figure 16 : Installation de la corde avec deux points d'attache .....	32
Figure 17 : Passage d'obstacle avec éperon.....	32
Figure 18 : Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail à la corde .....	33
Figure 19 : Classement moyen par rang des ceintures et harnais pour le travail à la corde .....	34
Figure 20 : Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail à l'éperon.....	35
Figure 21 : Classement moyen par rang des ceintures et harnais pour le travail à l'éperon.....	36
Figure 22 : Déplacements latéraux des sujets .....	36
Figure 23 : Rebords latéraux du support sous-fessier.....	36
Figure 24 : Noeud de Blake en double.....	39
Figure 25 : Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail avec charge.....	40
Figure 26 : Rang moyen des harnais et ceinture pour le travail avec charge.....	41
Figure 27 : Cotes moyennes des deux groupes de travailleurs sur différentes variables dépendantes pour la vérification à long terme du harnais optimisé.....	44
Figure 28 : Dispositif de quantification des forces .....	52
Figure 29 : Système d'évaluation des protège-cambium.....	53
Figure 30 : Mesure du glissement du nœud et système mécanique.....	53
Figure 31 : Système Mimona en position d'arrêt « coinçage » .....	58
Figure 32 : Technique d'ascension avec l'aide du tronc.....	63
Figure 33 : Rangs moyens de la convivialité des différents systèmes – ascension avec l'aide du tronc .....	63
Figure 34 : Technique d'ascension sans l'aide du tronc .....	65
Figure 35 : Utilisation des membres inférieurs lors de la technique <i>footlock</i> .....	66
Figure 36 : Appréciation globale des systèmes pour différentes techniques d'ascension .....	66
Figure 37 : Pénibilité des deux techniques d'ascension utilisées .....	67

Figure 38 : Appréciation globale des systèmes selon la technique d'ascension utilisée .....	67
Figure 39 : Facilité d'utilisation des systèmes selon les types d'installations pour différentes techniques d'ascension.....	68
Figure 40 : Sentiment de sécurité des types d'installations pour différentes techniques d'ascension.....	68
Figure 41 : Sentiment de sécurité des systèmes avec corde préinstallée .....	71
Figure 42 : Pénibilité des systèmes avec corde préinstallée .....	71
Figure 43 : Facilité d'utilisation des systèmes en fonction des différentes compositions avec corde préinstallée .....	72
Figure 44 : Pénibilité des systèmes en fonction des différentes compositions avec corde préinstallée .....	72
Figure 45 : Pénibilité des systèmes par rapport aux différents ancrages avec corde préinstallée .....	73
Figure 46 : Appréciation globale des systèmes par rapport à l'utilisation d'une poulie avec corde préinstallée .....	73
Figure 47 : Appréciation globale des différents systèmes lors d'ascension avec la ramure.....	76
Figure 48 : Appréciation globale des systèmes selon leur type d'attache lors d'ascension avec la ramure .....	77
Figure 49 : Appréciation globale des systèmes lors des déplacements à la corde.....	79
Figure 50 : Appréciation globale des systèmes en fonction du type d'attache pour le travail dans un arbre .....	80
Figure 51 : Appréciation globale des systèmes en fonction du port d'une poulie tendeur pour le travail dans un arbre.....	80
Figure 52 : Appréciation globale des différents systèmes lors du travail à l'éperon.....	82
Figure 53 : Système individuel d'arrêt de chute.....	87
Figure 54 : La plate-forme et ses deux câbles de suspension constituent un système de positionnement.....	91
Figure 55 : Le garde-corps empêche la chute de la plate-forme vers le sol.....	91
Figure 56 : Le système d'arrêt de chute (harnais, absorbeur, longe, coulisseau, corde d'assurance verticale et ancrage) arrêtera la chute s'il y a faillite du système de positionnement. ....	91
Figure 57 : Travail à l'éperon.....	98

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Partenaires et rôles dans le projet.....	8
Tableau 2 : Sujets pour le choix du point d’ancrage dans une nacelle .....	13
Tableau 3 : Liens et points d’ancrage .....	13
Tableau 4 : Tâches pour le choix du point d’ancrage .....	14
Tableau 5 : Sujets pour la configuration des bretelles .....	19
Tableau 6 : Harnais pour la configuration des bretelles .....	20
Tableau 7 : Tâches pour la configuration des bretelles.....	20
Tableau 8 : Sujets pour le travail à la nacelle .....	26
Tableau 9 : Harnais pour le travail à la nacelle.....	27
Tableau 10 : Tâches pour le travail à la nacelle.....	27
Tableau 11 : Sujets pour le travail aux cordes et à l’éperon .....	30
Tableau 12 : Harnais et ceintures pour le travail aux cordes et à l’éperon .....	31
Tableau 13 : Confort des épaules et des hanches des ceintures et harnais pour le travail à la corde .....	33
Tableau 14 : Sujets pour le travail avec charge .....	38
Tableau 15 : Configurations de la ceinture et des harnais pour le travail avec charge.....	38
Tableau 16 : Travailleur type.....	45
Tableau 17 : Cotations moyennes pour chacune des variables dépendantes selon un travailleur type.....	45
Tableau 18 : Descriptions et illustrations des différents nœuds et dispositifs de l’arrêt de chute	50
Tableau 19 : Descriptions et illustrations des différents systèmes d’ascension.....	51
Tableau 20 : Descriptions et illustrations des différents systèmes d’étranglement .....	51
Tableau 21 : Descriptions et illustrations des différents protège-cambium.....	52
Tableau 22 : Codes et conditions d’essais pour tests mécaniques .....	54
Tableau 23 : Résultats essais mécaniques - Partie A .....	54
Tableau 24 : Résultats essais mécaniques - Partie B .....	55
Tableau 25 : Résultats essais mécaniques - Partie C .....	55
Tableau 26 : Résultats essais mécaniques - Partie D1 .....	56
Tableau 27 : Résultats essais mécaniques - Partie D2 .....	56
Tableau 28 : Résultats essais mécaniques - Partie E.....	57
Tableau 29 : Résultats essais mécaniques - Partie F.....	57
Tableau 30 : Systèmes utilisés lors des protocoles expérimentaux sur leur convivialité - Codification.....	60
Tableau 31 : Sujets pour la convivialité des systèmes – ascension avec l’aide du tronc.....	62
Tableau 32 : Description des différents systèmes utilisés lors d’ascension avec l’aide du tronc.	62
Tableau 33 : Sujets pour la convivialité des systèmes – technique d’ascension .....	64
Tableau 34 : Descriptions des différents systèmes et techniques utilisés.....	65
Tableau 35 : Sujets pour la convivialité des systèmes – corde préinstallée.....	69
Tableau 36 : Description des différents systèmes utilisés lors d’ascension avec corde préinstallée .....	70
Tableau 37 : Sujets pour la convivialité des systèmes – ascension avec l’aide de la ramure.....	74
Tableau 38 : Description des différents systèmes utilisés lors d’ascension avec l’aide de la ramure .....	75

Tableau 39 : Sujets pour la convivialité des systèmes – travail dans un arbre .....	78
Tableau 40 : Systèmes utilisés lors du travail dans un arbre .....	78
Tableau 41 : Sujets pour la convivialité des systèmes– travail à l'éperon.....	81
Tableau 42 : Descriptions des différents systèmes utilisés lors d'ascension et descente à l'éperon .....	81
Tableau 43 : Classement par rangs pour chacun des systèmes pour le travail à l'éperon .....	82
Tableau 44 : Classification des systèmes relatifs au travail en hauteur .....	89
Tableau 45 : Équipements pour le grimpage à l'éperon .....	97



## 1. CONTEXTE

Les élagueurs effectuent les travaux d'entretien des arbres. Leurs principales tâches sont l'émondage, coupe des tiges herbacées, l'élagage, coupe des tiges lignifiées et l'abattage, coupe complète de l'arbre.

Les outils de coupes sont la scie à chaîne d'arboriculteur, la scie d'élagage (égoïne) et l'émondoir. Les équipements ou les méthodes d'accès à l'arbre sont les nacelles, les échelles, les grimpettes (éperons) lors de l'abattage et les cordes. L'accès aux arbres est effectué avec une nacelle à mât articulé ayant des propriétés diélectriques particulières lorsque l'arbre est près d'une voie carrossable et que la hauteur de l'arbre est inférieure à la hauteur de la nacelle à mât articulé soit 15 m à 20 m (45 à 65 pieds). Pour les arbres de faible hauteur et lorsque les branches sont suffisamment basses, l'échelle est utilisée. Les grimpettes sont utilisées lors de l'abattage seulement. Les cordes sont utilisées dans les autres cas.

Les principaux risques sont les coupures par la scie à chaîne, les chutes de hauteur, la surdité et l'électrocution. Il faut noter que la scie mécanique d'arboriculteur a une poignée plus courte, est plus susceptible de générer un recul (kick-back) et donc plus dangereuse. Les principaux employeurs sont les municipalités, les entreprises de distribution d'électricité (Hydro-Québec, Hydro-Sherbrooke, Hydro-Joliette, etc.) et les entreprises d'arboriculture qui sont souvent sous-traitantes des premières. Les travailleurs sont regroupés au sein de syndicats, généralement le SCFP (Syndicat canadien de la fonction publique) dans les municipalités et chez Hydro-Québec (local 1500), la FPOE-FTQ (Fraternité provinciale des ouvriers en électricité - Fédération des travailleurs du Québec) local 1676 pour les travailleurs des entrepreneurs privés.

## 2. PROBLÉMATIQUE SST

### 2.1 Efforts du milieu

Les travailleurs et les employeurs en élagage sont conscients des risques énumérés à la section précédente.

Hydro-Québec de la région Laurentides secteur Lanaudière et le local 1500 du SCFP avaient entrepris en 1995 avec la collaboration de l'IRSST, une analyse et une révision des méthodes de travail en hauteur des élagueurs; ces travaux ont été arrêtés à cause de changements de priorité survenus chez Hydro-Québec.

La Société internationale d'arboriculture impose des exigences de plus en plus élevées sur la protection contre les chutes lors des compétitions internationales, afin de faire la promotion de la protection contre la chute et des nouvelles techniques de grimpage.

L'École forestière de Duchesnay de la Commission scolaire de la Jeune-Lorette a refait un manuel de formation des élagueurs en y augmentant le contenu sur la protection contre les chutes à partir du document « *Pourquoi des harnais et des absorbeurs d'énergie en protection contre les chutes de hauteur* » (Arteau 1997). Ceci démontre une grande préoccupation face aux risques de chute.

La Ville de Montréal et le syndicat des cols bleus, le SCFP local 301, conscients des risques inhérents au travail des élagueurs, ont demandé à l'IRSST de se joindre à un groupe de travail afin de revoir les méthodes de travail en hauteur des élagueurs.

Enfin, la CSST (Commission de la santé et de la sécurité au travail) et l'ASPAM (Association sectorielle paritaire des affaires municipales) ont manifesté un vif intérêt pour le projet et sont tenus au courant de son évolution.

### 2.2 Données statistiques sur les accidents

Les données statistiques sur les accidents sont très difficiles à extraire et de fait, très peu fiables parce que d'une part, les arboriculteurs (élagueurs et émondeurs) sont confondus avec les pépiniéristes, les jardiniers, etc. et que d'autre part, les entreprises spécialisées n'étaient pas regroupées dans une unité distincte, mais noyées soit dans la sylviculture ou le jardinage. La cueillette de statistiques d'accidents étant en soi un projet de recherche, on se contentera de souligner que les entreprises d'arboriculture qui étaient autrefois dans le groupe « travaux sylvicoles » ont été récemment regroupées par la CSST dans une unité distincte. Leur taux de cotisation est alors passé de 13,50 \$ (unité 12020) à 20,60 \$ (1999). Rappelons que le taux de cotisation moyen au Québec en 1998 est de 2,47 \$, celui du forage à forfait dans les mines de 16,46 \$ et celui du montage de charpentes métalliques de 30,18 \$. Le taux de cotisation illustre la très forte incidence des lésions professionnelles en arboriculture.

Le service du personnel de la Ville de Montréal a fourni tous les renseignements disponibles relatifs aux accidents de travail des élagueurs. Les renseignements comprennent le nombre d'élagueurs accidentés. Aucun autre renseignement, comme le genre d'accident, la nature et le siège de la lésion n'a été fourni. Il est donc possible de calculer le taux d'incidence annuel moyen qui est de 50 %. De plus, un sondage fait en 1999 par la ville de Montréal auprès de 63 élagueurs

démontre que 98 % des travailleurs ont déjà fait une chute en hauteur occasionnant un arrêt de travail.

Enfin, un minimum de quatre chutes de grande hauteur sont survenues à des élagueurs sur le territoire de la ville de Montréal entre mai et octobre 1999. Les élagueurs sont soit des employés de la Ville de Montréal, soit des employés des sous-traitants de la Ville. Les hauteurs de chute sont respectivement 10 m, 6 m, 5 m et inconnue. Une des chutes a causé la fracture de quatre côtes et d'une clavicule; trois mois après l'accident, le travailleur n'était toujours pas retourné au travail. Dans un autre cas, on parle de fractures multiples aux membres inférieurs et de lésions au dos. Dans le troisième cas, il fait mention de traumatisme crânien. Quant au quatrième, aucun renseignement n'est disponible.

### **3. ÉTAT DES CONNAISSANCES**

#### **3.1 L'élagage**

La grande majorité des documents sur l'élagage et l'arboriculture traite des méthodes et des soins à apporter à l'arbre pour sa santé et la beauté de son architecture; à titre d'exemples, citons les normes du Bureau de normalisation du Québec (BNQ) : 0630-100:1985 « Arboriculture : élagage », BNQ: 0630-105:1989. « Arboriculture : abattage des arbres, essouchement et élimination des pousses », BNQ: 0630-120:1989. « Arboriculture : haubanage », de l'American National Standard Institute ANSI: A300-1995 « American national standard for tree care operations: tree, shrub and other woody plant maintenance - standard practices » et ANSI: A300-Part 2-1998. « Tree care operations - Tree, shrub, and other woody plant maintenance - Standard practices - Part 2 – Fertilization ». Par ailleurs, la norme BNQ : 0630-900:1986 « Arboriculture - santé et sécurité au travail : Code de bonne pratique » aborde la santé et la sécurité du travail de façon générale; la section sur le travail en hauteur ne saurait constituer une référence sur le sujet. Les mêmes commentaires s'appliquent à la norme BS 3998:1989. Enfin la norme ANSI : Z133.1-1994 « Tree care operations - Safety requirements » couvre de façon très sommaire, le travail en hauteur et ne fait pas référence à la norme ANSI Z359.1-1992 sur les systèmes d'arrêt de chute.

Pour sa part, la National Arborist Association (USA) réfère à la norme ANSI:Z133.1-1994 pour les règles de sécurité. La Société internationale d'arboriculture fait la promotion de techniques d'accès à l'arbre plus sécuritaire. Cependant, la diffusion de ces techniques, leur concordance avec les règles de protection contre les chutes et leur applicabilité à des contextes particuliers restent à faire; c'est en fait l'objectif de ce projet.

Ces difficultés sont le résultat d'une confusion entre les systèmes et méthodes qui assurent le positionnement de l'élagueur et ceux qui assurent l'arrêt de chute. Cette confusion est aussi entretenue par d'anciennes normes comme la Canadian Standard Association (CSA) Z259.3-M1978 « Ceintures et courroies de sécurité de monteuses de lignes (Linemen's Body Belt and Linemen's Safety Strap) » qui accole le vocable « sécurité » à des équipements de positionnement comme la ceinture de monteur de lignes et à la courroie de poteau. La ceinture et la courroie de positionnement peuvent constituer une protection contre les chutes dans des conditions particulières et limitées. Plusieurs ont généralisé l'exception et ont ainsi cru que les systèmes de positionnement offrent en tout temps une protection contre les chutes. Par exemple, certains monteuses de lignes sur poteaux de bois continuent à croire à cette fausse généralisation bien que l'objet des normes CSA Z259.1-1976 et CSA Z259.3-1978 et la décision de la Commission d'appel en lésions professionnelles (CALP) (1994) dans la cause CSST vs ARNO stipulent le contraire.

#### **3.2 La protection contre les chutes de hauteur**

La protection contre les chutes de hauteur maîtrise relativement bien ses principes de protection et les grandes classes d'équipements. La normalisation est bien développée au Canada, en Europe et dans une moindre mesure aux États-Unis. Bien que des équipements performants existent, leur sélection et la constitution de systèmes de protection complets en fonction des tâches spécifiques de l'élagage restent à faire.

Lorsque le travail se fait à l'aide de la nacelle, le port du harnais complet de type A (anneau dorsal) avec absorbeur d'énergie est reconnu comme le système de protection (Arteau, 1998). Pour le travail à la corde et à l'éperon, le harnais devrait posséder en plus des anneaux frontaux D pour les déplacements et évacuations conformes à la norme CAN/CSA-Z259.10-1990 et des anneaux latéraux P pour le positionnement statique et certains déplacements. Malheureusement, la plupart des élagueurs travaillant à la nacelle et à la corde se contentent de porter un système de positionnement (ceinture) et non un d'arrêt de chute (harnais).

Selon Arteau (1997), le dispositif de préhension du corps le plus approprié est le harnais complet avec sangle sous-pelviennne.

Les risques liés aux chutes sont toujours présents lorsqu'on travaille dans un arbre. La réglementation est très claire à ce sujet : il y a obligation de protection pour tout travailleur exposé à une chute de plus de trois mètres. Les équipements de protection ont considérablement évolué en diversité et en qualité depuis les cinq dernières années; il est donc permis de croire que des solutions sont possibles.

#### **4. OBJECTIFS**

Ce projet de recherche vise à réduire les risques de chute en analysant les systèmes de positionnement et d'antichute tant dans la phase d'accès à l'arbre qu'aux différentes tâches de l'élagueur.

## 5. MÉTHODOLOGIE

Pour chacune des méthodes d'accès à l'arbre soit la nacelle, les grimpettes et les cordes, il faut évaluer les systèmes de positionnement et de protection contre les chutes à partir de critères d'efficacité, de fiabilité et de convivialité.

Pour être accepté, un équipement de protection individuelle (ÉPI) doit être conforme aux normes; pour être accepté et utilisé, il doit être efficace, fiable et convivial. L'*efficacité* est la réalisation des fonctions sans nuire à l'intégrité physique, à la santé ou à la sécurité de l'utilisateur. La *fiabilité* est atteinte lorsque l'ÉPI exerce ses fonctions correctement quelles que soient les conditions de travail, les conditions environnementales, l'usure ou les facteurs humains. La *convivialité* englobe le niveau de *facilité d'apprentissage, d'utilisation et d'intégration à la tâche* de l'équipement de protection ainsi que le *confort* lorsqu'il n'est pas utilisé (c.-à-d. lors de l'exécution normale de la tâche). Le critère de *convivialité* favorise le port de l'équipement alors que le bénéfice qu'on en retire n'est apparent que lors d'un accident (Arteau 1994; Arteau et Giguère 1991 et 1993; Arteau et Lan 1993; Arteau et al, 1997; Beauchamp et al, 1996).

Le projet porte sur 4 points :

- La localisation de l'ancrage et le type de lien dans une nacelle
- La sélection d'un harnais adapté au travail des élagueurs
- L'efficacité des différents systèmes d'accès à l'arbre
- La convivialité des différents systèmes d'accès à l'arbre

Pour aider le lecteur à intégrer les objectifs, une grille de lecture est fournie. Le projet vise à augmenter la protection contre les chutes au moyen de l'utilisation d'équipements de protection. Tout d'abord un harnais adapté au travail des élagueurs est identifié. Par la suite, les systèmes d'accès à l'arbre disponibles sont examinés pour identifier le plus approprié selon le travail dans l'arbre et l'architecture de l'arbre. Premièrement, l'efficacité, soit la capacité d'arrêter une chute ou de réduire les forces maximums d'arrêt, est déterminée par des essais mécaniques. Deuxièmement, les systèmes qui ont rencontré les exigences mécaniques sont évalués par des élagueurs en situations de travail simulées. Les perceptions ou appréciations des élagueurs sont recueillies autour de critères comme la sécurité, le confort, la nuisance, l'appréciation globale, etc. Ainsi les évaluations permettent de classer les systèmes par ordre de pertinence pour une situation donnée et de répondre aux questions : lequel, quand, où, pourquoi. Un tel classement permet d'éviter des essais infructueux pour tout élagueur qui veut améliorer sa protection contre les chutes et considérer de nouveaux équipements.

Par exemples, dans la section sur l'ascension libre, trois groupes de systèmes sont évalués : *footlock*, traditionnelle anglaise et mécanique; le *footlock* est préféré à la traditionnelle anglaise; le message sous-jacent est qu'il vaut la peine de bien maîtriser la technique du *footlock*. Dans cette section, le système mécanique est bien évalué pour les longues ascensions mais pas utile dans le travail courant; le message à retenir est : si vous avez plusieurs ascensions longues à réaliser, le système mécanique pourrait être acheté et utilisé.

La section 10 présente une discussion sur le niveau de protection offert.

Suite à la lecture de ce rapport, les élagueurs pourront faire les arbitrages entre le confort, la nuisance, la sécurité, la protection offerte et le prix.

## 5.1 Partenaires

**Tableau 1 : Partenaires et rôles dans le projet**

Partenaires	Rôles
IRSST	Expertise en équipements de protection et en protection contre les chutes
École de technologie supérieure (ÉTS)	Ergonomie, plan d'expérience et protocole d'évaluation psychophysique
Société internationale d'arboriculture - chapitre du Québec (SIAQ)	Demandeur, expertise en élagage et diffusion des résultats par des programmes de formation
Laboratoire de structure - École Polytechnique	Réalisation des essais mécaniques; partenaire régulier de l'IRSST pour ce genre d'essai
Ville de Montréal	Demandeur, fournir des élagueurs, du matériel et des sites d'essais
Syndicat des cols bleus SCFP (local 301)	Demandeur, diffusion des résultats
FTQ (local 1676)	Demandeur, syndicat représentant les élagueurs du secteur privé
APSAM	Relayeur pour la diffusion des résultats
CSST	Intéressée par le sujet; relayeur pour la diffusion des résultats
Centres de formation professionnelle des commissions scolaires	Intégration des résultats de recherche aux programmes de formation

Ces partenaires représentent tous les aspects du travail d'élagage. Étant impliqués depuis le début, ces partenaires ont participé à la définition de la problématique et à la validation du protocole de recherche; ils peuvent intégrer et discuter des résultats au fur et à mesure de leur production; ils en saisissent les limitations. Au fur et à mesure de la disponibilité des résultats, les partenaires seront prêts à les implanter.

## 5.2 Sujets

Les sujets participant à l'étude étaient tous des élagueurs expérimentés ne démontrant aucune pathologie. Les sujets étaient volontaires pour l'expérimentation et étaient rémunérés pour leurs heures de travail. De plus, afin d'obtenir un échantillonnage représentatif du milieu, les sujets ont été recrutés à l'intérieur des milieux municipaux, de réseaux électriques et résidentiels/commerciaux.

## 5.3 Synopsis

Dans le cadre de cette étude, des évaluations expérimentales ont été effectuées pour mesurer l'efficacité, la fiabilité et la convivialité de divers types de systèmes individuels de positionnement et de protection contre les chutes. L'efficacité et la fiabilité ont été évaluées par



des essais mécaniques en laboratoire. Les évaluations de la convivialité se sont effectuées essentiellement dans un environnement contrôlé. Plus particulièrement, il s'agissait d'évaluer la perception psychophysique (niveau de l'effort occasionné, niveau de mobilité et niveau de sécurité globale de l'activité).

#### 5.4 Mesure de l'efficacité et de la fiabilité : résistance mécanique

Plusieurs équipements proposés aux élagueurs sont utilisés dans des activités sportives comme l'alpinisme et la spéléologie ou dans le secourisme comme celui réalisé par les sapeurs-pompiers. Les exigences des normes applicables sur ces équipements diffèrent cependant des exigences des normes pour les applications industrielles. Il fallait donc tester les équipements proposés selon les normes CSA en vigueur pour les applications industrielles; les règlements exigent d'ailleurs que les équipements soient conformes aux normes CSA.

Les essais dynamiques ont été réalisés au Laboratoire de structures de l'École Polytechnique de Montréal; ce laboratoire est un collaborateur régulier de l'IRSST pour ce genre d'essais.

#### 5.5 La mesure de la perception psychophysique

La mesure de la perception psychophysique est une technique bien maîtrisée. Des études récentes démontrent son utilité et ses grandes capacités à discriminer plusieurs systèmes, méthodes de travail, et équipements. Par exemple, la relation entre la perception de la dureté par le monteur de lignes et la mesure de l'impact avec un accéléromètre a un coefficient de corrélation de 95 % (Beauchamp et al 1997). De plus, l'utilisation d'une échelle analogue visuelle a été confirmée comme outil de cueillette de perception des travailleurs. L'étude sur la courroie rétractable (Arteau et al 1997, Beauchamp et al 1996) a démontré comment cette technique permet d'évaluer la convivialité ou l'intégration aux tâches d'un équipement de protection et de le comparer avec d'autres équipements.

#### 5.6 Appréciation des sujets sur les variables dépendantes

Des études récentes démontrent l'utilité de l'échelle visuelle analogue dans la discrimination de plusieurs systèmes et équipement. Des études faites sur la grimpabilité des poteaux de bois (Beauchamp et al, 1996 et 1997) ont démontré la très grande fiabilité et le grand pouvoir discriminant de la mesure des perceptions psychophysiques. Après chaque essai, le sujet devait indiquer d'un X l'endroit jugé approprié sur chacune des échelles visuelles analogues. La figure 1 montre l'exemple d'une échelle visuelle analogue. La mesure a été obtenue en déterminant, à l'aide d'une règle, la distance entre la position de la marque X et l'origine (extrême gauche). Cette distance est, par la suite, convertie en pourcentage.

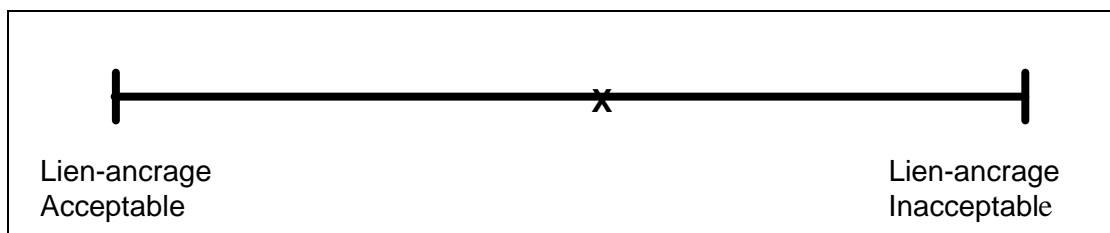


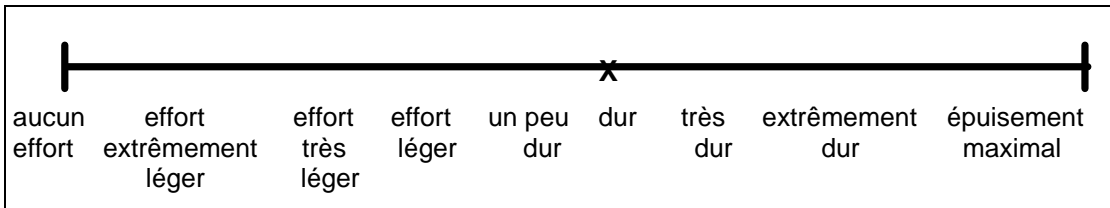
Figure 1 : Exemple d'une échelle visuelle analogue

La variable dépendante *Pénibilité physique de la tâche avec ce système*, lorsqu'elle était utilisée, a été graduée en partie selon l'échelle de perception de la difficulté d'exercice de Borg (1970). Partant de l'hypothèse selon laquelle la perception de la difficulté de l'exercice est proportionnelle à la fréquence cardiaque et à la lactatémie, Borg a mis au point une échelle de correspondance de la fréquence cardiaque allant de 6 à 20; il suffit alors de multiplier par 10 l'indice donné par l'échelle et désigné par le travailleur en fonction de la pénibilité ressentie en effectuant l'exercice pour retrouver sa fréquence cardiaque (en bpm).

L'échelle est la suivante :

6	:	aucun effort
7 et 8	:	effort extrêmement léger
9 et 10	:	effort très léger
11 et 12	:	effort léger
13 et 14	:	effort un peu dur
15 et 16	:	effort dur
17 et 18	:	effort très dur
19	:	extrêmement dur
20	:	épuisement maximal

L'échelle visuelle analogue n'était donc pas graduée numériquement comme l'échelle de Borg originale, mais plutôt graduée selon les indices répartis également en espacement.



**Figure 2 : Exemple d'une échelle visuelle analogique inspirée de l'échelle de Borg (1970)**

Il a été mis en évidence par Demello et al (1987) que toute personne entraînée ou non perçoit l'exercice comme étant « assez dur » à 13 sur l'échelle de Borg à la vitesse qui correspond au début d'accumulation du lactate sanguin, principal facteur de la fatigue.

## 5.7 Classement par rang

Pour comparer les harnais ou systèmes entre eux, les sujets devaient les classer par ordre de préférence où le meilleur se voyait attribuer un rang de 1. Suite à la demande des élagueurs, il a été possible de coter des harnais ou systèmes ex æquo. En effectuant cette procédure, il n'y a souvent plus de harnais ou système classé au dernier rang, ce qui améliore le rang moyen du harnais ou système le moins apprécié. Malgré que la différence entre le plus apprécié et le moins apprécié soit diminué, les résultats restent concluants, car les intervalles de confiance sont petits. Il est donc possible de distinguer les différents harnais ou systèmes entre eux à partir de ce classement par rang.

## 5.8 Contrôle de la fatigue

Puisque les sujets devaient se prononcer à certains moments sur la pénibilité des systèmes sur l'échelle de Borg analogue modifiée, le contrôle de l'intensité du travail et de la fatigue des travailleurs était primordial. Pour ce faire, à leur arrivée sur le site, chaque sujet se voyait muni d'un émetteur cardiaque (POLAR S 210). Avec l'aide de ce moniteur, une évaluation de la puissance aérobie ainsi qu'une estimation des fréquences cardiaques maximales plus précises que la méthode d'Astrand ( $220 - \text{âge}$ ) était possible. Connaissant le  $\text{VO}_2$  max et les fréquences cardiaques maximales, il était possible de contrôler l'intensité du travailleur afin de minimiser l'apparition de la fatigue générale. L'intensité d'ascension des travailleurs était ajustée de manière à ce que les fréquences cardiaques ne dépassent pas l'équivalent de 70 % du  $\text{VO}_2$  max. Selon Wilmore et Costill (1994), après ce niveau, le débit ventilatoire augmente disproportionnellement par rapport à la consommation d' $\text{O}_2$  chez des sujets sédentaires. La puissance développée est donc majoritairement en mode anaérobie, ce qui fait augmenter le niveau de lactatémie (Wasserman & McIlroy, 1964). Au moment où le travailleur atteignait une vitesse d'ascension qui générait une fréquence cardiaque de 70 % ou plus, le moniteur émettait un signal. À ce moment, le travailleur prenait une pose suspendue dans son système jusqu'à ce que le moniteur arrête.

## 5.9 Compilation des résultats

Afin de pouvoir effectuer une analyse de variance ANOVA avec un seuil de confiance de 5 % ( $p < 0,05$ ), la position des appréciations marquées sur les échelles visuelles analogues ont été mesurées afin de les coder pour les analyses (voir 5.6 Appréciation des sujets sur les variables

dépendantes). Les analyses ont été faites sur les différentes variables dépendantes telles que le confort des hanches et des épaules, le sentiment de sécurité et l'appréciation globale. L'échelle sur les graphiques statistiques a été, par la suite, convertie numériquement de 0 à 1 en divisant les variables dépendantes par la longueur de l'échelle (soit 12,6 cm).

À moins d'indication contraire, tous les graphiques statistiques illustrés dans les prochaines sections présentent uniquement les effets significatifs (ANOVA;  $p < 0,05$ ) des variables indépendantes ou des interactions de variables indépendantes sur la variable dépendante. Les intervalles de confiance 95 % sont illustrés sur ces graphiques. De plus, lorsque nécessaire, le test de comparaisons multiples Newman-Keuls ( $p < 0,05$ ) est appliqué afin de discriminer objectivement les écarts significatifs entre niveaux des variables indépendantes. De plus, l'annexe 1 présente l'ensemble des analyses Anova et de classement. Pour l'Anova, seuls les effets significatifs sont présentés.

## 5.10 Déroulement

Pour chacun des protocoles expérimentaux, les sujets étaient informés, à leur arrivée, sur le but et le déroulement de l'expérimentation. Chaque sujet devait remplir un formulaire de consentement avant le début des essais. Durant cette rencontre, les sujets étaient également informés sur les tâches à exécuter et sur l'utilisation de l'échelle visuelle analogue. Les essais pour chaque harnais ou systèmes étaient répétés et faits de manières aléatoires. Après chaque essai, le professionnel de recherche présentait les échelles visuelles analogues où les sujets indiquaient leurs perceptions pour cet essai. À la fin des essais, une rencontre privée entre le professionnel de recherche et le sujet avait lieu afin que ce dernier donne ses impressions sur les tâches et les harnais. De plus, durant cette rencontre, les sujets devaient indiquer un rang de préférence des harnais ou des systèmes.

## 6. LE POINT D'ANCRAGE DANS UNE NACELLE

### 6.1 Objectif

Évaluer différents systèmes de retenue et retenir la position d'ancrage du lien de retenue ou de l'enrouleur dérouleur la plus favorable.

### 6.2 Sujets

Tableau 2 : Sujets pour le choix du point d'ancrage dans une nacelle






n=10	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
Moyenne	35,5	12,1	173,9	75,2
Maximum	45	22	183	100
Minimum	28	3	165	65

### 6.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Liens d'attache</li> <li>✓ Positions du mât</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Confort de l'attache</li> <li>✓ Confort à l'intérieur de la nacelle</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Appréciation globale</li> </ul>







### 6.4 Liens de retenue

Tableau 3 : Liens et points d'ancrage

1	2	3	4	5
Lien de retenue et attache actuelle	Petit enrouleur-dérouleur avec attache sur le mât	Enrouleur-dérouleur et attache en retrait sur le côté du mât	Petit enrouleur-dérouleur avec attache à la ceinture	Petit enrouleur-dérouleur avec attache dans le dos
				

## 6.5 Tâches

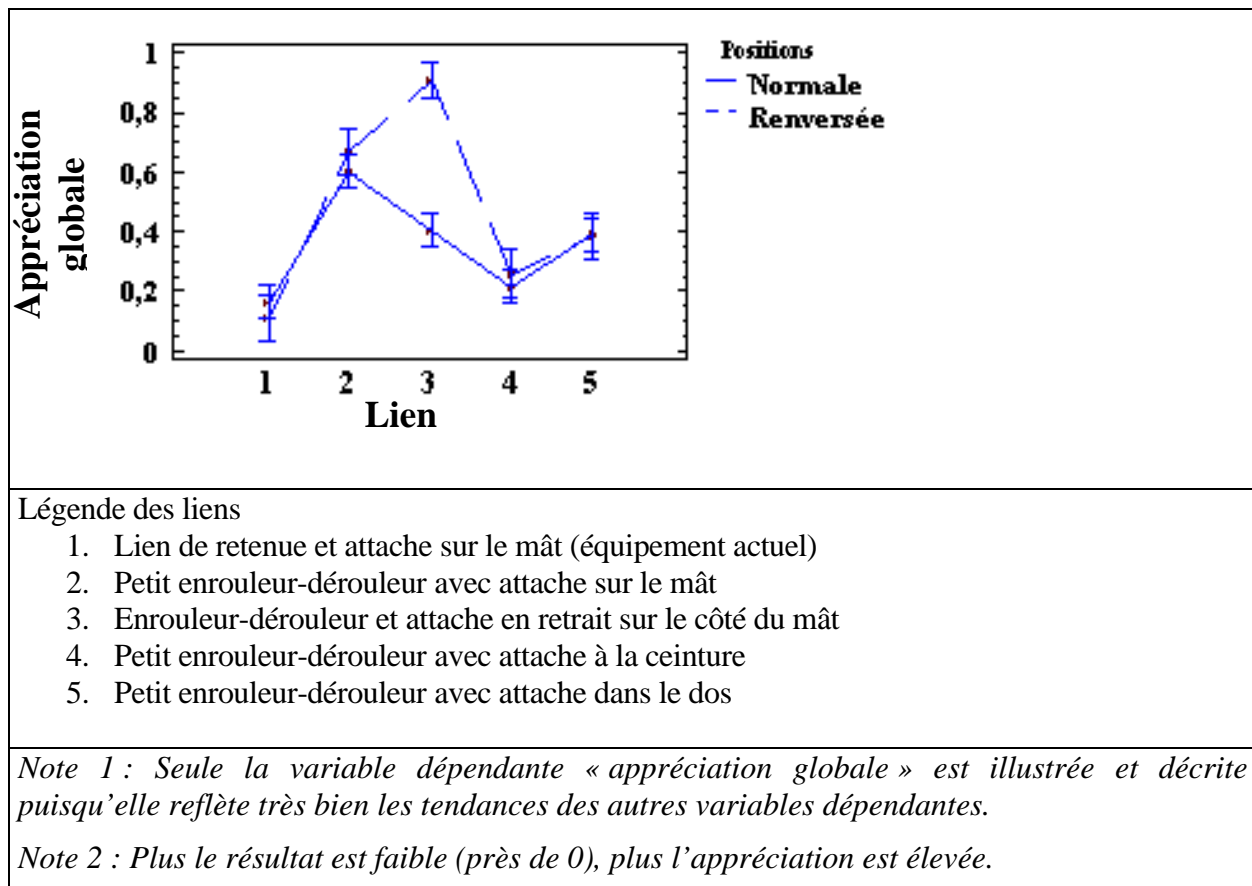
**Tableau 4 : Tâches pour le choix du point d'ancrage**

1	2	3	4	5	6
Manipulation d'un émondoir dans le centre de la nacelle	Manipulation d'un émondoir sur les côtés de la nacelle	Manipulation d'un émondoir dans le centre de la nacelle (mât renversé)	Manipulation d'un émondoir sur les côtés de la nacelle (mât renversé)	Sortie de la nacelle	Démarrage de la scie mécanique
					

## 6.6 Résultats

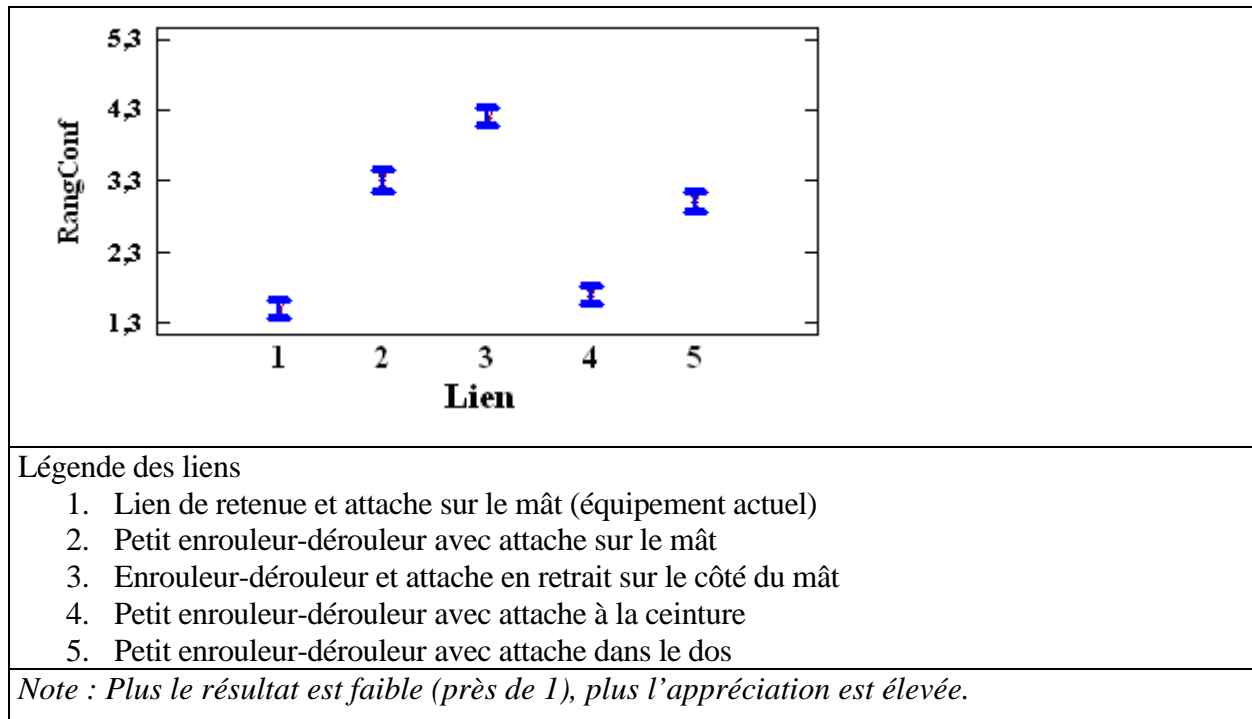
La variable dépendante d'appréciation globale est retenue puisqu'elle représente très bien les variables "confort du lien de retenue", "confort à l'intérieur de la nacelle" et "sentiment de sécurité".

La figure 3 présente l'effet de l'interaction Lien X Position du mât sur la variable dépendante appréciation globale. Les intervalles de confiance 95 % sont présentés sur cette figure. La figure démontre clairement que le lien de retenue à attache sur le mât (1) (équipement actuel) ressort favori par rapport aux liens 2, 3 et 5. Le seul lien présentant une appréciation globale comparable à l'équipement actuel est le petit enrouleur-dérouleur avec attache à la ceinture (4). Par contre, ce dernier ne s'avère pas supérieur au lien 3 en position normale du mât (tâches 1, 2, 5 et 6) et au lien 5 qui est le même lien (petit enrouleur-dérouleur) avec l'attache au niveau dorsal. Le petit enrouleur-dérouleur fixé au mât (2), est moins apprécié globalement que le même petit enrouleur-dérouleur fixé au harnais (liens 4 et 5). Finalement, l'enrouleur-dérouleur et attache en retrait sur le côté du mât (3) en position renversée s'avère la moins bonne option par rapport aux quatre dernières.



**Figure 3 : Appréciation globale des différents types de liens de retenue selon la position du mât**

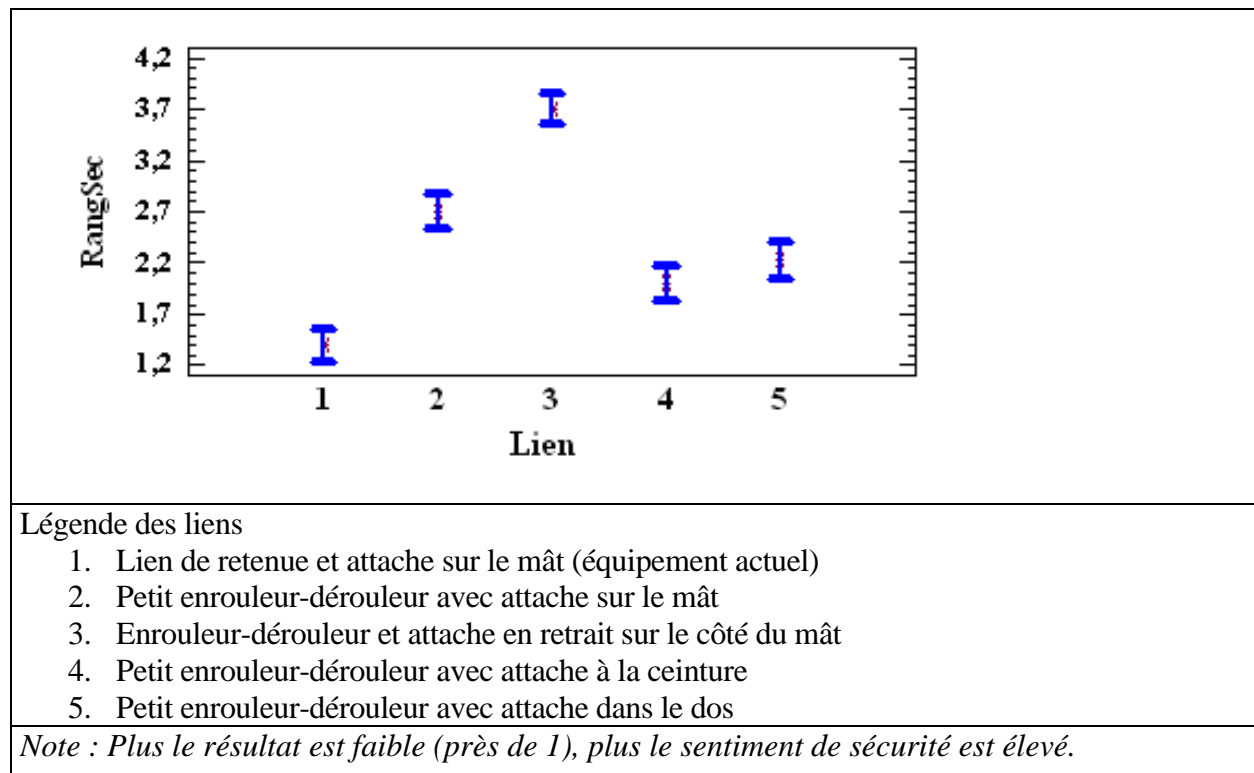
Lorsque les travailleurs doivent choisir et ordonner les liens de manière croissante par rapport au confort (tableau disponible en annexe 1), les mêmes tendances que l'appréciation globale sont mises en évidence. Ainsi, les liens 1 et 4 ressortent comme premiers choix dans 70 % et 30 % des cas. Seuls ces deux liens obtiennent le premier rang. Par la suite, la tendance indique que les liens 2 et 5 suivent sans différence significative. Le lien 3 se démarque comme ayant obtenu le moins bon ordonnancement.



**Figure 4 : Classement par rang selon le confort pour les différents types de liens**

L'ordonnancement des différents liens par rapport au sentiment de sécurité des travailleurs démontre que le lien 1 semble le plus sécuritaire dans 70 % des cas (7/10). Suivent le 4, le 5 et le 2 avec 30 %, 20 %, et 10 %. Au deuxième rang, se classent les liens 4 et 5 dans 50 % des cas suivit du lien 2 avec 40 %. Le lien classé le moins sécuritaire (5<sup>e</sup> sur 5) est le lien 3 dans 40 % des cas. Seul le lien 2 obtient également un classement de 5<sup>e</sup> dans 10 % des cas.





**Figure 5 : Classement par rang selon le sentiment de sécurité pour les différents types de liens**

## 6.7 Discussion

Les habitudes des travailleurs sont des variables extrinsèques incontrôlables. Depuis plusieurs années, les travailleurs de nacelle utilisent le lien de retenue 1. L'habitude et la légèreté sont 2 facteurs qui avantagent ce lien. Les commentaires des travailleurs (disponibles en annexe 2) en témoignent : « Pourquoi changer ce lien qui fait le travail depuis longtemps par un lien plus lourd? »

Lorsque l'élagueur doit atteindre une section de l'arbre inaccessible par nacelle, il effectue souvent un transfert de la nacelle à l'arbre en hauteur. Rares sont les travailleurs qui installent leur corde de travail tout en restant attachés à la nacelle. Pour atteindre plus facilement la fourche choisie pour y installer la corde, les travailleurs transféreront de la nacelle à l'arbre sans dispositif d'arrêt de chute. Jusqu'au moment où le travailleur a installé sa longe de positionnement (système de positionnement et non d'arrêt de chute), celui-ci est exposé à une chute de plusieurs mètres.

Les dispositifs auto-rétractables installés à la nacelle (systèmes 2 et 3) offrent à l'élagueur la possibilité de transférer de la nacelle à l'arbre en toute sécurité puisque la majorité de ces systèmes permettent un rayon d'action de 3 mètres. Ainsi, il transfère de la nacelle à l'arbre en restant attaché à la nacelle, y installe sa corde ou longe de positionnement à la fourche voulue, s'assure du bon fonctionnement de son système et détache le lien rétractable qui retourne automatiquement à la nacelle. De cette manière, jamais le travailleur n'aura été exposé à une

chute au sol. Par contre, les liens installés au mât se coincent entre le mât et la nacelle nuisant ainsi aux mouvements. De plus, le système 3 en position de mât renversé s'entremêlait parfois avec les boyaux hydrauliques.

Finalement, les petits enrouleurs-dérouleurs installés aux harnais (4 et 5) semblent être le meilleur compromis. Étant installés au harnais, ces systèmes n'étaient plus conflictuels avec les boyaux hydrauliques et la nacelle. Lorsque ce lien était installé à l'anneau dorsal (position recommandée par le fabricant), le système frappait dans le dos en se balançant et engendrait des tensions similaires au système 3. Ainsi, l'enrouleur-dérouleur situé à la ceinture s'est avéré le meilleur compromis entre le confort et la sécurité à offrir aux travailleurs.

## 6.8 Conclusion

- *Le lien de retenue actuel est perçu comme étant le plus sécuritaire et un des plus confortables. Par ailleurs, un lien de longueur fixe crée fréquemment un mou suffisant pour que le lien interfère avec d'autres équipements. Si le lien est plus long pour permettre une flexion du tronc hors de la nacelle, lorsque l'élagueur se redresse, le lien pourrait pendre dans le fond de la nacelle. Ces constats amènent à trouver un système plus polyvalent.*
- *Les dispositifs auto-rétractables installés à la nacelle offrent à l'élagueur la possibilité de transférer de la nacelle à l'arbre en toute sécurité puisque la majorité de ces systèmes permet un rayon d'action de 3 mètres. Cependant, ces types de système s'avèrent souvent inconfortables lors de l'exécution de certaines tâches.*
- *L'enrouleur-dérouleur installé sur le harnais semble être le meilleur compromis puisque ce système n'est pas en conflit avec les boyaux hydrauliques et la nacelle. Lorsque le boîtier de l'enrouleur-dérouleur est installé à l'anneau dorsal, le système frappe dans le dos en se balançant et engendre des tensions dans les sangles du harnais. Ainsi, l'enrouleur-dérouleur situé à la ceinture s'avère le meilleur compromis entre le confort et la sécurité à offrir au travailleur.*

## 7. LE HARNAIS

La plupart des élagueurs se contentent de porter une ceinture de positionnement au lieu du harnais antichute conforme à la norme CAN/CSA-Z259.10. Le protocole expérimental qui suit a permis de sélectionner la configuration optimale des bretelles du harnais (de 4 configurations à une configuration supérieure). Un harnais d'élagueur a été comparé à un harnais de classe A (nacelle) afin d'évaluer la polyvalence du harnais d'élagueur. La convivialité a été testée entre un harnais standard et une ceinture ainsi qu'entre une sous-fessière et un cuissard. L'efficacité du matériau élastique des bretelles a ensuite été testée en suspendant une scie à chaîne au harnais. Des élagueurs ont, par après, procédé à des essais en milieu de travail du harnais optimisé durant une période de 6 semaines.

### 7.1 Configuration des bretelles

#### 7.1.1 Objectif

Identifier la configuration optimale des bretelles du harnais d'arrêt de chute selon les types de matériaux et de configurations.

#### 7.1.2 Sujets

**Tableau 5 : Sujets pour la configuration des bretelles**

n = 9	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	35,8	11,9	174,1	75,3
<b>Maximum</b>	45	22	183	100
<b>Minimum</b>	30	3	165	65









#### 7.1.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Configurations et matériaux des bretelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau de l'épaule droite</li> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau de l'épaule gauche</li> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau de la hanche droite</li> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau de la hanche gauche</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> </ul>

### 7.1.4 Configuration des bretelles






Les harnais d'arrêt de chute sélectionnés provenaient tous du même fabricant afin que les résultats ne mesurent que les effets du type de bretelles et de la configuration. De plus, tous les harnais étaient conformes à la norme CAN/CSA.259.10.-M90.

**Tableau 6 : Harnais pour la configuration des bretelles**

1	2	3	4
Configuration : croisée Matériau : rigide	Configuration : croisée Matériau : extensible	Configuration : double V Matériau : rigide	Configuration : double V Matériau : extensible
			
			

### 7.1.5 Tâches

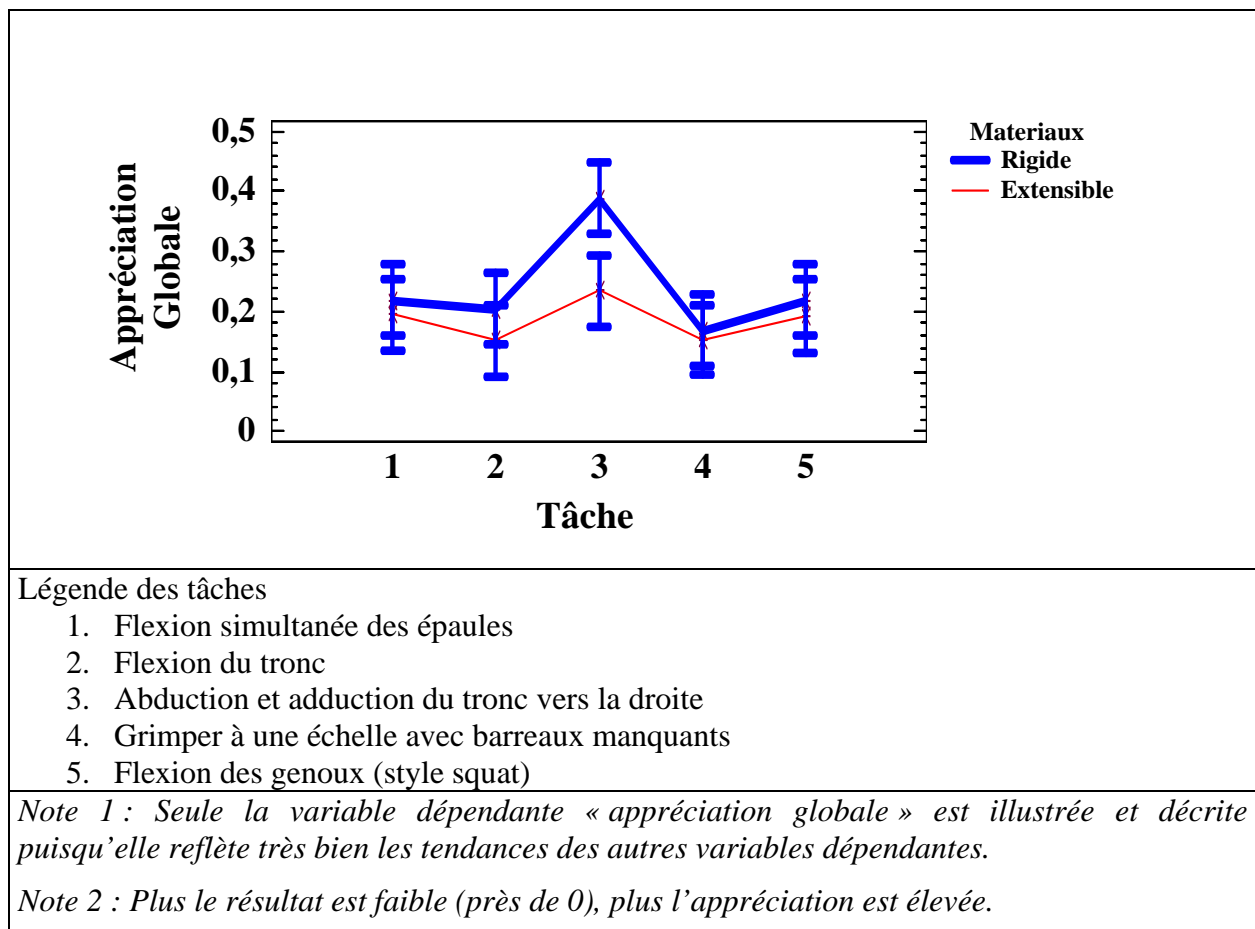
**Tableau 7 : Tâches pour la configuration des bretelles**

1	2	3	4	5
Flexion simultanée des épaules	Flexion du tronc	Abduction et adduction du tronc vers la droite	Grimper à une échelle avec des barreaux manquants	Flexion des genoux (style squat)
				

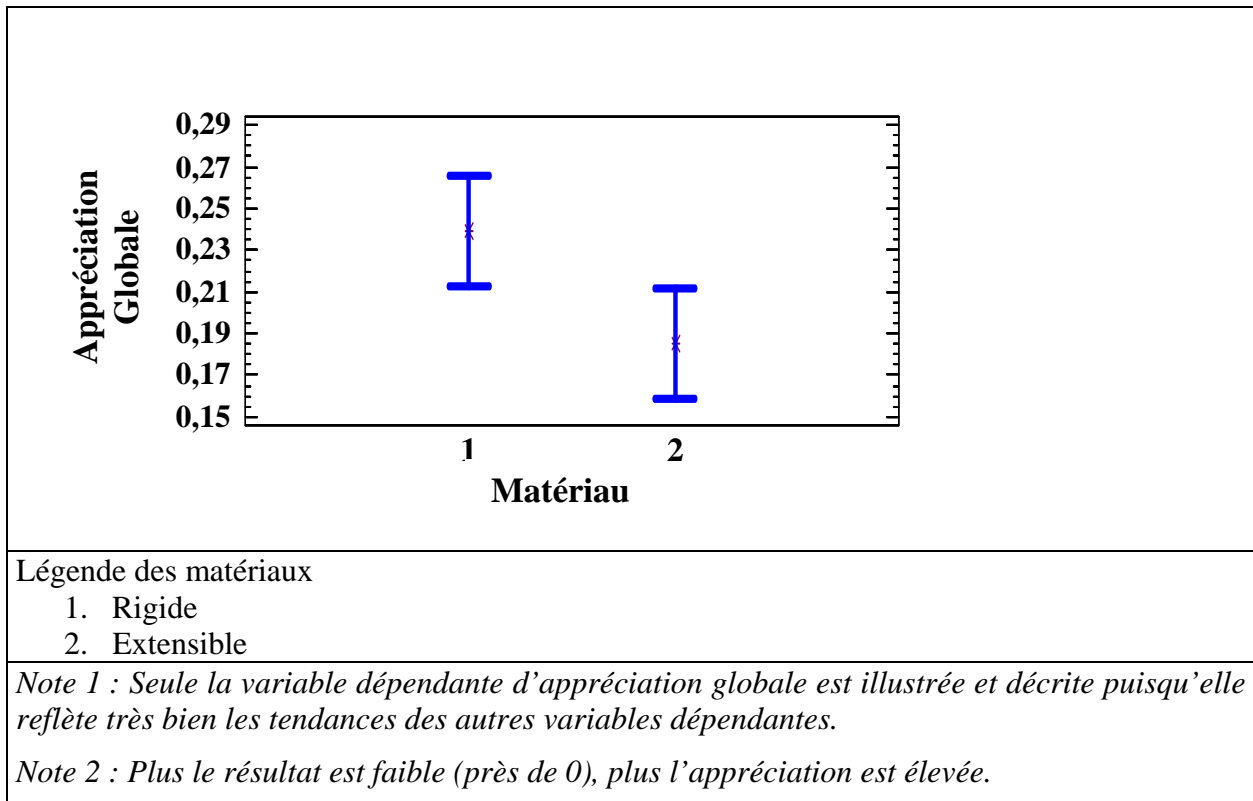
### 7.1.6 Résultats

La figure 6 qui représente l'appréciation globale des types de matériaux par rapport aux différentes tâches (interaction Tâche X Matériaux) montre une non appréciation du matériau rigide durant l'abduction et adduction du tronc (tâche 3). Cette tâche avait pour objectif premier de solliciter principalement l'épaule controlatérale durant l'abduction du tronc. Ainsi, lors de l'abduction ou flexion latérale du tronc vers la droite, l'épaule gauche était censée ressentir des

tensions tandis que la droite devait ressentir un allègement. En confondant les tâches entre elles, l'analyse statistique de la figure 7 illustre une préférence pour le matériau extensible au niveau de l'appréciation globale.

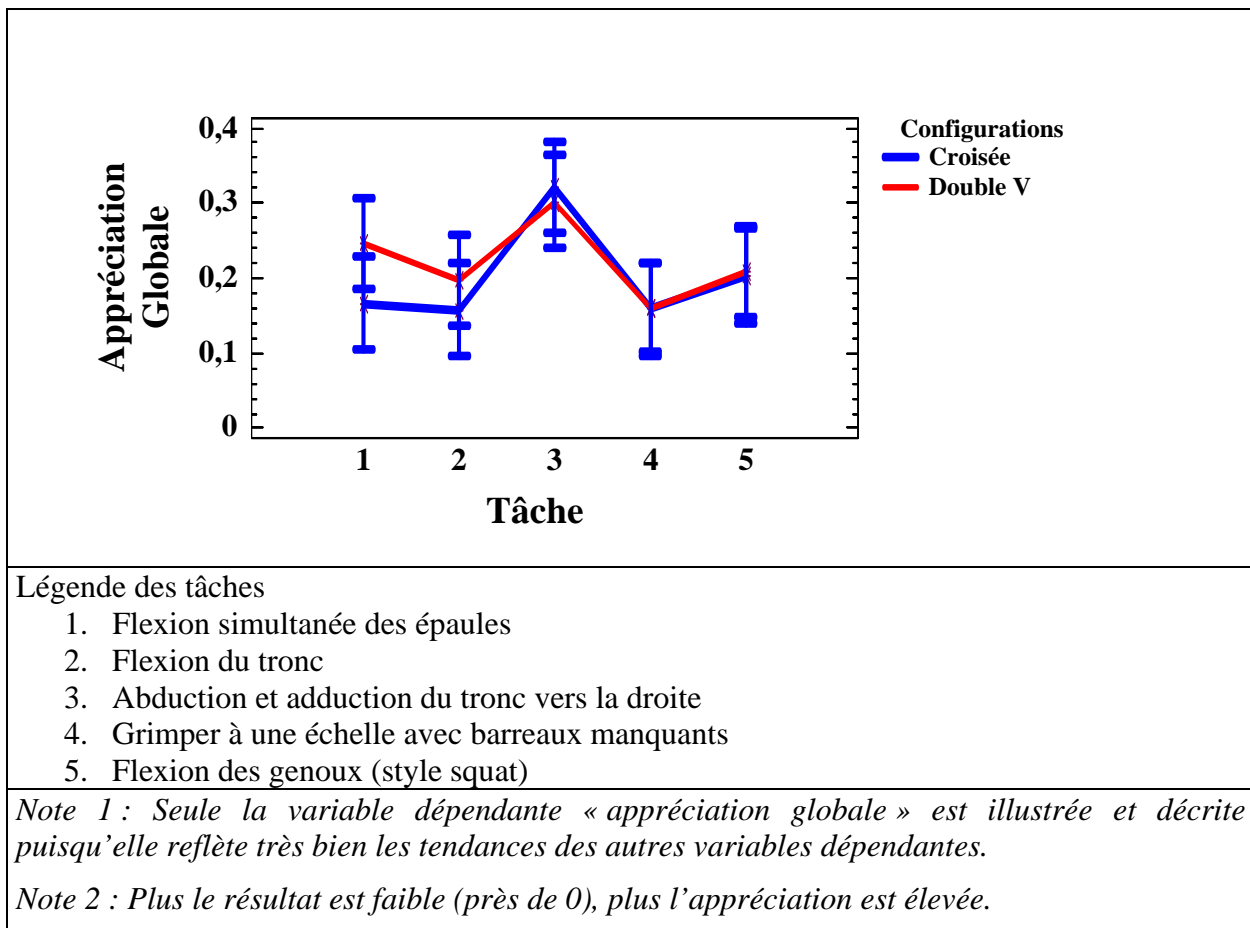


**Figure 6 : Appréciation globale des matériaux des bretelles en fonction des tâches (interaction Tâche X Matériaux)**

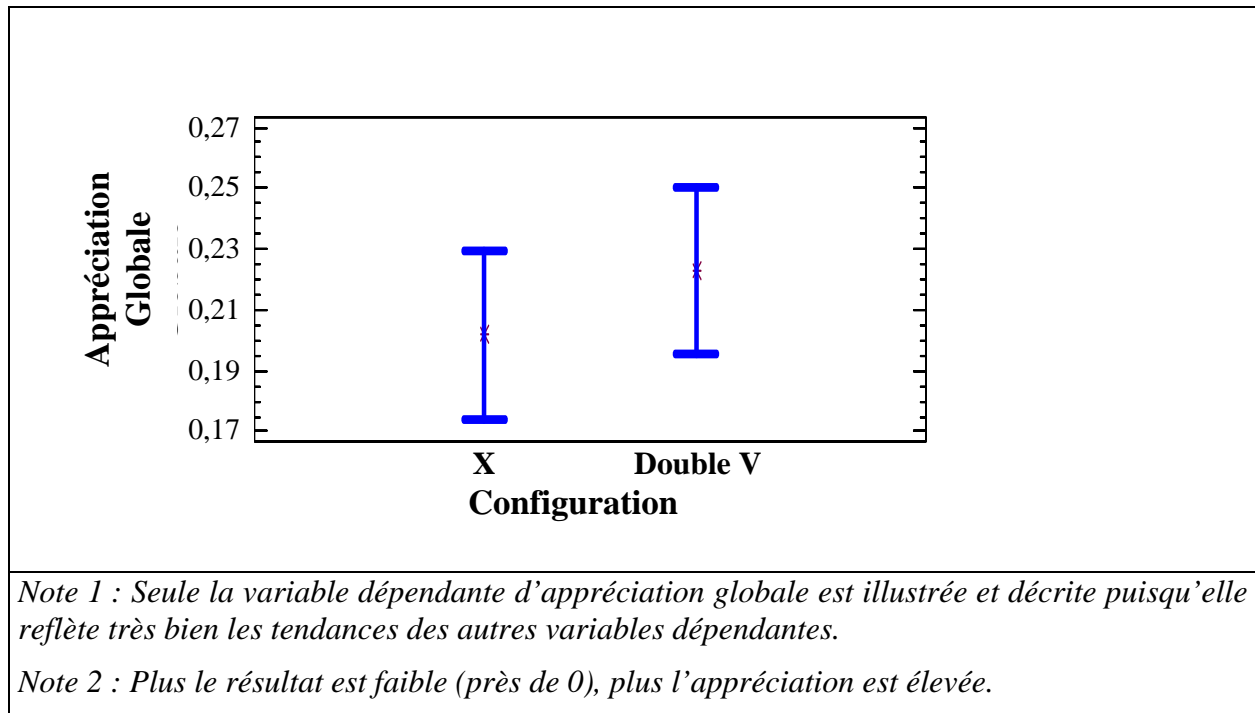


**Figure 7 : Appréciation globale des deux types de matériau pour les bretelles**

Au niveau du type de configuration (croisée en X versus double V), l'appréciation globale des travailleurs montre encore que la tâche 3 occasionne des problèmes (figure 8). Cependant, l'analyse ne permet pas d'identifier une configuration optimale par rapport à chacune des tâches réalisées. Cette même observation s'applique à la figure 9 lorsque les tâches se voient confondues entre elles pour comparer strictement les configurations. Globalement, il n'y a donc pas de différence significative entre les types de configuration.



**Figure 8 : Appréciation globale de la configuration des bretelles en fonction des tâches (interaction Tâche X Configurations)**

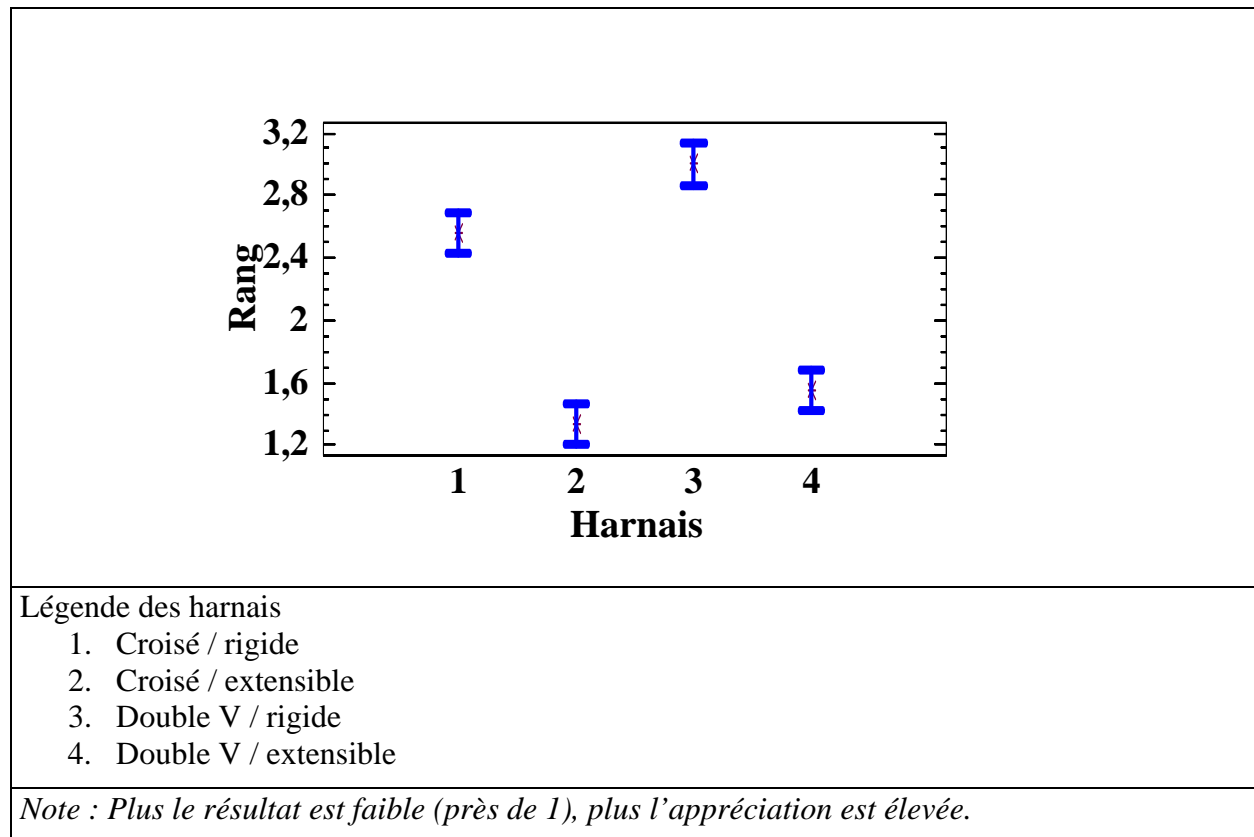


**Figure 9 : Appréciation globale des deux types de configurations pour les bretelles**

Le classement par rang de préférence (disponible en annexe 1) montre que la configuration préférée du harnais par les participants est la deuxième (croisée et extensible) 6 fois sur 9. Les autres configurations ayant obtenu un premier rang sont la quatrième (double V – extensible) avec 4 fois sur 9 et la première (croisé-rigide) avec 2 fois sur 9. La seule configuration n'ayant pas obtenu le premier rang est la troisième de type double V et rigide. Au deuxième rang, c'est la configuration double V et extensible (4) qui ressort avec 5 fois sur 9. Tandis qu'au troisième rang, les configurations 3 et 1 ressortent avec 7 et 5 fois sur 9. Finalement, les harnais avec la configuration 1 et 3 (croisé rigide et en V rigide) sont les seuls à être classés une fois au quatrième rang.

Les harnais à matériaux extensibles obtiennent les deux premiers rangs tandis que les rigides se contentent des deux derniers. Le matériau utilisé semble donc avoir une plus grande influence que la configuration des bretelles sur le classement des harnais fait par les participants (figure 10).





**Figure 10 : Rangs moyens des harnais pour la configuration des bretelles**

### 7.1.7 Discussion

Lors de la comparaison entre les types de matériau et les tâches exécutées, la troisième tâche (abduction du tronc) sollicite énormément la région des épaules. Pour cette tâche, le matériau extensible semble réduire considérablement l'inconfort à ce niveau. En observant l'appréciation globale lors des autres tâches, on constate qu'un matériau extensible est principalement utile lors des mouvements asymétriques. La configuration en double V (harnais 3 et 4) a théoriquement comme particularité de permettre une plus grande amplitude au niveau des épaules lors des mouvements asymétriques (tâche 3). Les analyses démontrent que cet avantage théorique ne ressort pas chez la majorité des travailleurs. Au contraire, souvent les travailleurs se plaignaient de la complexité de ce type de harnais lorsqu'ils tentaient de l'enfiler et de l'ajuster. Le classement par rang démontre que lorsque le matériau est extensible (harnais 2 et 4), le confort provient principalement du type de matériau et non de la configuration en X ou en double V. Cependant, lorsque le matériau est uniquement rigide (harnais 1 et 3), la configuration en double V améliore le confort global du harnais. Donc, la configuration en double V s'avère un bon compromis si le matériau extensible n'est pas disponible sur le marché. Si ce matériau s'avère disponible, il est préférable de demeurer avec la configuration la plus simple possible (croisée) avec un matériau extensible.

## 7.2 Travail à la nacelle

### 7.2.1 Objectif

Comparer un harnais d'élagueur à un harnais de classe A (nacelle) durant différentes tâches à la nacelle pour évaluer la polyvalence d'un harnais d'élagueur.

### 7.2.2 Sujets

**Tableau 8 : Sujets pour le travail à la nacelle**

n = 9	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	35,8	11,9	174,1	75,3
<b>Maximum</b>	45	22	183	100
<b>Minimum</b>	30	3	165	65

### 7.2.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de harnais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules</li> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>




### 7.2.4 Configuration des harnais

Le harnais AD est le harnais 3 de la section 7.1 avec sangles extensibles croisées (en X). Les harnais de positionnement (ADP) provenaient du même fabricant afin de standardiser les résultats.

Lors de travaux prolongés en hauteur, un support au niveau du fessier est souvent ajouté au harnais afin de mieux répartir le poids de l'individu dans son harnais. Les harnais à configuration ADP dans cette expérimentation étaient donc de type cuissard et à support sous-fessier.





Les bretelles des harnais d'élagueur avaient la configuration optimale choisie précédemment soit extensible croisées.

**Tableau 9 : Harnais pour le travail à la nacelle**

1	2	3
Antichute (AD) standard	Cuissard (ADP)	Sous-fessier (ADP)
		

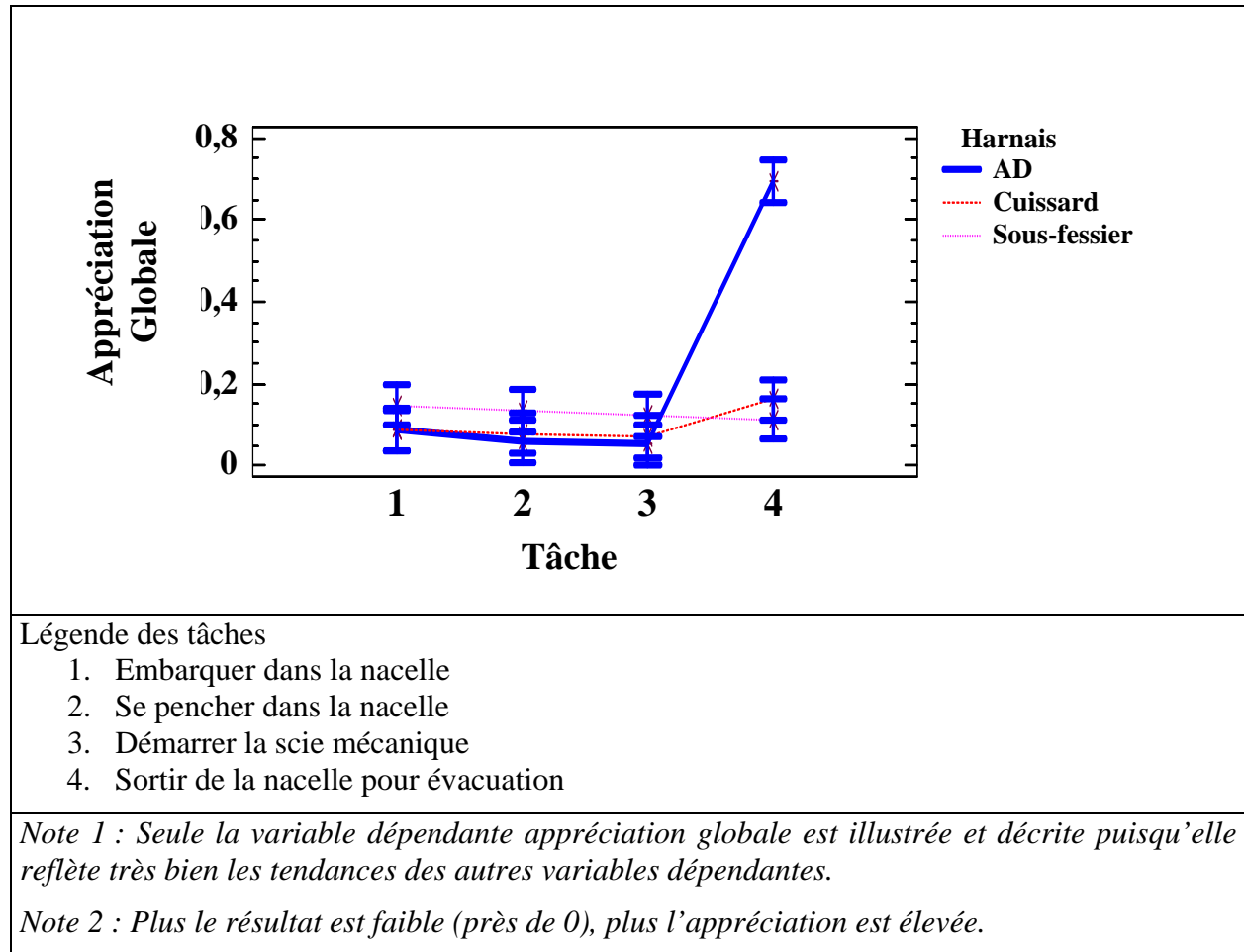
**7.2.5 Tâches**

**Tableau 10 : Tâches pour le travail à la nacelle**

1	2	3	4
Embarquer dans la nacelle	Se pencher dans la nacelle	Démarrer la scie mécanique	Sortir de la nacelle pour évacuation
			

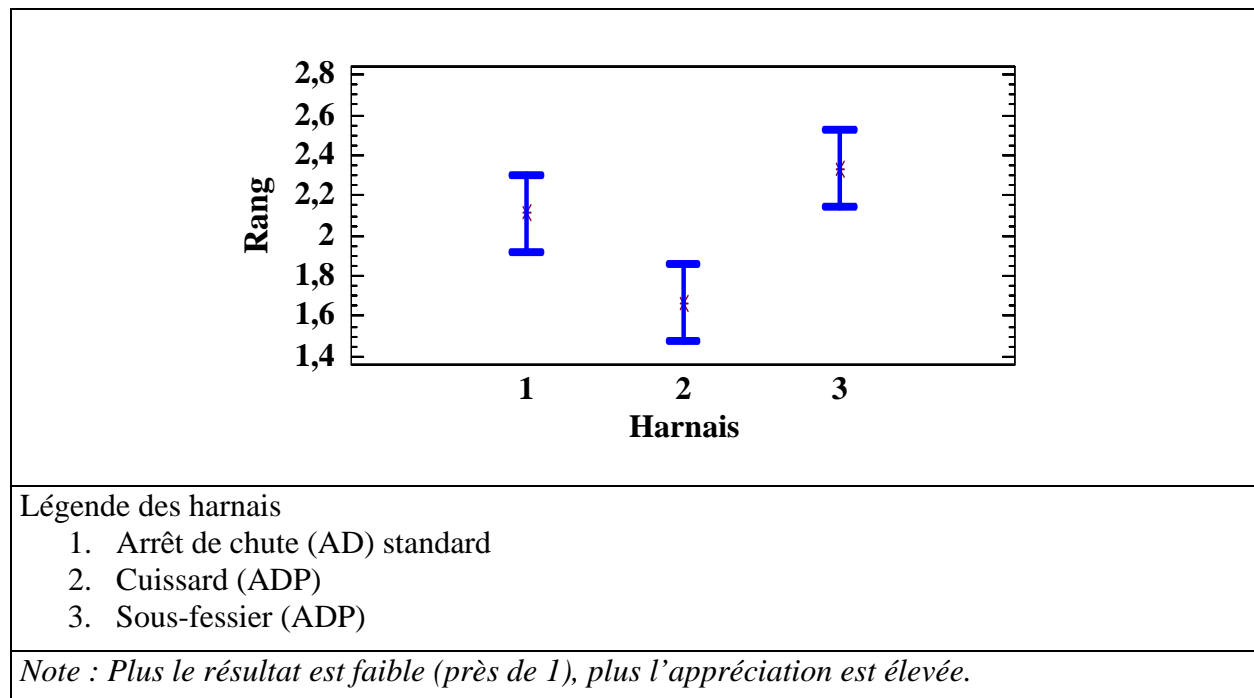
**7.2.6 Résultats**

La figure 11 illustre l’appréciation globale des trois types de harnais pour les différentes tâches. L’appréciation globale varie significativement ( $p < 0,05$ ) uniquement pour la tâche 4 où les sujets devaient simuler une sortie de la nacelle en situation d’urgence. Ce type de harnais ressort comme le moins apprécié. Il ne ressort aucun autre résultat significatif entre les trois harnais et les trois tâches à l’intérieur de la nacelle.



**Figure 11 : Appréciation globale des harnais pour le travail à la nacelle selon les 4 tâches (interaction Tâche X Harnais)**

La figure 12 illustre le classement des trois types de harnais par rang moyen. Le harnais 2 (harnais complet de type cuissard) est le plus apprécié par rapport aux harnais standard (1) et sous-fessier (3). Pour ces deux derniers, il n'y a pas de différence significative entre eux.

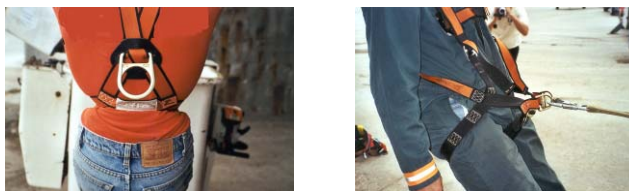


**Figure 12 : Classements par rang des harnais pour le travail à la nacelle**

Lors du classement des harnais illustrés à la figure 12, le harnais 2 (cuissard) est classé le favori des travailleurs 4 fois sur 9. Suivent le harnais (AD standard) avec 3 fois sur 9 et le harnais 3 (sous-fessier) avec un classement de 2 sur une possibilité de 9. Pour le deuxième rang, le harnais cuissard ressort encore et obtient un score de 4 sur 9. Pour le dernier rang, le harnais 3 ressort 5 fois sur 9. On remarque que les travailleurs ont classé les harnais de façon très claire, c'est-à-dire que le harnais 2 occupe les deux premiers rangs, en général, et que les harnais 1 et 3 se partagent le dernier rang.

### 7.2.7 Discussion

Durant le travail à la nacelle, le harnais le plus souvent utilisé des travailleurs de tous les métiers est le harnais standard de type AD (harnais 1). Ce harnais est rejeté par les élagueurs dans le classement par rang dû à la prise de conscience des faiblesses de ce harnais en cas d'évacuation (tâche 4). À ce moment, ce harnais devient très inconfortable aux niveaux des sangles dorsales.



**Figure 13 : Harnais AD lors de l'évacuation de la nacelle**

Lors de la réalisation des différentes tâches, les travailleurs ont pu constater le confort d'un harnais d'élagueur lors d'une tâche d'évacuation. Les harnais 2 et 3 conçus pour le travail

d'élagueur dans un arbre ne s'avèrent pas plus inconfortables lors de la réalisation des autres tâches. Cependant, le harnais avec sous-fessière accrochait occasionnellement dans la nacelle.

### 7.2.8 Conclusion

*Le port du harnais est obligatoire dans une nacelle (Arteau 1998). Les harnais d'élagueurs sont globalement aussi bien ou mieux appréciés que les harnais standards. Le harnais à cuissardes semble le meilleur choix. Il n'est pas nécessaire d'avoir un harnais pour le travail à la nacelle différent du harnais pour le travail dans l'arbre*

## 7.3 Travail aux cordes et à l'éperon

### 7.3.1 Objectif

Vérifier la convivialité d'un harnais par rapport à une ceinture et comparer une sous-fessière à un cuissard durant différentes tâches.

### 7.3.2 Sujets

**Tableau 11 : Sujets pour le travail aux cordes et à l'éperon**

n = 10	Âges	Années d'expérience	Tailles (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	35,5	12,1	173,9	75,2
<b>Maximum</b>	45	22	183	100
<b>Minimum</b>	28	3	165	65





### 7.3.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de harnais et de ceintures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules</li> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>

### 7.3.4 Configurations des harnais

Les harnais ADP et ceintures de positionnement DP provenaient du même manufacturier afin que les seules différences soient les configurations. Lors de travaux prolongés en hauteur, un support au niveau du fessier est souvent ajouté aux harnais afin de mieux répartir le poids de l'individu dans son harnais. Les harnais et ceintures étaient donc de type cuissard et à support sous-fessier. La sous-fessière testée est un modèle déjà existant pour les élagueurs, donc l'essai de différents types de sous-fessière ne semblait pas pertinent.

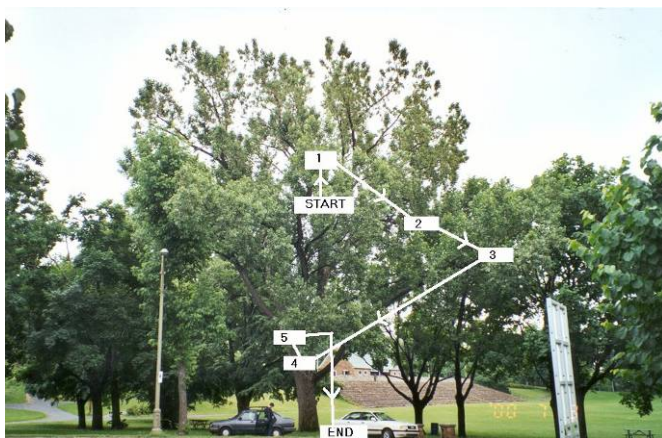
**Tableau 12 : Harnais et ceintures pour le travail aux cordes et à l'éperon**

1	2	3	4
Ceinture cuissarde	Ceinture sous-fessière	Harnais cuissard	Harnais sous-fessier
			

### 7.3.5 Tâches

Les tâches à effectuer étaient réparties en deux sections indépendantes faites lors de journées différentes. Ces tâches étaient sous forme de stations à l'intérieur de deux circuits distincts (figures 14 et 15). Dans le travail à la corde, les sujets étaient montés à la nacelle jusqu'à la station de départ où un spécialiste vérifiait les mécanismes d'assurance des sujets avant que ceux-ci transfèrent de la nacelle à l'arbre. Les sujets étaient montés mécaniquement pour éviter un épuisement suite à des ascensions libres répétées. Une fois les sujets installés, ils choisissaient le chemin et les techniques en veillant à ce que les stations soient faites dans l'ordre préétabli. Les stations étaient conçues pour englober tous les mouvements possibles d'un élagueur.

Durant le protocole avec éperon, les sujets ne bénéficiaient pas de nacelle pour l'ascension. Les sujets devaient effectuer une ascension sans obstacle jusqu'à la station 1. Par la suite, la progression vers la station 2 se faisait avec obstacles. Pour la descente, la première section en direction de la station 3 était avec obstacles tandis que la dernière vers le sol en était dépourvue.



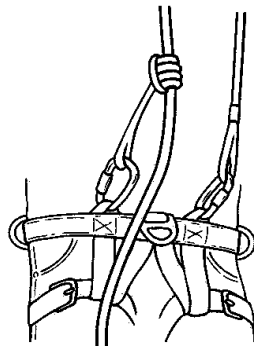
**Figure 14 : Circuit lors du travail à la corde**



**Figure 15 : Circuit lors du travail à l'éperon**

Durant le travail à la corde, le nœud utilisé était un Blake en raison de sa grande efficacité avec les cordes synthétiques. Ce nœud est autobloquant sur la corde et sert de nœud d'assurance. L'utilisation d'une poulie sous le nœud permettait de conserver plus facilement une tension dans

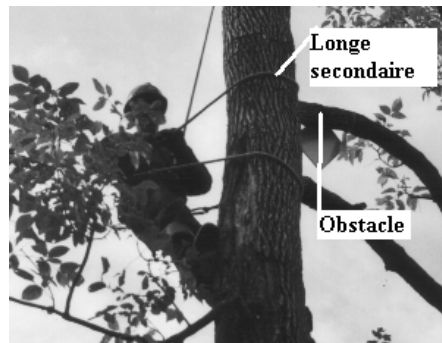
la corde. Son usage rendait possible le maniement du nœud à l'aide d'une seule main. Pour faciliter les déplacements, le système d'assurance était installé sur deux points d'attache sur le harnais ou la ceinture.



**Figure 16 : Installation de la corde avec deux points d'attache**

Durant le travail à l'éperon, pour le passage d'obstacle, les sujets devaient toujours :

- Prendre une position d'arrêt, en prenant soin de bien s'appuyer dans la longe.
- Utiliser l'autre côté de la longe comme longe secondaire et la fixer au-dessus de l'obstacle, soit autour d'une branche ou autour du tronc de l'arbre.
- Détacher la longe primaire et la remettre à sa place, ne pas la laisser pendre.
- Poursuivre l'ascension en recommençant le processus s'il y a d'autres obstacles.



**Figure 17 : Passage d'obstacle avec éperon**

Afin de faciliter le sauvetage en cas de blessure lors de la montée ou de la descente à l'éperon, les sujets étaient assurés au sol par un spécialiste à l'aide d'un système d'arrêt mécanique (ID). De cette manière, les sujets pouvaient concentrer leur attention sur l'évaluation des ceintures et harnais.

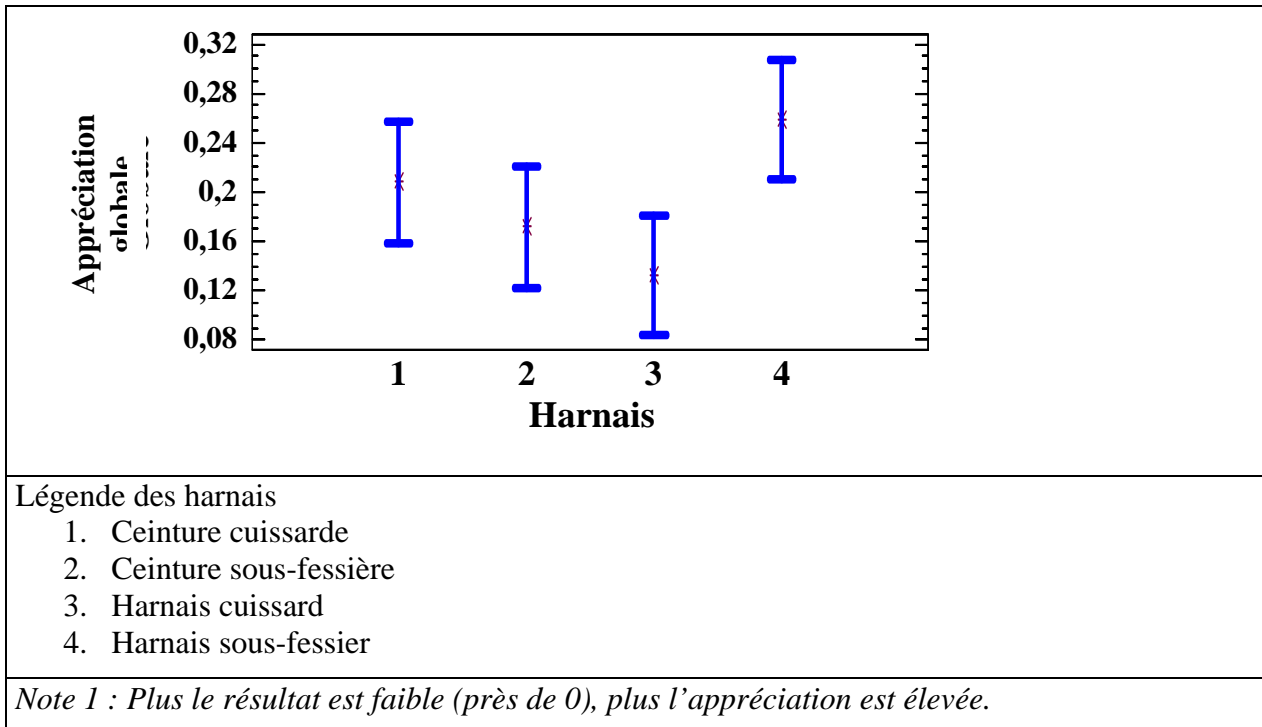
### **7.3.6 Résultats**

#### **7.3.6.1 Résultats du travail à la corde**

La figure 18 présente l'appréciation globale des sujets en fonction des ceintures et des harnais (intervalles de confiance 95 %). La seule différence significative se situe au niveau de la comparaison entre les deux harnais (3 et 4). On observe une préférence des travailleurs pour le

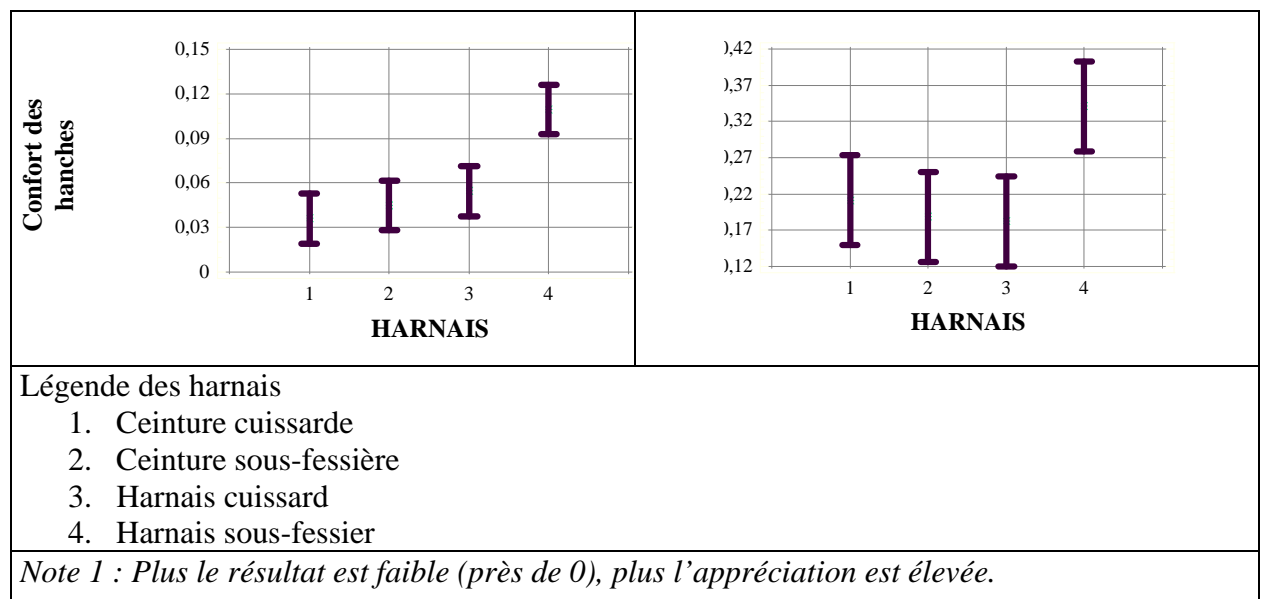


harnais de type cuissard (3). Celui-ci ne s'avère cependant pas mieux apprécié par rapport aux deux ceintures (1 et 2).



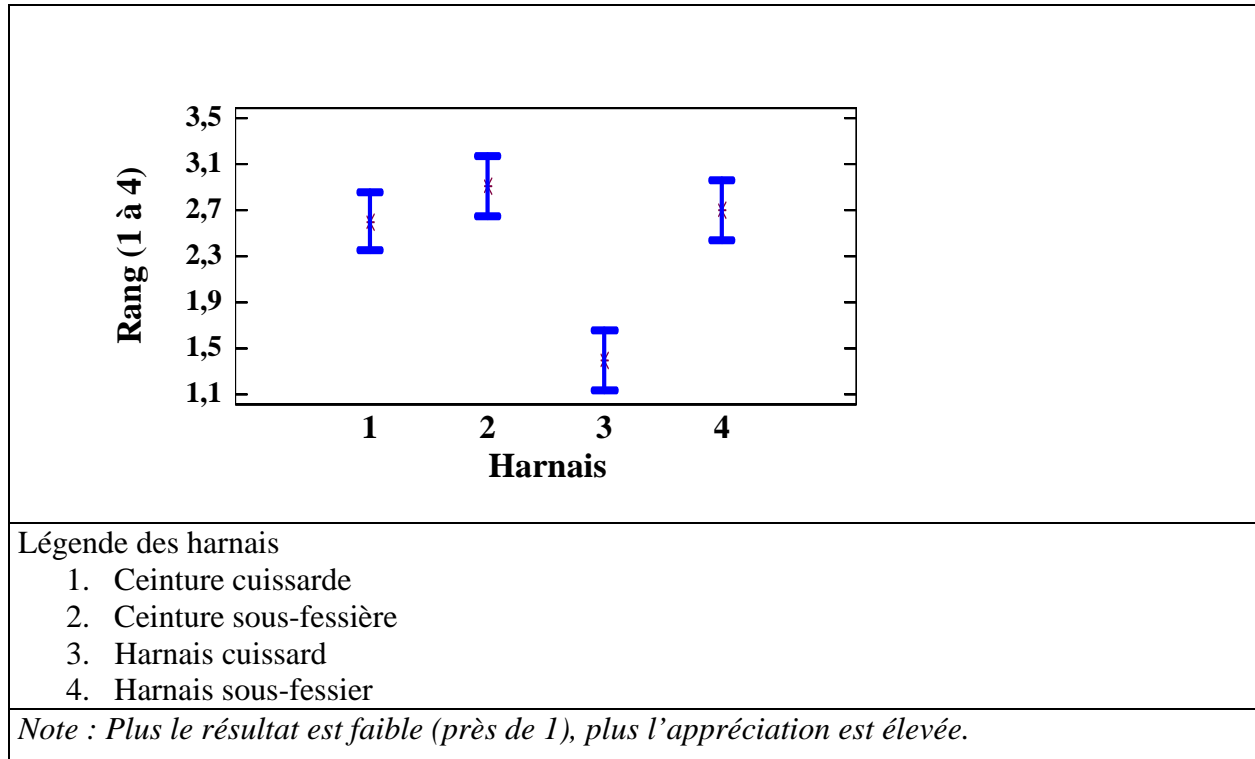
**Figure 18 : Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail à la corde**

Au niveau du confort des épaules et des hanches illustré au tableau 13, le harnais 4 est jugé comme étant le moins confortable. Il n'y a pas de différence entre les autres configurations de ceintures et harnais.



**Tableau 13 : Confort des épaules et des hanches des ceintures et harnais pour le travail à la corde**

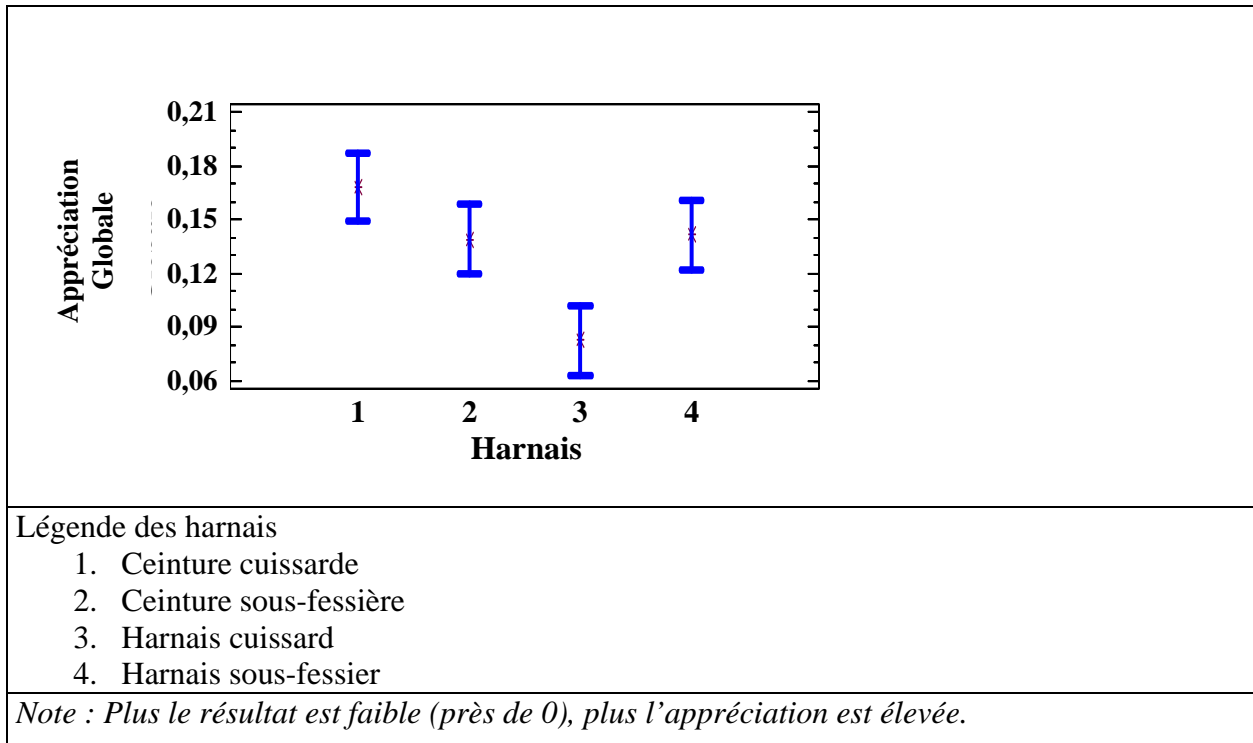
Pour le classement par rang obtenu (disponible à l'annexe 1), le harnais 3 (harnais cuissard) a été classé premier dans 70 % (7/10) des cas. Le harnais 4 (sous-fessier) et la ceinture 1 (cuissard) ont aussi obtenu des classements au premier rang. Pour une configuration identique au niveau des hanches (sous-fessière), il semble que le port de bretelle influence positivement le classement des travailleurs puisque le harnais 4 obtient des classements au premier rang contrairement à la ceinture 2. Le harnais 3 (cuissard) est le seul à ne pas avoir été placé au dernier rang.



**Figure 19 : Classement moyen par rang des ceintures et harnais pour le travail à la corde**

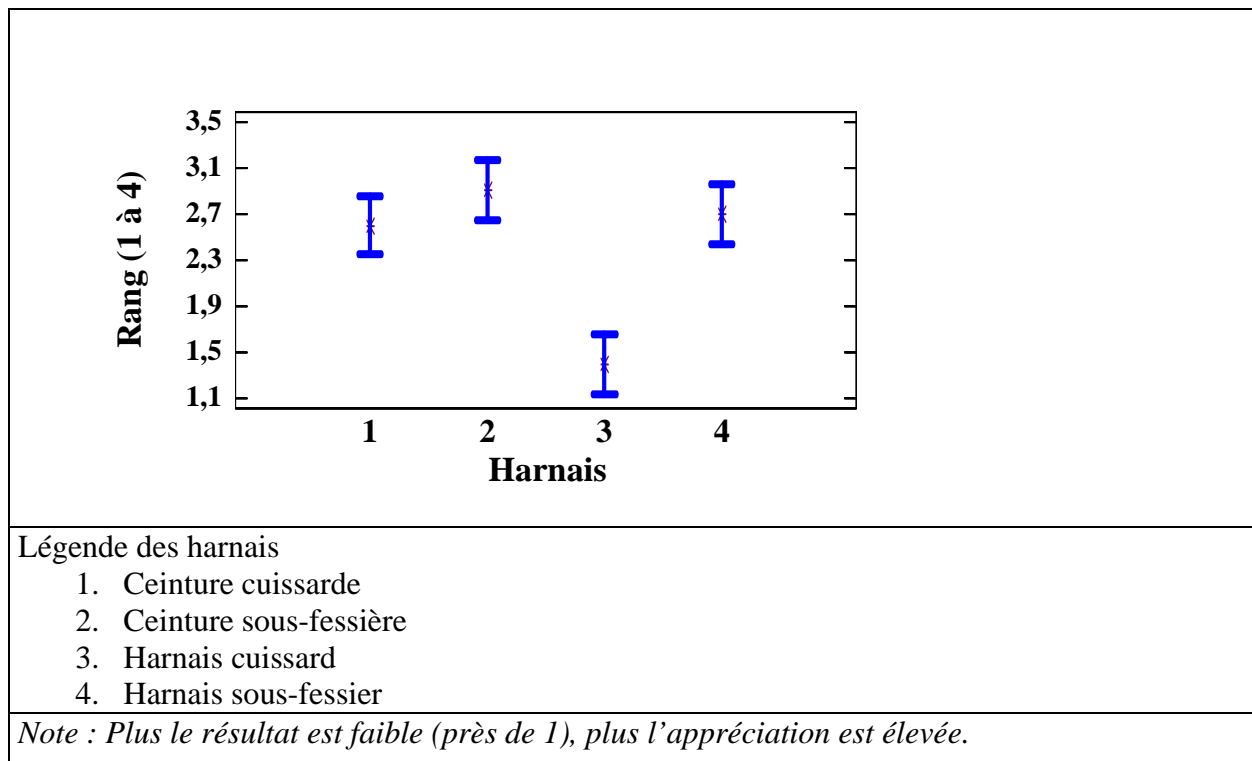
### 7.3.6.2 Résultat du travail avec éperon

La figure 20 représente l'appréciation globale des sujets en fonction des ceintures et des harnais (intervalles de confiance 95 %). Le harnais avec cuissard est le plus apprécié globalement par rapport aux autres configurations de ceinture et de harnais. Ces dernières n'ont pas d'effet significatif sur l'appréciation globale des travailleurs.



**Figure 20 : Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail à l'éperon**

La figure 21 illustre pour chacun des harnais et ceintures leur classement par rang moyen. Le harnais 3 (cuissard) obtient une première position 9 fois sur 10. La ceinture 1 est classée 5 fois sur 10 au second rang et le harnais 4 est noté 5 fois sur 10 au troisième rang. La ceinture 2 est classée 2 fois sur 10 au premier et deuxième rang et 3 fois sur 10 au troisième et quatrième rang.



**Figure 21 : Classement moyen par rang des ceintures et harnais pour le travail à l'éperon**

### 7.3.7 Discussion

#### 7.3.7.1 Discussion pour le travail à la corde

Durant le travail à la corde, autant pour le confort aux niveaux des épaules, des hanches que pour l'appréciation globale, le harnais complet avec support sous-fessier s'avère moins confortable et moins apprécié globalement. Au niveau des hanches, cela s'explique par la largeur et la rigidité de ce support qui interfère avec les branches de l'arbre lors des déplacements. Au niveau des épaules, une explication combinant plusieurs facteurs est donnée au paragraphe suivant.



**Figure 22 : Déplacements latéraux des sujets**



**Figure 23 : Rebords latéraux du support sous-fessier**

Les sujets sont majoritairement en mouvements latéraux comme le démontre la figure 22. Les mouvements des membres inférieurs sont faits majoritairement en abduction et adduction (flexions et extensions latérales). Le support sous-fessier qui remonte sur les côtés (figure 23) nuit donc aux mouvements. Lorsque le support sous-fessier accroche dans les branches ou nuit

aux mouvements latéraux, une partie des tensions des hanches est transférée au harnais complet occasionnant des tensions inutiles aux niveaux des épaules. Ceci explique en partie pourquoi le harnais 4 (sous-fessier) est moins confortable aux épaules.

De façon positive, le harnais complet avec cuissards est apprécié globalement au même niveau que les deux ceintures et beaucoup plus que le harnais sous-fessier; il est classé premier devant les deux ceintures et le harnais avec sous-fessière. Premièrement, le harnais complet avec cuissards offre un confort au niveau des épaules aussi grand que les deux ceintures qui ne possèdent pas de bretelles. L'appréciation de la variable confort démontre que les bretelles de ce harnais sont tellement confortables que les élagueurs ne semblent pas percevoir leurs présences. Au niveau des hanches, le port des cuissards permet une plus grande liberté de mouvement des membres inférieurs tout en donnant un bon support durant les suspensions en corde. Les cuissards n'accrochent pas dans les branches et sont, en plus, légers. Mais pourquoi ce harnais avec cuissards est-il plus apprécié qu'une ceinture avec cuissards? L'explication la plus crédible vient des commentaires des travailleurs (disponibles à l'annexe 2). Ceux-ci s'imaginaient avec des outils attachés à la ceinture; selon eux, des bretelles confortables et bien ajustées supportent une partie de la charge qui avec une ceinture n'appuierait que sur les hanches.

Ainsi, le harnais complet avec cuissards est le plus apprécié par les sujets; il est aussi confortable que les ceintures. Comparativement aux ceintures, et selon les sujets, les bretelles supportent une partie de la charge des outils transportés à la ceinture. De plus, sans sous-fessière, le harnais avec cuissards est plus léger et moins accrochant.

### **7.3.7.2 Discussion pour le travail à l'éperon**

Les principales tendances du travail avec cordes se répètent lors du travail avec éperon. Ainsi, le harnais avec cuissards s'avère aussi confortable que les deux ceintures qui ne possèdent pas de bretelles. Cette observation est due au choix de bretelles optimales fait lors du protocole 7.1. Au niveau des hanches, l'ascension et la descente près du tronc sont toujours faites avec les deux membres inférieurs éloignés l'un de l'autre. Lors des cycles d'ascension, une grande partie de ce cycle est fait en abduction par le muscle tenseur du fascia latta. Durant ces mouvements latéraux, le port d'un support rigide sous-fessier nuit directement au mouvement d'abduction de la hanche.

## **7.4 Travail avec charge**

### **7.4.1 Objectifs**

Aux sections précédentes, certains travailleurs avaient spontanément mentionné le facteur « poids des outils » comme explication du confort accru avec un harnais. Afin de vérifier ce facteur, un protocole avec éperons, corde et charge a été mis au point. Il fait une synthèse des protocoles précédents. Les objectifs de ce protocole sont :

- Identifier si un harnais est aussi confortable qu'une ceinture pour le travail à l'éperon et à la corde avec outils suspendus à la ceinture
- Identifier si un harnais à configuration en X extensible est aussi confortable qu'un harnais à configuration en V rigide avec le port d'un outil.

### 7.4.2 Sujets

**Tableau 14 : Sujets pour le travail avec charge**

n = 9	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids(kg)
Moyenne	35,1	11,7	173,6	75,9
Maximum	45	22	183	100
Minimum	28	3	165	65




### 7.4.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de harnais et de ceintures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau des épaules</li> <li>✓ Niveau de gêne (nuisance) au niveau des hanches</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>

### 7.4.4 Configuration des harnais et ceinture

Les harnais et ceintures de positionnement (ADP) provenaient du même fabricant afin de standardiser les résultats. Les harnais et ceintures à configuration ADP étaient de type cuissards.

**Tableau 15 : Configurations de la ceinture et des harnais pour le travail avec charge**

1	2	3
Ceinture avec cuissardes	Harnais cuissard avec bretelles rigides en V	Harnais cuissard avec bretelles extensibles en X
		

### 7.4.5 Tâches

Les tâches à effectuer étaient réparties sous forme de stations à l'intérieur d'un circuit similaire à la section précédente. Une fois les sujets prêts à partir, ils étaient laissés libres d'utiliser le chemin et les techniques voulues à condition que les stations soient faites dans l'ordre préétabli. Les stations étaient conçues pour que toutes les facettes des mouvements possibles soient touchées :

Station 1 : montée sans obstacle;

Station 2 : montée avec obstacles;

Station 3 : déplacements latéraux à l'aide d'éperons et de la corde;

Station 4 : déplacements latéraux à l'aide d'éperons et de la corde;

Station 5 : descente en rappel.

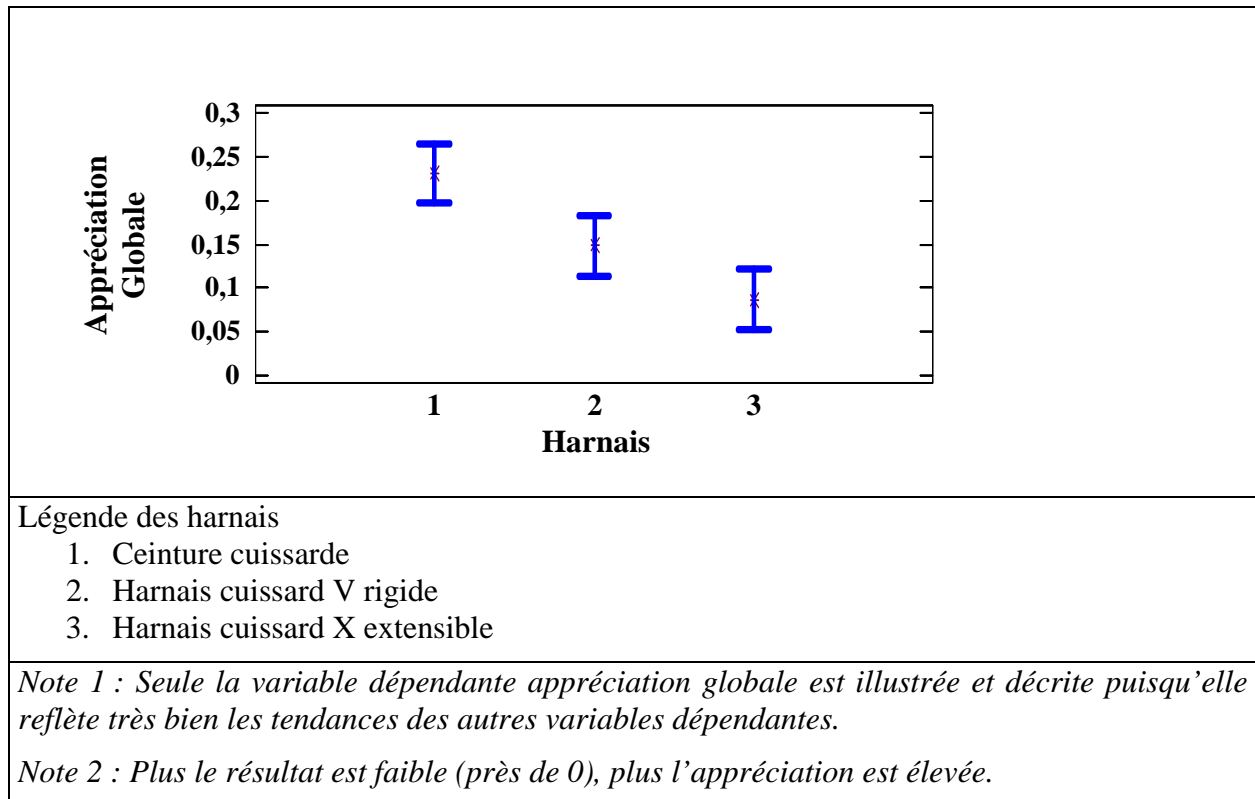
Lors de l'ascension avec éperon jusqu'à la station 2, les consignes de sécurité étaient les mêmes que ceux du protocole à éperons. Par contre, les élagueurs n'étaient plus assurés par un autre individu au sol, mais par une méthode d'auto assurage. De plus, lorsqu'ils franchissaient un obstacle, ils n'utilisaient plus la seconde moitié de la longe, mais un nœud de Blake installé en double (figure 24) sur la corde de travail qu'ils montaient avec eux jusqu'à la station 2.



**Figure 24 : Noeud de Blake en double**

#### **7.4.6 Résultats**

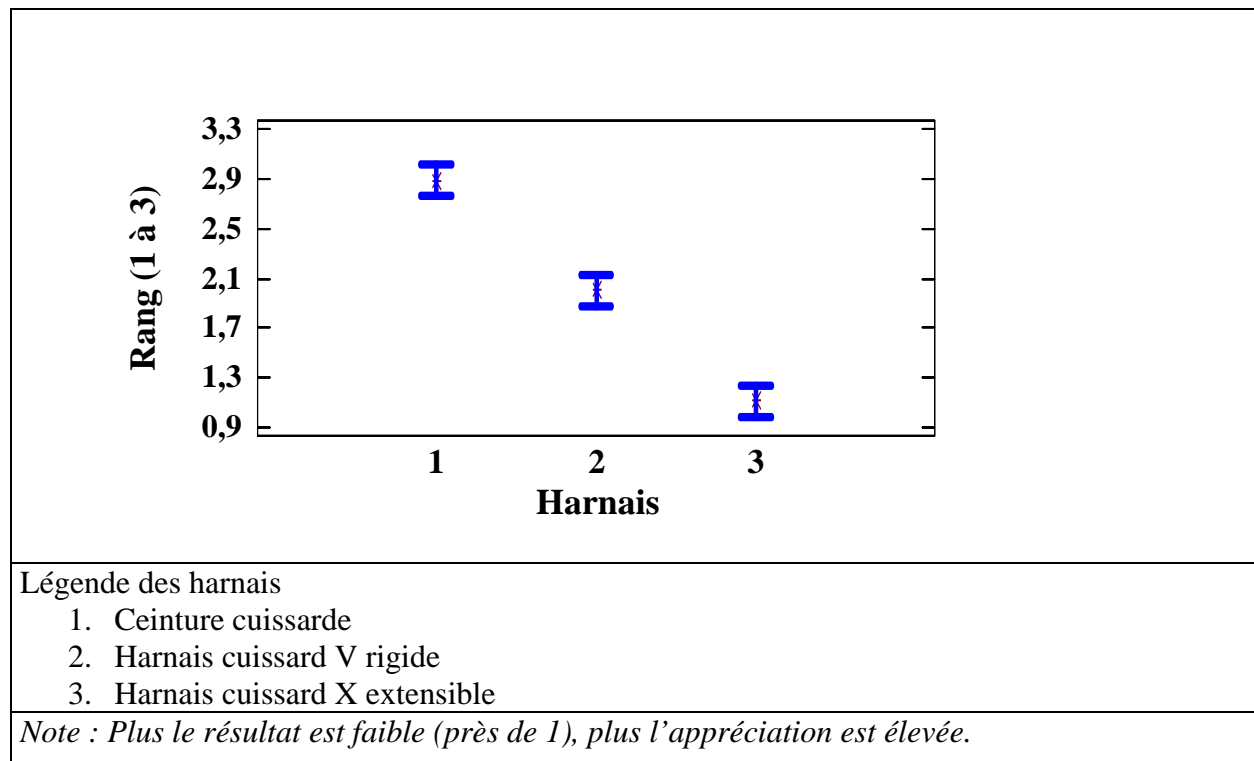
La figure 25 illustre l'appréciation globale des sujets pour la ceinture de type cuissard et les harnais de type cuissard à bretelles rigides en double V et à bretelles extensibles croisées. Une différence significative ( $p < 0,05$ ) est présente entre la ceinture et les deux harnais. Ceux-ci semblent plus appréciés globalement. Il n'y a cependant pas de différence entre les deux harnais.



**Figure 25 : Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail avec charge**

Le classement par rang de la ceinture et des deux harnais démontre clairement une préférence pour les deux harnais par rapport à la ceinture lors du port d'un outil. Une différence est observée aussi entre les deux harnais. Le harnais à bretelles croisées et extensibles (3) est le plus apprécié dans 8 fois sur 9.





**Figure 26 : Rang moyen des harnais et ceinture pour le travail avec charge**

### 7.4.7 Discussion

Dans les sections précédentes, les harnais avaient été essayés sans charge pour simplifier les protocoles et pour faire porter l'attention sur le harnais. Or, les élagueurs ont toujours des outils attachés à leur ceinture et certains élagueurs participant à l'étude avaient spontanément mentionné le poids des outils comme facteur de confort. Dans des conditions sans charge d'outils, le harnais avec sangles croisées extensibles était apparu le plus acceptable (section 7.1). Une hypothèse devait être vérifiée : est-ce que les bretelles extensibles constamment sous tension à cause du poids des outils se rigidifieraient au point que le harnais serait alors semblable à un harnais à sangles rigides. Or les élagueurs préfèrent les harnais à sangles extensibles comparativement aux sangles rigides (section 7.1); on pouvait craindre que les bretelles extensibles deviennent inconfortables. Les résultats de la section 7.4.6 montrent clairement que le harnais avec sangles croisées extensibles demeure le préféré suivi du harnais avec sangles en V rigides. Ainsi, malgré le port d'outil et l'ajout d'une charge aux épaules, le matériau extensible conserve toujours un degré d'élasticité minimal pour un confort optimal des épaules et des hanches.

## 7.5 Vérification à long terme du harnais optimal

### 7.5.1 Objectif

- Vérifier lors de travaux à long terme avec des conditions externes (heure de travail, tenue vestimentaire, température extérieure, outils utilisés, type de travail, mode d'accès à l'arbre, type et diamètre de l'arbre) variées si la configuration optimale trouvée lors des six protocoles précédents demeure la même.
- Vérifier le comportement de la cotation du groupe expérimental par rapport à un groupe témoin n'ayant aucune connaissance des protocoles précédents.

Tous les sujets possédaient la configuration optimale du harnais à bretelles élastiques et croisées déterminées lors des protocoles précédents prévus à cet effet.

### 7.5.2 Sujets

Les sujets participant à l'étude étaient divisés en deux groupes d'élagueurs expérimentés ne démontrant aucune pathologie. Le premier groupe était composé des élagueurs ayant participé aux protocoles précédents. Le second groupe était formé d'élagueurs n'ayant pas eu connaissance des protocoles expérimentaux. Les sujets étaient volontaires pour l'expérimentation et étaient rémunérés pour leurs heures de travail. De plus, afin d'avoir un échantillonnage le plus représentatif du milieu, les sujets ont été recrutés à l'intérieur des milieux municipaux, de réseaux électriques et résidentiels/commerciaux.

### 7.5.3 Consignes et déroulement

Durant les semaines expérimentales, les sujets devaient obligatoirement utiliser le harnais pour tous les types de travaux. Durant ce temps, chaque sujet avait en sa possession un cahier de bord où il devait indiquer ses appréciations pour les variables dépendantes. Ces variables étaient :

- Confort au niveau des épaules
- Nuisance au niveau des épaules
- Confort au niveau des hanches
- Nuisance au niveau des hanches
- Sentiment de sécurité
- Appréciation globale

Les énoncés équivalents aux valeurs 1 et 2 étaient positifs (ex : très confortable, confortable) tandis que les énoncés des valeurs 3 et 4 étaient négatifs (ex : inconfortable, très inconfortable). Le fonctionnement du cahier de bord a été expliqué par le professionnel de recherche lors de la première rencontre où la distribution du harnais a été faite. Les principales règles de fonctionnement du cahier étaient :

- Remplir toutes les cases à chaque cotation.
- Une ligne correspond à un scénario de travail. Si une des variables (type de travail, outils, vêtement...) du scénario de travail est modifiée, le travailleur devait changer de ligne. Ainsi, pour un même arbre fait dans le même quart de travail, si le travailleur enlevait une épaisseur de vêtement, changeait d'outil ou de type de travail, ils devaient aussi changer

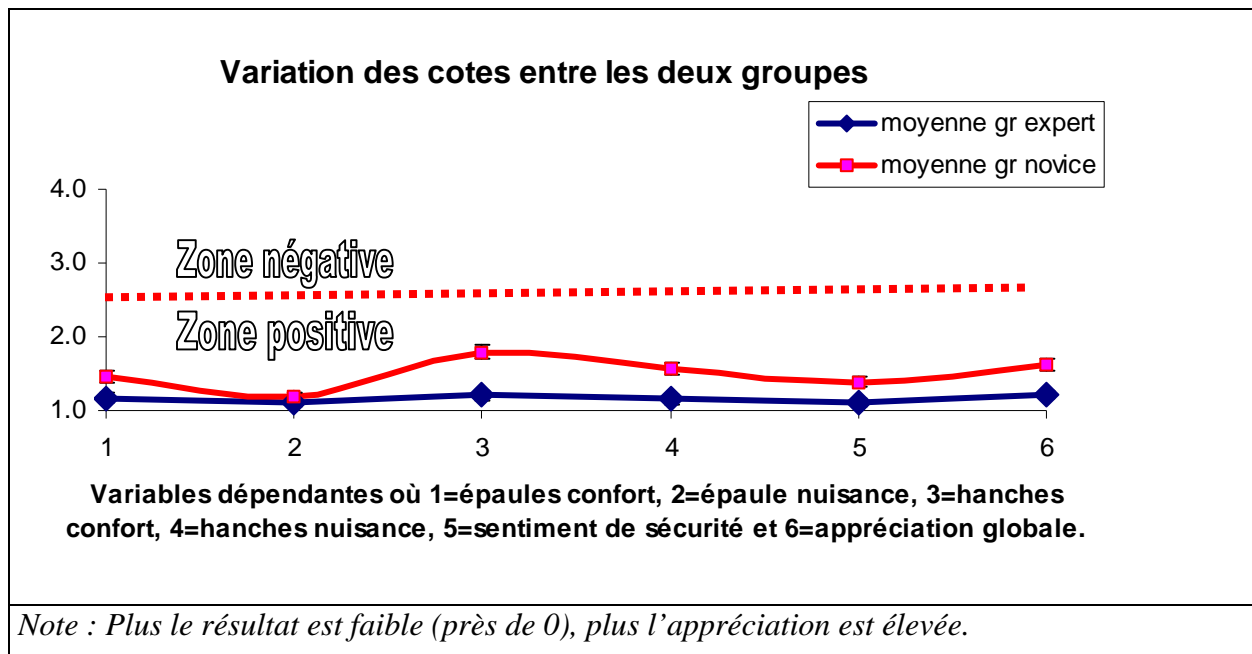
de scénario de travail. De cette manière, chaque cotation des variables dépendantes se voyait associée à une situation stable ayant subi un minimum de changement.

- Les cases *habillement haut* et *outils* pouvaient comporter plusieurs éléments lors d'un même scénario. Afin de pouvoir compiler logiquement ces variables, les éléments de ces cases étaient listés dans la légende en ordre croissant d'épaisseur pour l'habillement et en ordre croissant de poids et encombrement pour les outils. Ainsi, un T-shirt était identifié par le n° 1 tandis qu'un manteau l'était par le n° 5. Logiquement, un coton ouaté identifié par le n° 2, équivalait à 2 T-shirt de chiffre 1 ( $1 + 1 = 2$ ) ou un T-shirt n° 1 et un coton ouaté n° 2 équivalaient en épaisseur à un polar n° 3 ( $1 + 2 = 3$ ). Dans la matrice des données, des colonnes supplémentaires (épaisseur haut et somme outils) furent ajoutées par les expérimentateurs afin d'avoir les épaisseurs totales (somme des pièces de vêtement) des habillements et l'encombrement total des outils.

#### **7.5.4 Résultats et discussion**

Pour assurer la cohérence et la validité des cotations des travailleurs, une régression simple a été faite entre les températures indiquées par les travailleurs (vérifiées avec celles d'*Environnement Canada* pour les mêmes dates) et les épaisseurs des vêtements portés pour le haut du corps. L'analyse de régression indique un coefficient de corrélation de  $r = 0,74$  ce qui est très acceptable.

La figure 27 démontre les cotations moyennes pour chacune des variables dépendantes, et ce, pour le groupe expert (sujets ayant participé aux protocoles précédents) et pour le groupe témoin (sujet n'ayant pas participé à aucun protocole). Ce graphique démontre que peu importe la connaissance des démarches scientifiques pour élaborer le harnais optimal, les résultats demeurent toujours dans la zone d'appréciation positive. La principale différence entre les deux groupes provient du confort au niveau des hanches. Il est probable que, puisque le groupe expert avait leur harnais optimisé depuis un certain, celui-ci avait épousé leur morphologie et le rendait ainsi plus confortable.



**Figure 27 : Cotes moyennes des deux groupes de travailleurs sur différentes variables dépendantes pour la vérification à long terme du harnais optimisé**

La figure 27 démontre que pour toutes les variables dépendantes, l'appréciation des travailleurs se situe uniquement dans la zone positive.

#### 7.5.4.1 Travailleur type selon les variables extrinsèques les plus fréquentes

L'analyse de tous les renseignements obtenus sur les travailleurs a permis l'identification d'un travailleur type et de son appréciation des différentes variables. (tableaux 16 et 17)

Les données proviennent des 735 scénarios recueillis durant les semaines d'expérimentation. Par exemple, sur 735 scénarios, 609 fois le type de travail fut un élagage. (tableau 16)

**Tableau 16 : Travailleur type**

Type de travail	Élagage = 609 / 735
Cycles de travaux	AM 1 = 243 AM 2 = 176 PM = 213
Habillement Haut	3 pièces = 505 / 735
Habillement Bas	Pantalon de protection contre les scies à chaîne = 465 / 589
Durée dans le harnais	Moins de 16 minutes = 8 % 16 minutes à 30 minutes = 32 % 31 minutes à 60 minutes = 37 % plus de 60 minutes = 22 %
Outils	Émondoir et scie mécanique = 499 / 735
Accès à l'arbre	Échelle = 458 / 735 Corde = 332 / 735
Type d'arbre	Feuillus = 650 / 735
Diamètre de l'arbre	1 cm à 30 cm = 304 / 735 31 cm à 60 cm = 326 / 735

**Tableau 17 : Cotations moyennes pour chacune des variables dépendantes selon un travailleur type**

	Épaules confort	Épaules nuisance	Hanches confort	Hanches nuisance	Sentiment sécurité	Appréciation globale
<b>Cote moyenne du travailleur type</b>	<b>1</b> Très confortable	<b>1</b> Pas du tout nuisible	<b>2</b> Confortable	<b>1</b> Pas du tout nuisible	<b>1</b> Très sécuritaire	<b>2</b> Acceptable

## 7.6 Conclusion sur les harnais

- *Dans certains protocoles, le confort au niveau des épaules ne démontrait pas de différence significative entre le port des bretelles croisées élastiques par rapport aux deux ceintures qui ne possédaient pas de bretelle. Cette conclusion infirme le préjugé que les bretelles d'un harnais sont une source d'inconfort. Il faut également observer que plusieurs élagueurs ajoutent des bretelles à leur ceinture à cuissardes, créant ainsi une sorte de harnais.*
- *Au niveau des hanches, le port de cuissards permet une plus grande liberté de mouvement des membres inférieurs tout en donnant un bon support durant les suspensions en corde. De plus, les cuissards ne s'avèrent pas accrochant dans les branches et sont légers.*

- *Malgré le port d'outil et l'ajout d'une charge aux épaules lors de simulations réelles, le matériau extensible conserve un degré d'élasticité minimal pour un confort optimal des épaules et des hanches.*
- *Peu importe l'expérience des sujets et leurs connaissances des démarches scientifiques pour élaborer le harnais optimal lors des différents protocoles, les appréciations demeurent toujours positives pour l'utilisation d'un harnais complet.*
- *Globalement, la configuration en double V peut s'avérer un compromis si le matériau extensible n'est pas disponible sur le marché. Cependant si ce matériau élastique est disponible, il est préférable de demeurer avec la configuration la plus simple possible (croisée) et le matériau extensible.*

## **7.7 Fiche technique du harnais**

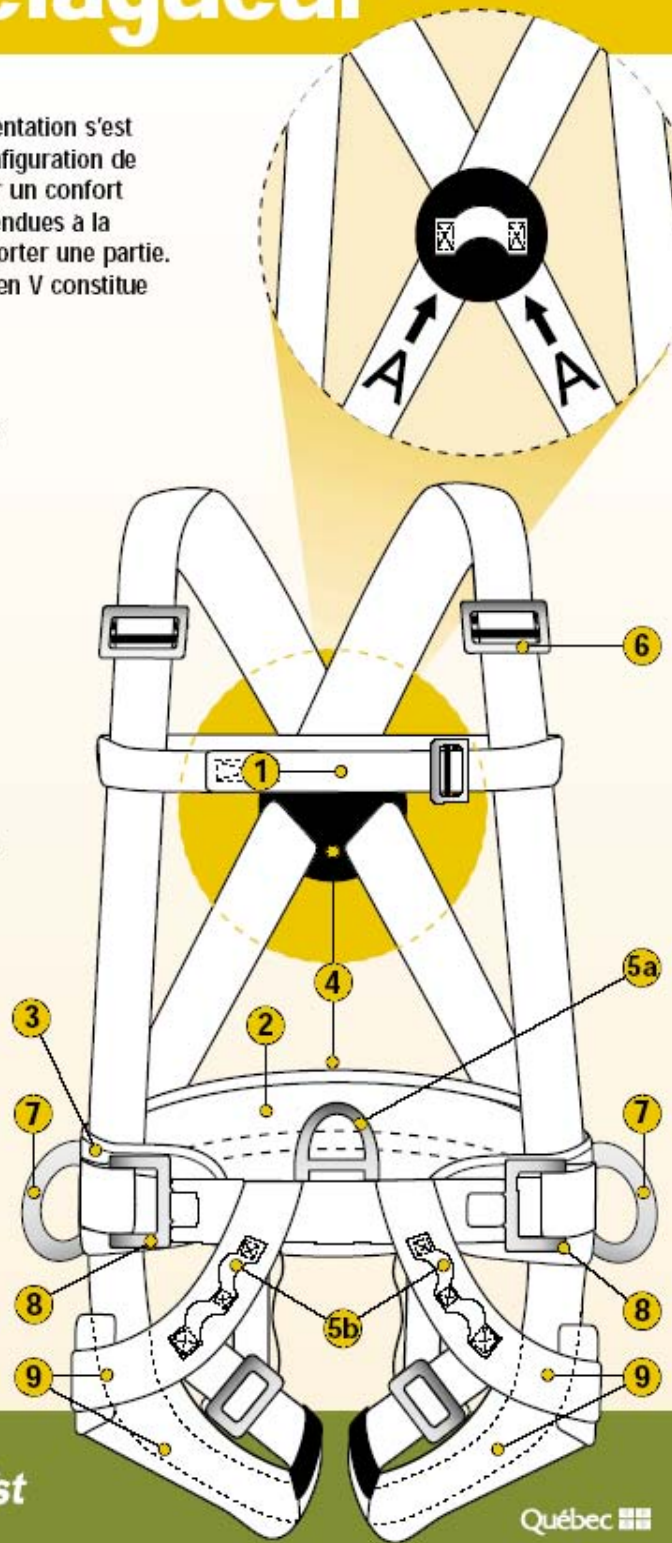
Une fiche technique a été produite par l'équipe de recherche immédiatement après la fin du protocole harnais. Elle décrit les caractéristiques essentielles d'un harnais pour élagueurs. Elle a été publiée par la CSST et est reproduite dans les pages qui suivent; elle est également téléchargeable sur le site web de la CSST au [www.csst.qc.ca](http://www.csst.qc.ca).

## Fiche technique

# Harnais pour élagueur

Le choix des élagueurs qui ont participé à l'expérimentation s'est porté sur les sangles extensibles croisées. Cette configuration de sangles, tout en étant sécuritaire, offre au travailleur un confort accru lorsque des charges additionnelles sont suspendues à la ceinture, puisque les épaules peuvent alors en supporter une partie. La configuration de sangles traditionnelles (rigides) en V constitue le deuxième choix.

- ① La sangle de poitrine est munie d'une bande velcro ou d'une boucle et peut être ajustée verticalement sur les sangles du harnais.
- ② Le support large et coussiné offre un grand confort lors des travaux de longue durée effectués en appui dorsal.
- ③ Les ouvertures entre le support dorsal et la ceinture sur les côtés permettent l'insertion de mousquetons à accessoires pour fixer la scie à chaîne ou d'autres équipements.
- ④ L'ouverture entre le support dorsal et la ceinture à l'arrière permet l'ajout d'équipement d'arrêt de chute, tel une sangle rétractable. La sangle rétractable (CSA-Z259.2.2, SRL type 1) est suspendue à la ceinture et fixée à l'attache dorsale désignée par un A et une flèche.
- ⑤a Le point d'attache central (Classe D) permet au travailleur d'utiliser un système de suspension traditionnel
- ⑤b « en simple », alors que les points d'attache (Classe D) de chaque côté lui permettent d'utiliser un système de suspension « en double »,
- ⑥ Un système d'ajustement à boucles minces, à l'avant, permet au travailleur d'effectuer les ajustements nécessaires rapidement et facilement.
- ⑦ Les anneaux de positionnement (Classe P) sont munis d'un système de blocage limitant le pivotement vers l'arrière pour permettre au travailleur de mieux les repérer.
- ⑧ Les boucles à ardillon ou à friction, situées sur les côtés, permettent de conserver un point d'attache central bien symétrique à l'avant.
- ⑨ Les cuissards larges et coussinés ainsi que les boucles d'ajustement minces augmentent le confort et la mobilité lors du travail en suspension ou dans les branches. Les sangles de retenue à l'arrière des cuissards permettent de s'assurer que ces derniers sont confortables.



La prévention, j'y travaille !

CSST  
www.csst.qc.ca

irst

Québec

Composants	Spécifications
Harnais	<p><b>Configuration des sangles dorsales</b></p> <p>en « X » avec sangles extensibles OU en « V » avec sangles rigides</p> <p><b>Sangle de poitrine : Sangle rigide munie d'une bande velcro ou d'une boucle</b> La résistance à la rupture, la largeur et l'épaisseur des sangles sont conformes à la norme CAN/CSA-Z259.10-M90 (R1998).</p>
Support et ceinture	<p><b>Support</b></p> <p>Coussiné Hauteur minimale au centre : 98 mm</p> <p><b>Ceinture</b></p> <p>Ajustements sur les côtés, avec des boucles à friction de préférence Disponible dans des tailles différentes Des passants de chaque côté pour fixer des mousquetons et des accessoires 1 crochet pour suspendre des accessoires de chaque côté 1 passant à l'arrière pour la fixation d'équipement d'arrêt de chute 1 sangle pour support à matériel de chaque côté à l'arrière</p>
Cuissards	<p>Coussinés Hauteur minimale au centre : 98 mm Ajustements à boucles, faciles et rapides Sangles de retenue ajustables à l'arrière</p>
Points d'attache	<p><b>Positionnement (Classe P)</b></p> <p>En acier forgé Force minimale de rupture de 22 kN Blocage vers l'arrière</p> <p><b>Suspension et descente (Classe D)</b></p> <p>5 points d'attache répartis à la hauteur des hanches et des cuisses. Ils sont conformes à la norme CSA-Z259.12-01. S'ils sont en fibres synthétiques, il s'agit de nylon recouvert de tissu tubulaire en polyester ayant une force minimale de rupture de 22 kN. Afin d'obliger l'utilisateur à se servir de mousquetons (<i>kara-biner</i>) seulement et de l'empêcher d'utiliser des crochets (<i>snap-hook</i>), l'épaisseur ou le diamètre du tube sera de <math>25 \pm 5</math> mm et le diamètre de l'ouverture sera inférieur à 25 mm.</p> <p><b>Arrêt de chute (attache dorsale, classe A)</b></p> <p>Nylon recouvert d'un tissu tubulaire de polyester ou en acier forgé Force minimale de rupture de 22 kN</p>
Conformité à la norme	CAN/CSA-Z259.10-M90(R1998) Harnais de sécurité Classe ADP

Source : Arteau, J., Y. Beauchamp, I. Langlais et F. Vachon. « Travail en hauteur et protection contre les chutes pour les élagueurs », Rapport de recherche, IRSST, 2002 (à paraître).



## **8. EFFICACITÉ DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ASSURANCE**

### **8.1 Contexte**

Les différents systèmes d'assurance et d'accès à l'arbre proposés sont le résultat de la combinaison de plusieurs équipements et sous-systèmes provenant de l'élagage, de secourisme, de l'alpinisme, de la spéléologie et de la protection contre les chutes en milieu industriel. Les exigences des normes applicables sur les équipements de secourisme, d'alpinisme et de spéléologie diffèrent des exigences des normes applicables aux équipements de protection contre les chutes. Dans le but de mesurer l'efficacité et la fiabilité des systèmes proposés, des essais dynamiques de résistance mécanique sont réalisés selon les normes CSA en vigueur pour les applications industrielles; les règlements exigent d'ailleurs que les équipements de protection soient conformes à ces normes CSA. Les systèmes et équipements qui réussiront les essais mécaniques seront ensuite considérés pour les essais de mesure de convivialité en situation de travail avec les élagueurs évaluateurs.

### **8.2 Objectif**








Mesurer l'efficacité et la fiabilité des différents systèmes selon les normes CSA à l'aide d'essais mécaniques.

### **8.3 Les systèmes**

#### ***8.3.1 Les nœuds et dispositifs de l'arrêt de chute***

Les nœuds et dispositifs mécaniques d'arrêt de chute étaient faits et/ou installés par le spécialiste en élagage. Les nœuds correctement serrés.

**Tableau 18 : Descriptions et illustrations des différents nœuds et dispositifs de l'arrêt de chute**



Système	Illustration	Système	Illustration
Nœud Prussik : 4 tours, fait avec la corde 12,5 mm 16 fuseaux	N/A	Nœud Kliemheist : 6 tours, fait avec la corde 10 mm Kernmantle EZ-Bend	
Nœud Blake : 4 tours, fait avec la corde 12,5 mm 16 fuseaux		Poignées CMI (Mar Bar) d'ascension avec lien de retenue (système mécanique)	
Nœud Distel : 4 tours, fait avec la corde 10 mm Tenex		Lock-Jack (système mécanique)	
Nœud Prussik : 6 tours, fait avec la corde 10 mm Kernmantle EZ-Bend		Mimona, CRTS (système mécanique)	

Une description complète des systèmes est présentée à l'annexe 4

### 8.3.2 Les systèmes d'ascension

Les systèmes d'ascension de type « Gri-gri » ainsi que le I'D sont des dispositifs dans lesquels, sans mouvement brusque, une corde coulisse librement; ce sont des bloqueurs ou descendeurs selon les besoins. En cas de tension de la corde, la poulie tourne sur son axe, pince la corde et ralentit son défilement. Les dispositifs sont certifiés CE comme descendeur assureur auto freinant pour des activités sportives (« Gri-gri ») et industrielles (I'D).



**Tableau 19 : Descriptions et illustrations des différents systèmes d'ascension**

Système	Illustration
Gri-Gri, Petzl : Comme système d'assurance dans la base du tronc	
I'D, Petzl : Comme système d'assurance dans la base du tronc	

### 8.3.3 Les étrangleurs

L'étrangleur est une corde qui fait le tour de l'arbre comme un lasso; en tirant sur une ou deux extrémités, on provoque un renfermement qui étrangle l'arbre et éventuellement permet un arrêt de la chute (Arteau et al, 1997) lors d'ascension ou travaux statiques.

**Tableau 20 : Descriptions et illustrations des différents systèmes d'étranglement**



Dispositifs d'étranglement	Illustration
Pole Chocker, Jelco	
Friction Saver ajustable, Buckingham	

### 8.3.4 Les protège-cambium

En protection contre les chutes, les systèmes d'arrêt visent à arrêter la chute en minimisant la force maximum d'arrêt pour ne pas causer de lésions au travailleur et réduire la force appliquée à l'ancrage. L'absorbeur d'énergie est un dispositif qui réduit cette force à une valeur physiologiquement acceptable. Dans la plupart des cas, l'absorbeur d'énergie est fixé à l'anneau dorsal du harnais. Pour les élagueurs, ce mode d'attache n'est pas possible puisque les cordes

sont attachées à l'avant du harnais à la hauteur du bassin. Les différentes façons de s'attacher (voir tableau 30) ne permettent pas d'incorporer un absorbeur près du harnais sans causer une interférence importante avec les mouvements et l'opération des cordes et attaches. Après de longues discussions, il est apparu que le seul dispositif existant qui permet d'intégrer un absorbeur d'énergie est le protège-cambium (en anglais : friction saver). Il est généralement présent dans la tête de l'arbre et sa transformation en protège-cambium absorbeur d'énergie ne modifie pas les modes opératoires des élagueurs. Celui mis à l'essai était un produit en développement. Suite aux essais rapportés ci-dessous, un protège-cambium commercial a été raffiné et mis en vente.

**Tableau 21 : Descriptions et illustrations des différents protège-cambium**

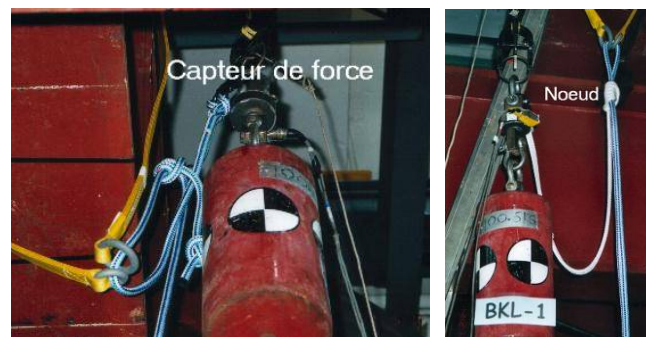
Protège-cambium	Illustration
Friction Saver standard, Buckingham	
Friction Saver avec absorbeur d'énergie, Buckingham	

## 8.4 Variables mesurées lors des essais

Les essais dynamiques ont été réalisés au Laboratoire des structures de l'École Polytechnique de Montréal; ce laboratoire est un collaborateur régulier de l'IRSST pour ce genre d'essais.

### 8.4.1 Forces maximales lors de l'impact

Pour réaliser ces essais, un capteur de force était fixé à une masse et une corde verticale compatible avec l'équipement attachée à l'ancrage. Les dispositifs étaient positionnés sur la corde. Une corde d'arboriculteur et une masse rigide de 100 kg y étaient fixées. Trois essais furent réalisés par nœud ou dispositif. Les données étaient recueillies à un échantillonnage de 10 000 Hz. Afin de former une enveloppe linéaire du signal, les données étaient rectifiées et filtrées à 100 Hz.



**Figure 28 : Dispositif de quantification des forces**

Pour les essais réalisés sur les protège-cambium, le capteur de force était fixé entre le protège-cambium et la masse de 100 kg. La masse était soulevée de telle sorte qu'une chute libre de 1,8 m soit générée. Trois essais ont été réalisés. Les données étaient aussi recueillies à un échantillonnage de 10 000 Hz et filtrées à 100 Hz.

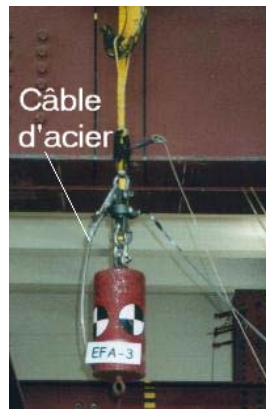


Figure 29 : Système d'évaluation des protège-cambium

#### 8.4.2 Glissement lors de l'impact

Avant la chute de la masse de 100 kg, une marque était faite à la corde principale au niveau supérieur du nœud ou du système mécanique. Par la suite, la mesure du glissement du nœud ou système était faite une fois la masse de 100 kg tombée et immobile.

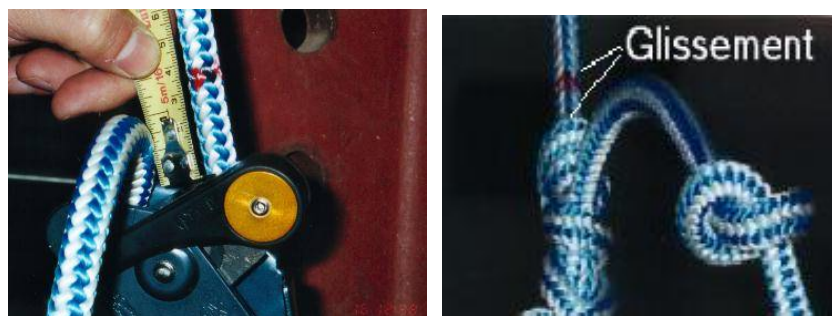


Figure 30 : Mesure du glissement du nœud et système mécanique

#### 8.4.3 Glissement sous la force résiduelle

Le glissement, sous la force résiduelle, était mesuré de manière identique au glissement lors de la chute. La force de traction était appliquée à l'aide d'un système mécanique de traction relié au sol et au système évalué par l'entremise du capteur de force pour la quantification de la force requise de 9 ou 22 kN.

#### 8.4.4 Étrangleurs

Pour les systèmes d'étranglement, chaque dispositif était fixé à un tronc d'arbre lisse. Le tronc lisse simulait la pire condition de rugosité, soit celle offrant le moins de résistance au frottement. Trois essais dynamiques de résistance avec une masse de 100 kg et une hauteur relative de chute libre aux épaules, à la ceinture et aux pieds ( $H = 0$  m, 0,6 m et 1,2 m) ont été réalisés pour un total de 18 essais. Après la chute, le glissement était mesuré par le spécialiste.

**Tableau 22 : Codes et conditions d'essais pour tests mécaniques**

Conditions d'essais	A	B	C	D0	D1,2	D2	E	F1	F2
Masse	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg
Hauteur de chute	Facteur 2	1,2 m	2 m	0 m	1,2 m	2 m	1,8 m	0,6 m	0,6 m
Installation	Corde dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Corde statique doublée sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Corde dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Corde dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Corde dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Corde dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Corde statique sur corde d'acier	Standard sur tronc d'arbre	Corde dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux
Norme d'essais CSA	Z259.2.1-1998	Z259.2.1-1998	Z259.2.1-1998	Z259.2.1-1998	Z259.2.1-1998	Z259.2.1-1998	Z259.11-1998	Z259.14-01	Z259.14-01

## 8.5 Résultats

**Tableau 23 : Résultats essais mécaniques - Partie A**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max moyenne (kN)	Glissement moyen (mm)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Nœud Prussik* <sup>1</sup> 4 tours, faits avec la corde 12,5 mm 16 fuseaux	A	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	13,7	53	4
Nœud Blake* <sup>1</sup> 4 tours, faits avec la corde 12,5 mm 16 fuseaux	A	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	14,26	18	2
Nœud Distel* <sup>1</sup> 4 tours, faits avec la corde 10 mm Tenex	A	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	8,48	462	13

*Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.*

**Tableau 24 : Résultats essais mécaniques - Partie B**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max Moyenne (kN)	Glissement moyen (mm)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Nœud Prussik <sup>1</sup> 6 tours, faits avec la corde 10 mm Kernmantle EZ-Bend	B	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	8,27	20	8,3
Nœud Kliemheist <sup>1</sup> 6 tours, faits avec la corde 10 mm Kernmantle EZ-Bend	B	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	9,7	75	38
Poignées CMI (Mar Bar) <sup>12</sup> d'ascension avec lien de retenue	B	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	10,6	4	4,7
<i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i>					

**Tableau 25 : Résultats essais mécaniques - Partie C**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max Moyenne (kN)	Glissement moyen (mm)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Lock-Jack, Hubert Kowaleski <sup>12</sup>	C	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	9,4	722	> 1 m
Mimona, CRTS <sup>12</sup>	C	- Glissement max = 1 m - Force résiduelle = 9 kN	très variable; 4,8 à 11 kN	> 1 m	> 1 m
<i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i>					

**Tableau 26 : Résultats essais mécaniques - Partie D1**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max Moyenne (kN)	Glissement moyen (mm)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Gri-Gri, Petzl <sup>12</sup>  Comme système d'assurance dans la base du tronc	D 1,2	- Glissement max = 150 mm - Force résiduelle = 9 kN	6,71	18	8
	D 1,2	- Glissement max = 150 mm - Force résiduelle = 9 kN	2,2	7	-
	D 2	- Glissement max = 150 mm - Force résiduelle = 9 kN	11,1	112	> 1 m
<i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i>					

**Tableau 27 : Résultats essais mécaniques - Partie D2**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max Moyenne (kN)	Glissement moyen (mm)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
l'D, Petzl <sup>12</sup>  Comme système d'assurance dans la base du tronc	D 1,2	- Glissement max = 150 mm - Force résiduelle = 9 kN	6,8	57	13
	D 0	- Glissement max = 150 mm - Force résiduelle = 9 kN	2	7	-
	D 2	- Glissement max = 150 mm - Force résiduelle = 9 kN	9,4	164	de 150 mm à > 1 m
<i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i>					



**Tableau 28 : Résultats essais mécaniques - Partie E**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max Moyenne (kN)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Friction Saver standard, Buckingham <sup>12</sup>	E	- Force d'arrêt max = 4 kN - Force résiduelle = 22 kN	21	Ok
Friction Saver avec absorbeur d'énergie, Buckingham <sup>12</sup>	E	- Force d'arrêt max = 4 kN - Élongation perm = 1,2 m - Force résiduelle = 22 kN	9	Ok

**Tableau 29 : Résultats essais mécaniques - Partie F**

Dispositifs	Conditions d'essais	Exigences d'essais	Force max Moyenne	Glissement moyen (mm)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Pole Chocker, Jelco	F1	- Glissement max = 1 m arbre sec - Temps de suspension après l'arrêt dynamique = 10 minutes	-	57	N/A
Friction Saver ajustables Buckingham	F2	- Glissement max = 1 m - Temps de suspension après l'arrêt dynamique = 10 minutes	-	50	N/A

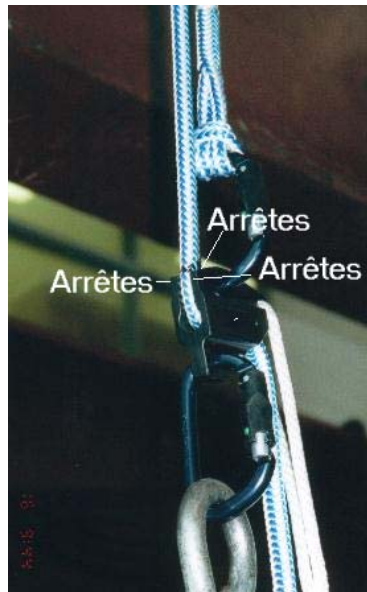
\* Les noeuds de terminaisons de cordes et les épissures, doivent rencontrer les exigences de la norme CSA-Z259.2.1-98, soit : avoir une force minimale de rupture de 22 kN (~5 000 lb).

<sup>1</sup> Les cordes utilisées pour fabriquer les nœuds et les cordes verticales doivent rencontrer les exigences de la norme CSA-Z259.2.1-1998, soit : avoir une force minimale de rupture de 27 kN (~6 000 lb).

<sup>2</sup> Les dispositifs mécaniques utilisés comme coulisseaux doivent rencontrer les exigences de la norme CSA-Z259.2.1-1998, soit : avoir une force minimale de rupture de 22 kN (~5 000 lb).

## 8.6 Discussion

Les résultats des tableaux précédents démontrent que la majorité des systèmes répondent aux normes CSA-Z259.2.1-1998 et CSA-Z259.11-1998. Seul le système Mimona CRTS illustré plus bas a un glissement supérieur à un mètre lors de l'impact, soit plus que la valeur exigée par la norme CSA-Z259.2.1-1998. Au niveau des forces maximums à l'impact, ce système est comparable aux autres du même genre (nœud de corde et mécanique) à l'exception du 3<sup>e</sup> essai où ce système n'a pas arrêté la chute après un glissement de plus de 3.45 m. Étant donné un glissement à l'impact excédant les normes CSA, le glissement sous la force résiduelle n'a pas été mesuré.



**Figure 31 : Système Mimona en position d'arrêt « coinçage »**

Une hypothèse expliquant la défaillance de ce système lors de chute vient des arêtes qui ne sont pas adaptées aux différents types de corde. Cette mauvaise configuration ne permet pas ainsi un coincement efficace de la corde lors du pivotement du système en chute libre.

## 8.7 Conclusion sur les tests mécaniques

- *Tous les nœuds ont arrêté la chute d'une masse de 100 kg lorsque testés comme un coulisseau selon la norme CSA-Z259.2.1-1998.*
- *Cependant, les nœuds étaient correctement serrés par un spécialiste sur des cordes neuves.*
- *Les nœuds à 4 tours offrent une force résiduelle plus faible sans pourtant relâcher la masse.*
- *Le LockJack n'offre pas de résistance résiduelle. Il a néanmoins arrêté les chutes.*
- *Le Mimona ne rencontre pas les exigences de la norme et a arrêté la chute qu'une fois sur trois.*

- *Le Gri-Gri et le I'D, qui est dérivé du Gri-Gri, arrêtent la chute tant pour une chute libre de 1.2 mètre, une chute de facteur 2 que pour une suspension instantanée. Le I'D offre une résistance résiduelle acceptable. La conception est telle que peu importe les mouvements intempestifs de panique (positions extrêmes des 2 côtés, relâchement du système) de l'utilisateur, il bloque la corde. À cause de cette caractéristique, du fait que le Gri-Gri est conçu pour des activités sportives, le I'D est recommandé.*
- *Le protège-cambium (friction saver) avec absorbeur d'énergie a montré une réduction de la force maximum d'arrêt de 50 %. Ce produit en développement montre donc tout le potentiel de réduction de la force maximum d'arrêt qui est supportée par l'élagueur et la fourche d'ancrage.*
- *Les dispositifs étrangleurs faits à partir d'un protège-cambium et d'autres équipements d'élagage ont montré une performance comparable au Pole Chocker lorsque testé dans les mêmes conditions. Le Pole Chocker est certifié en vertu de la norme CAN/CSA-Z259.14.01.*
- *La validité des résultats des nœuds se limite à une corde de même diamètre, de même état, exécutés et serrés correctement.*

## **8.8 Recommandations**

Faire des essais sur des nœuds trop serrés, correctement serrés et lâches. Faire des essais sur des cordes usagées.

## 9. CONVIVIALITÉ DES SYSTÈMES

### 9.1 Objectif

Évaluer le confort, l'efficacité et la pénibilité des différents systèmes retenus aux essais en laboratoires (section 8) lors d'ascensions, de déplacements et de descentes à la corde ainsi que de grimpage à l'éperon.






### 9.2 Systèmes








Les différents systèmes évalués ont été regroupés de la façon suivante : ascension à l'aide du tronc, ascension libre sur corde, système préinstallé, ascension avec l'aide de la ramure, déplacement-travail-descente dans un arbre et travail à l'éperon pour créer un contexte d'utilisation homogène et limiter le nombre de systèmes à tester durant une séquence d'essais.

Afin de standardiser l'appréciation des systèmes, tous les travailleurs possédaient le harnais optimisé dans les protocoles précédents.

Chaque groupe ayant un contexte spécifique, les systèmes utilisés lors d'ascensions ne sont pas toujours les mêmes que ceux utilisés lors de déplacements ou de descentes. Dans les cinq sections suivantes, seules les codifications (par exemple : BS-SP) des systèmes sont utilisées. Le tableau 30 illustre l'ensemble des systèmes avec leurs codifications respectives. La description plus détaillée des systèmes est à l'annexe 4.

**Tableau 30 : Systèmes utilisés lors des protocoles expérimentaux sur leur convivialité - Codification**

P Noeud Prussien	K Klemheist	PA Poignées d'ascension
		
MB Mar-Bar	BS-SP / BS-Spo / B Blake simple - Sans Poulie	BS-P / BS-Po Blake simple avec poulie
		N/D

<p>BD-SP / BD-SPo Blake double – Sans poulie</p>	<p>BD-P / BD-Po Blake double – Avec poulie</p>	<p>D / D-SP / D-SPo Distel sans poulie</p>
		
<p>D-P / DPo Distel avec poulie</p>	<p>L-court / L-Spo / LSP / LSPo Lockjack® sans poulie</p>	<p>LL / L-long / LLSP / LLSPo Lockjack® - Long sans poulie</p>
		
<p>MLA-ID / ID Petzl I'D</p>		
		

### 9.3 Ascension à l'aide du tronc

#### 9.3.1 Objectif

Évaluer les questions de confort et d'efficacité des différents systèmes d'assurance lors d'ascensions avec l'aide du tronc.

### 9.3.2 Sujets

**Tableau 31 : Sujets pour la convivialité des systèmes – ascension avec l'aide du tronc**

n =10	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	36,2	12	171,9	77,5
<b>Maximum</b>	45	22	175	100
<b>Minimum</b>	28	3	165	65

### 9.3.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilité d'utilisation du système</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Pénibilité physique de la tâche avec ce système</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>

### 9.3.4 Systèmes d'assurance utilisés

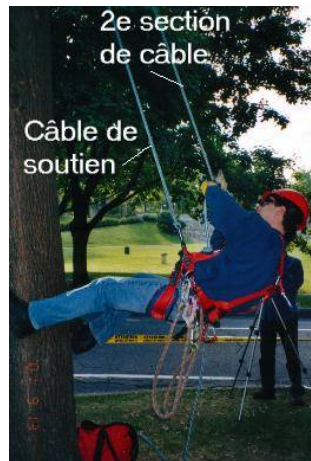
**Tableau 32 : Description des différents systèmes utilisés lors d'ascension avec l'aide du tronc**

Systèmes	Description
<b>MLA-ID</b>	I'D Petzl
<b>BS-SP</b>	Blake simple - Sans Poulie
<b>BD-SP</b>	Blake double - Sans poulie
<b>LL-Spo</b>	Lockjack® - Long sans poulie

Ces systèmes sont illustrés au tableau 30.

### 9.3.5 Tâches

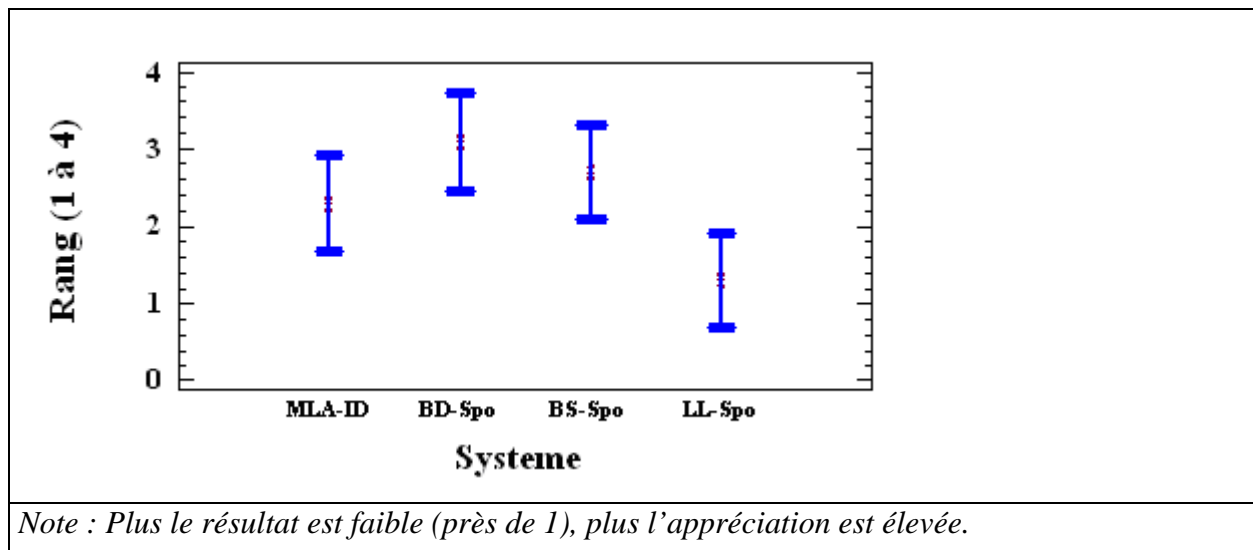
La figure 32 illustre la technique utilisée lors d'ascension avec l'aide du tronc qui sert d'appui aux pieds. Avec cette technique, l'ascension se fait principalement avec l'aide des bras et du bassin du travailleur. Pour ce faire, le travailleur doit projeter rapidement son centre de gravité (près des points d'attache) vers le haut. À ce moment, la corde de travail se retrouve sans tension un bref moment. Le travailleur doit, à ce moment, remonter son nœud d'assurance qui est sur le brin libre de la corde. Les travailleurs devaient exécuter les ascensions jusqu'au début des branches (6 mètres) ou durant 2 minutes maximum.



**Figure 32 : Technique d'ascension avec l'aide du tronc**

### 9.3.6 Résultats

Le classement par rang des systèmes d'ascensions au tronc démontre que les deux systèmes mécaniques (Lockjack® et ID) ressortent favoris. Le système Lockjack® (LL-SPo) obtient le premier rang dans 20 % des cas tandis que le système de monter libre assuré (MLA-ID) obtient le même résultat pour le deuxième rang. Le système de nœud Blake installé en double ressort comme le moins apprécié dans 15 % des cas. Il est à noter que le système Lockjack® n'obtient jamais le dernier rang.



**Figure 33 : Rangs moyens de la convivialité des différents systèmes – ascension avec l'aide du tronc**

### 9.3.7 Discussion

Les résultats démontrent une préférence marquée des systèmes mécaniques par rapport aux nœuds conventionnels lors de l'ascension avec l'aide du tronc. Cette préférence s'explique en partie par le peu de friction des systèmes mécaniques avec la corde lors des mouvements d'ascension. De plus, ces systèmes permettent au travailleur de concentrer ses mouvements et son

énergie sur l'ascension (tirage de la corde) et non sur le déplacement du système sur la corde. De cette manière, les mains du travailleur demeurent toujours sur la corde de travail comparativement aux autres systèmes où le travailleur doit alterner continuellement nœud et corde entre chacun des mouvements d'ascension.

Aux niveaux des points d'attache sur le harnais, on remarque que les systèmes ayant un point d'attache au centre de la ceinture (ID, Lockjack® et Blake simple) sont préférés au système ayant deux points d'attache. Lors des mouvements du bassin, l'extension lombaire se fait le plus efficacement dans le plan sagittal. Lorsque le nœud est au centre de la ceinture, la « foulée » du bassin se trouve optimisée puisque l'entière partie de la foulée ou extension lombaire se fait dans le même plan. Lorsque l'attache est double, le nœud se retrouve sur un côté du travailleur. À ce moment, pour chaque foulée, le travailleur doit exécuter son extension du bassin en partie dans le plan frontal et en partie dans le plan sagittal. L'efficacité du mouvement se retrouve ainsi affectée puisque le travailleur fournit un effort maximal pour un résultat minimal. Finalement, les données de la pénibilité démontrent une moyenne de 8,06 cm sur 16 cm sur *l'échelle de Borg analogue modifiée*. Ce résultat de 8,06 cm coïncide avec la notation *un peu dur* de l'échelle le seuil maximal d'un travail dans la zone acceptable physiologiquement (Demello et al, 1987).

## 9.4 Ascension sur corde

### 9.4.1 Objectif

Évaluer par les travailleurs les questions de confort et d'efficacité des différents systèmes de travail lors d'ascensions dans le vide par la technique traditionnelle anglaise et technique de « footlock ». Le Mar-bar, un ascendeur mécanique, a été ajouté puisqu'il peut remplacer les deux autres techniques pour les longues ascensions.

### 9.4.2 Sujets

**Tableau 33 : Sujets pour la convivialité des systèmes – technique d'ascension**

n=10	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids(kg)
<b>Moyenne</b>	36,2	12	171,9	77,5
<b>Maximum</b>	45	22	175	100
<b>Minimum</b>	28	3	165	65

### 9.4.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
✓ Tâches	✓ Facilité d'utilisation du système
✓ Types de système	✓ Sentiment de sécurité
✓ Techniques (Foot lock et Anglaise)	✓ Pénibilité physique de la tâche avec ce système
✓ Installations (statique et dynamique)	✓ Appréciation globale du harnais
✓ Compositions (corde et mécanique)	✓ Rang d'appréciation
✓ Ancrages sur le harnais (simple ou double)	



### 9.4.4 Systèmes d'assurance utilisés

Tableau 34 : Descriptions des différents systèmes et techniques utilisés

Description des systèmes	Techniques	Description des systèmes	Techniques
1 – Noeud Prussien	Foot lock / statique	7- Distel sans poulie	Foot lock / Dynamique
2 - Klemheist	Foot lock / statique	8 – Lockjack® court sans poulie	Foot lock / Dynamique
3 – Poignées d'ascension	Foot lock / statique	9 - Lockjack® long sans poulie	Foot lock / Dynamique
4 – Mar-Bar	Mar-bar	10 - Blake simple sans poulie	Traditionnelle anglaise
5 – Blake simple sans poulie	Foot lock / Dynamique	11 - Blake double sans poulie	Traditionnelle anglaise
6 - Blake double sans poulie	Foot lock / Dynamique	12 - Lockjack® long sans poulie	Traditionnelle anglaise

Les systèmes sont illustrés au tableau 30

### 9.4.5 Tâches

Pour monter dans l'arbre lorsqu'il n'y a pas de branches et de tronc accessibles, le travailleur a le choix entre deux méthodes d'ascension. La première, traditionnelle anglaise, est inspirée de l'ascension au tronc, mais sans utiliser celui-ci comme appui. Les foulées d'ascension se font ainsi principalement par le bassin du travailleur qui est projeté vers le haut. Le centre de gravité du travailleur se retrouve derrière la ceinture, un relâchement temporaire apparaît dans le système et à ce moment précis le travailleur monte son système vers le haut pour poursuivre son ascension (figure 34).



Figure 34 : Technique d'ascension sans l'aide du tronc

La deuxième méthode (*footlock*) demande l'utilisation des membres inférieurs comme agents propulseurs (figure 35).



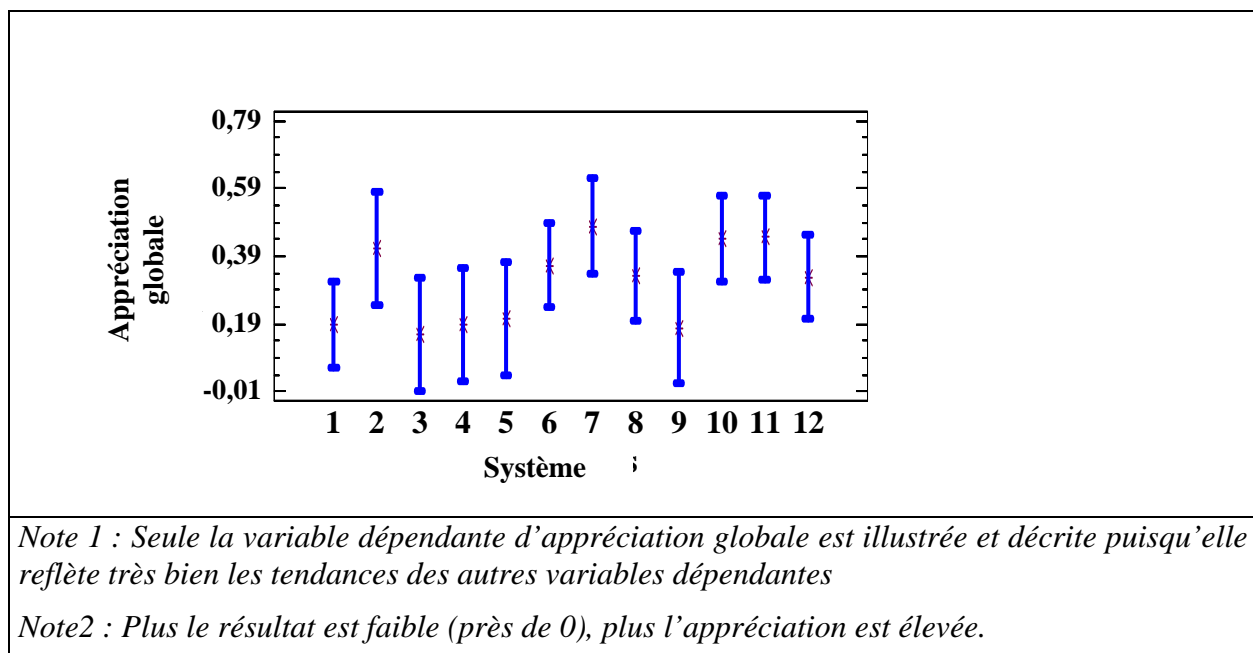
**Figure 35 : Utilisation des membres inférieurs lors de la technique *footlock***

Selon leur configuration, certains systèmes sont installés de façon à ce que la corde demeure immobile (statique) lors de l'ascension et que seul le système se déplace sur les deux parties de la corde. D'autres systèmes rendent la corde d'ascension et/ou de travail mobile durant l'ascension; les nœuds sont ainsi installés sur une seule partie de la corde, permettant à la corde d'ascension de coulisser (dynamique) dans le protège-cambium lors de chacune des foulées.

Tous les travailleurs ont évalué les différents systèmes d'assurance en effectuant une ascension à partir du sol jusqu'à une hauteur d'environ 3 à 4 mètres.

#### 9.4.6 Résultats

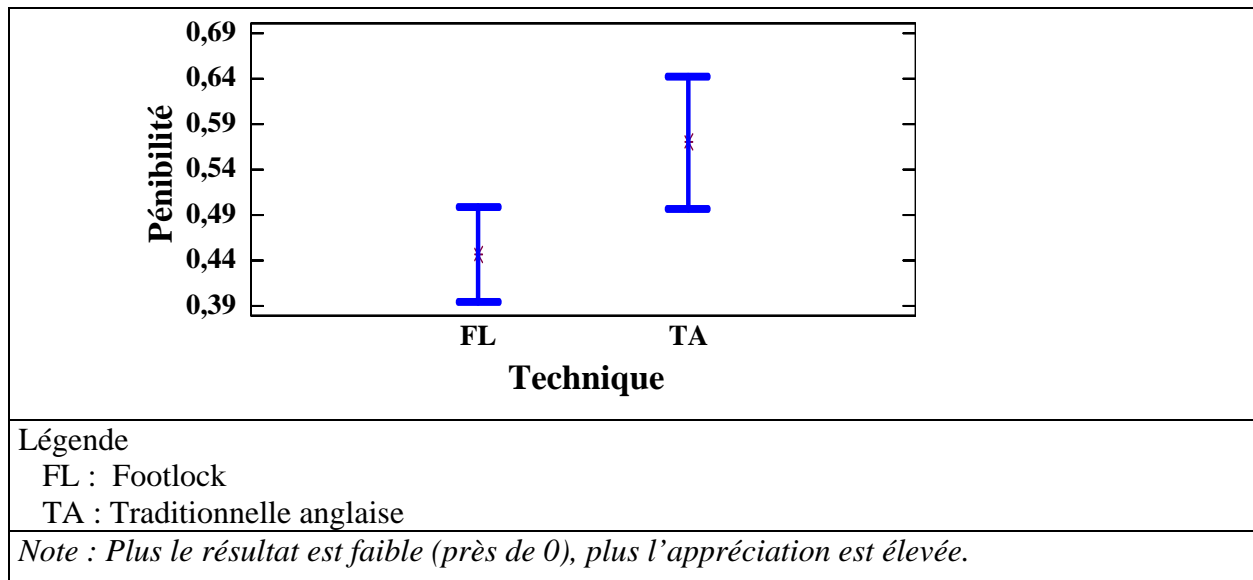
La figure 36 illustre l'appréciation globale des 12 systèmes utilisés lors d'ascension dans le vide. Cette figure démontre qu'aucun des systèmes n'est totalement acceptable (résultat près de 0) ou totalement inacceptable (résultat près de 1) Certains systèmes se démarquent comme le système no 1 qui est plus apprécié que le système no 7.



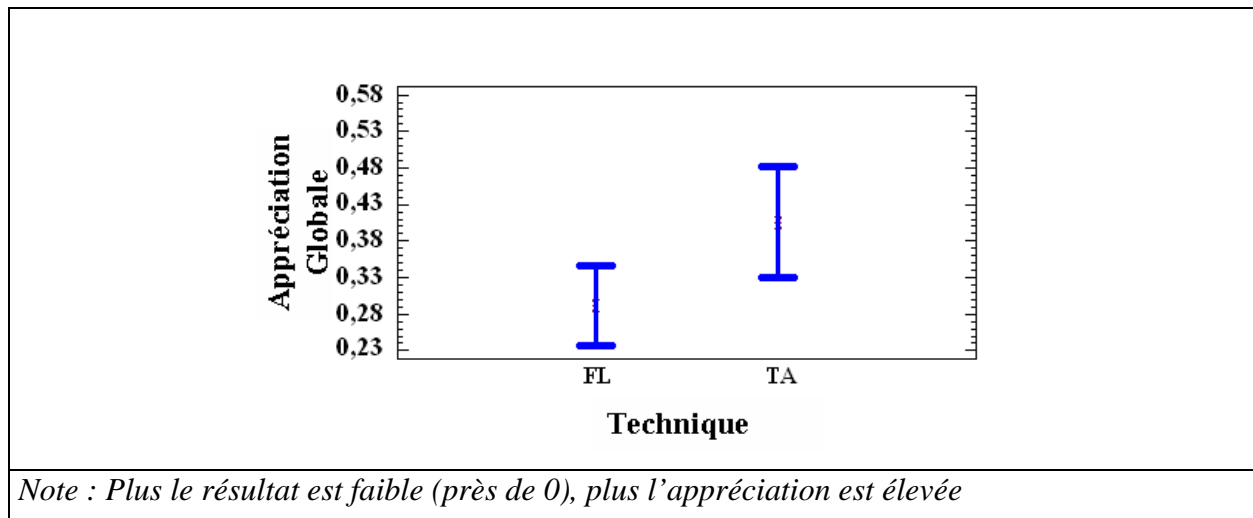
**Figure 36 : Appréciation globale des systèmes pour différentes techniques d'ascension**

En regroupant les systèmes, selon leurs familles de technique d'ascension, on remarque que la technique d'ascension utilisant principalement les membres inférieurs (*footlock*) est beaucoup

plus appréciée du point de vue de la pénibilité physique (figure 37) et de l'appréciation globale (figure 38).



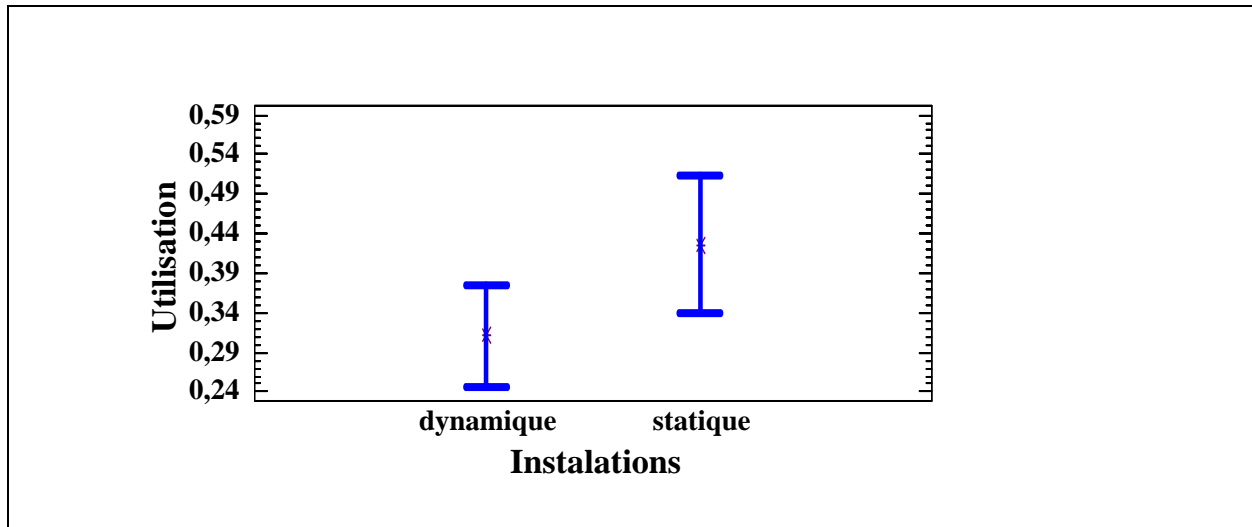
**Figure 37 : Pénibilité des deux techniques d'ascension utilisées**



**Figure 38 : Appréciation globale des systèmes selon la technique d'ascension utilisée**

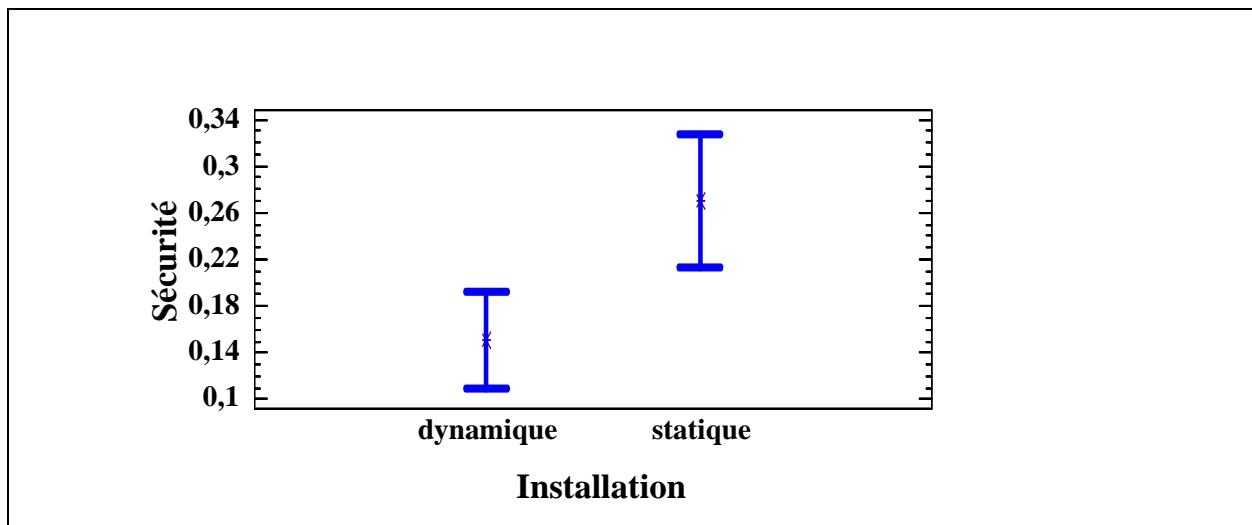
En regroupant les techniques selon le type d'installation de la corde, soit statique ou dynamique, on remarque une préférence pour les systèmes dynamiques du point de vue de la facilité d'utilisation (figure 39) et du sentiment de sécurité (figure 40).

### Installation



Note : Plus le résultat est faible (près de 0), plus l'appréciation est élevée.

**Figure 39 : Facilité d'utilisation des systèmes selon les types d'installations pour différentes techniques d'ascension**



Note : Plus le résultat est faible (près de 0), plus l'appréciation est élevée.

**Figure 40 : Sentiment de sécurité des types d'installations pour différentes techniques d'ascension**

Comme autre variable indépendante, les systèmes ont été regroupés selon leur composition mécanique ou traditionnelle (nœud de corde). L'analyse de la variance a démontré que la composition mécanique lors d'ascension dans le vide est préférée à la traditionnelle pour les variables de facilité d'utilisation ( $p < 0,05$ ) ainsi que pour la pénibilité physique ( $p < 0,05$ ).

La dernière variable indépendante était le lieu d'attache sur le harnais, c'est-à-dire attaché à un seul point central sur le harnais (simple) ou avec deux points d'attache (double). L'analyse de la variance a démontré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les types d'attaches.

### 9.4.7 Discussion

Les différents systèmes comparés individuellement ne présentent pas de différences significatives. Afin de cerner certaines subtilités, les systèmes ont été regroupés selon des caractéristiques propres et communes à certains. De cette manière, des variables indépendantes telles le type de technique, d'installation, de composition et d'attache ont été créées.

En comparant les systèmes selon la technique utilisée (*footlook* vs Traditionnelle anglaise), on constate que la technique utilisant les membres inférieurs (*footlock*) ressort favorite du point de vue de la pénibilité et de l'appréciation globale. Premièrement, l'utilisation des jambes comme agent propulseur au lieu du tronc et des bras s'avère un choix beaucoup plus efficace pour ce genre d'ascension. Deuxièmement, en utilisant les jambes dans la technique *footlook* statique, la longueur des foulées se voit doublée par rapport à la technique traditionnelle. Il s'agit d'une technique beaucoup plus efficace en temps et moins contraignante pour les muscles lombaires.

Durant une ascension de plusieurs secondes ou mètres, les travailleurs étaient unanimes en affirmant que l'utilisation d'un système mécanique était beaucoup plus simple et efficace par rapport à un nœud de corde. Malgré que les systèmes mécaniques (Mar-bar) se soient avérés mieux cotés, la majorité des travailleurs affirmait que ces types de systèmes n'étaient pas adaptés aux travaux de tous les jours et que leurs utilisations se limitaient à des ascensions de plusieurs secondes et mètres. Il est préférable d'utiliser seulement une échelle pour une petite distance.

## 9.5 Système préinstallé

### 9.5.1 Objectif

Évaluer le confort et l'efficacité des différents systèmes de travail lors d'ascensions à l'intérieur de l'arbre (ramure) avec une corde préinstallée.

### 9.5.2 Sujets

Tableau 35 : Sujets pour la convivialité des systèmes – corde préinstallée

n=9	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
Moyenne	35,8	10,9	172,1	78,9
Maximum	45	17	177	100
Minimum	28	3	165	65

### 9.5.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
✓ Tâches	✓ Facilité d'utilisation du système
✓ Types de système	✓ Sentiment de sécurité
✓ Utilisation d'une poulie	✓ Pénibilité physique de la tâche avec ce système
✓ Compositions (corde et mécanique)	✓ Appréciation globale du harnais
✓ Ancrages sur le harnais (simple ou double)	✓ Rang d'appréciation

### 9.5.4 Systèmes d'assurance utilisés

Les systèmes préinstallés utilisent une corde qui passe dans un protège-cambium placé dans une fourche haute de l'arbre. Le protège-cambium et la corde sont installés à partir du sol. Une poche de petites billes d'acier, poche de lancer, est attachée à l'extrémité d'une cordelette au moins 2 à 3 fois plus longue que la hauteur de la fourche à atteindre. La poche est lancée pour passer la cordelette dans la fourche la plus haute possible, bien positionnée et solide. Ensuite, par un jeu de va-et-vient, l'élagueur passe un protège-cambium (anglais : friction saver), une sangle munie de deux anneaux, de grosseurs différentes, autour de la fourche de telle sorte qu'à la fin la corde d'ascension passe dans les deux anneaux. Le protège-cambium protège l'écorce de l'arbre et le coulisement de la corde dans les deux anneaux protège cette dernière d'une usure prématurée.

**Tableau 36 : Description des différents systèmes utilisés lors d'ascension avec corde préinstallée**

Systèmes	Description	Systèmes	Description
<b>I'D</b>	I'D Petzl	<b>BD-Po</b>	Blake double - Avec poulie
<b>BS-Spo</b>	Blake simple - Sans Poulie	<b>D-SPO</b>	Distel – Sans poulie
<b>BD-Spo</b>	Blake double - Sans poulie	<b>D-Po</b>	Distel – Avec poulie
<b>BS-Po</b>	Blake simple - Avec Poulie	<b>L-Spo</b>	Lockjack® - Long sans poulie

Les systèmes sont illustrés au tableau 30.

Dans certains cas, le port d'une poulie tendeur est maintenu sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire afin de faciliter la manœuvre de relevé du nœud. Le port de la poulie est indiqué par la lettre Po tandis qu'un nœud sans poulie est succédé de l'abréviation SPO.

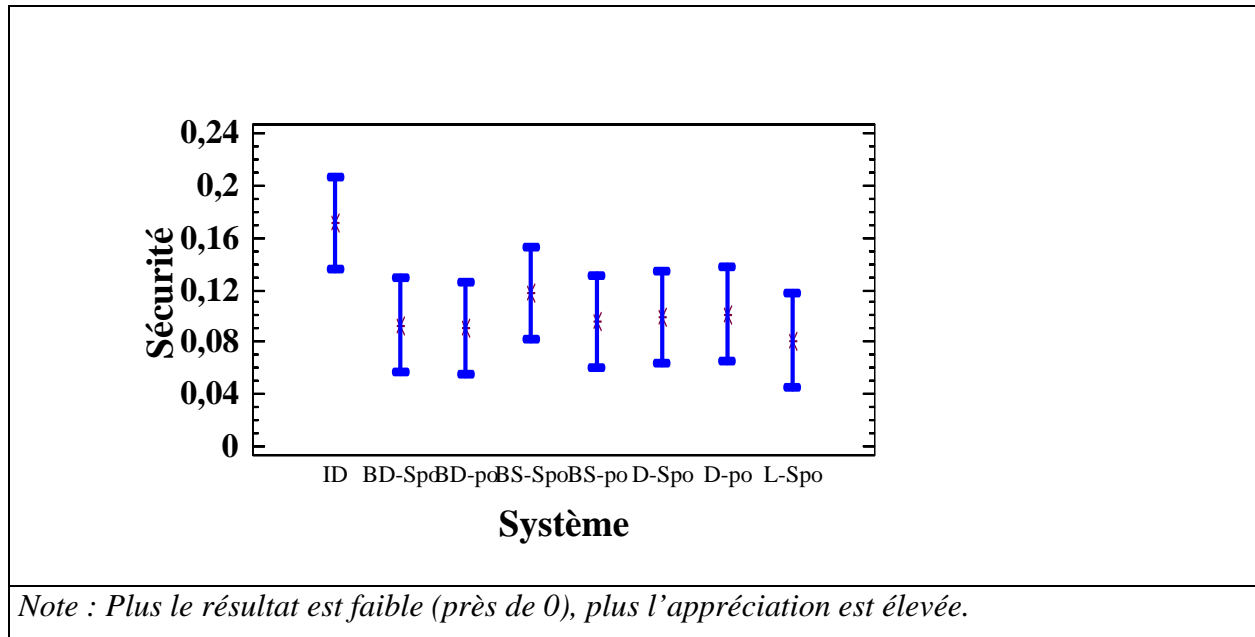
### 9.5.5 Tâches

L'ascension à l'aide de branche ou à l'intérieur de la ramure peut se faire de plusieurs façons. Celle avec le système préinstallé consiste en une ascension à l'aide des branches de l'arbre avec la corde de travail installée préalablement. Ce type de scénario se présente lorsqu'il est possible pour le travailleur d'installer sa corde avant l'ascension tel que décrit à la section 9.5.4. Les travailleurs se rendaient au début de la ramure à l'aide d'une échelle. Ils ont évalué chacun des systèmes en grim pant à l'intérieur de l'arbre sur une corde préinstallée sur une distance verticale de 4 à 5 mètres.

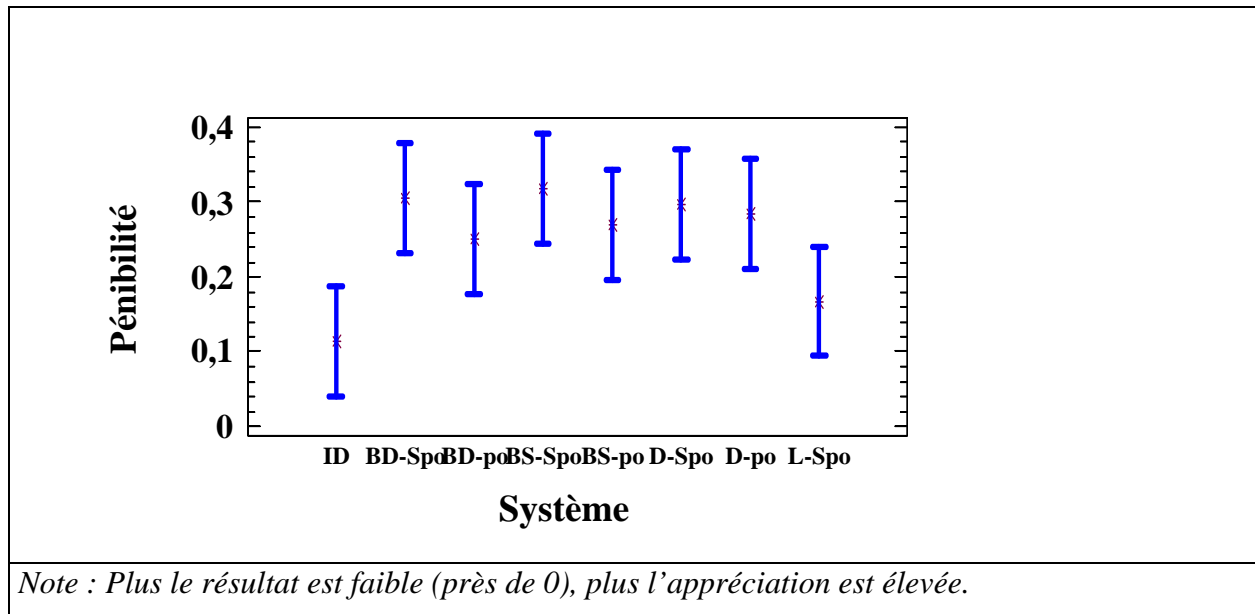
### 9.5.6 Résultats

Les figures 41 et 42 illustrent la tendance inverse du sentiment de sécurité et de la pénibilité des systèmes. Le sentiment de sécurité des travailleurs est renforcé par des systèmes où le travailleur est assuré par lui-même. Le système « ID » qui est manipulé à la base de l'arbre par une deuxième personne ressort significativement ( $p < 0,05$ ) comme le moins sécuritaire par rapport à tous les systèmes; à l'exception du nœud de Blake sans poulie. Par contre, cette tendance s'inverse lorsque la pénibilité devient la variable dépendante. À ce moment, les travailleurs

préfèrent significativement le système « ID » aux autres systèmes. Seuls les systèmes Lockjack® et Blake en double avec poulie se confondent avec le système « ID ».

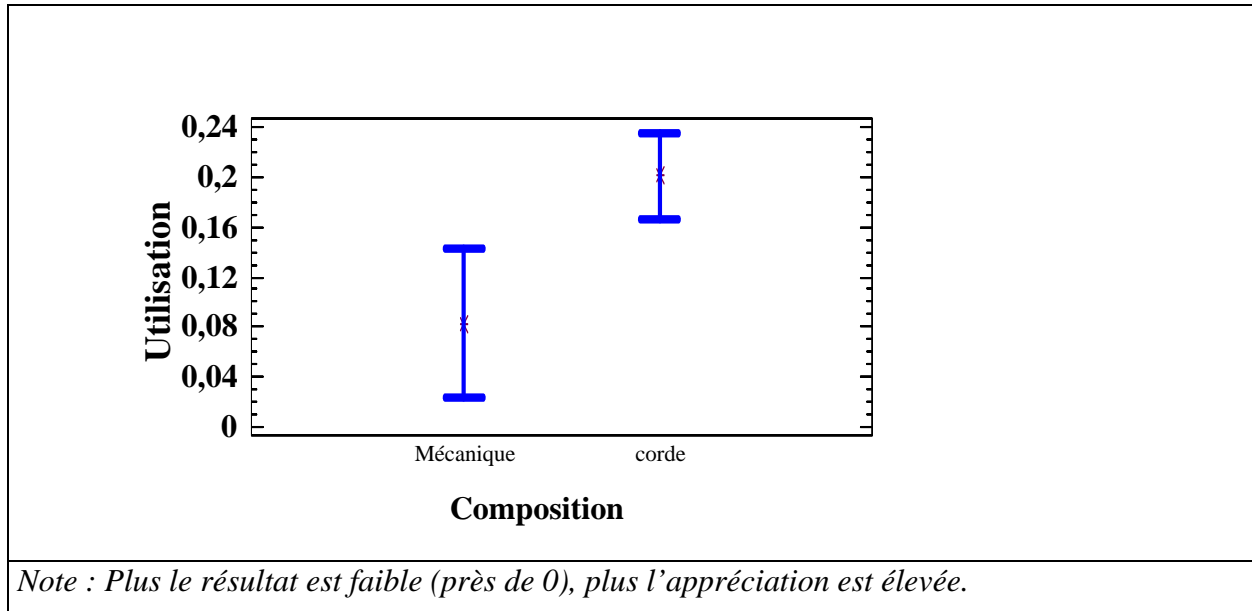


**Figure 41 : Sentiment de sécurité des systèmes avec corde préinstallée**

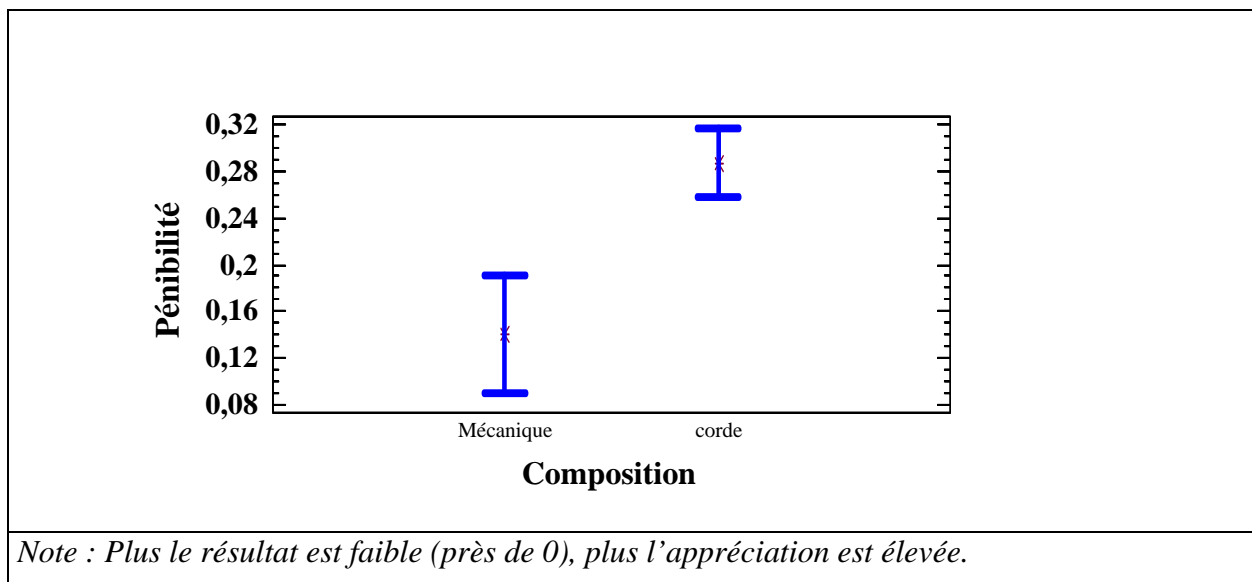


**Figure 42 : Pénibilité des systèmes avec corde préinstallée**

En regroupant les systèmes selon leur composition (mécanique ou nœud de corde), les variables de facilité d'utilisation (figure 43) et de pénibilité physique (figure 44) font ressortir les systèmes mécaniques comme préférés. Il est cependant important de noter que les échelles vont de 0 (très facile ou aucun effort) à 1 (très difficile ou épuisement maximal). Ainsi, même si les nœuds de corde sont moins appréciés, ceux-ci ont une cotation moyenne de 0,21 (utilisation) et 0,28 (pénibilité) sur une échelle de 1, ce qui les classe comme facile ou acceptable.



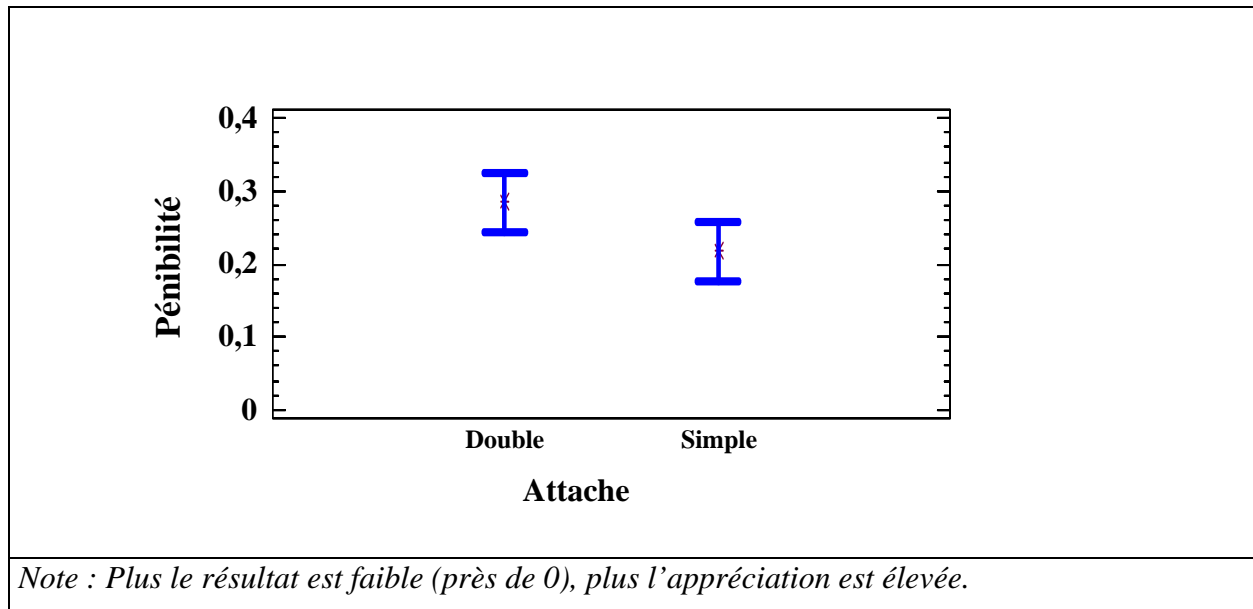
**Figure 43 : Facilité d'utilisation des systèmes en fonction des différentes compositions avec corde préinstallée**



**Figure 44 : Pénibilité des systèmes en fonction des différentes compositions avec corde préinstallée**

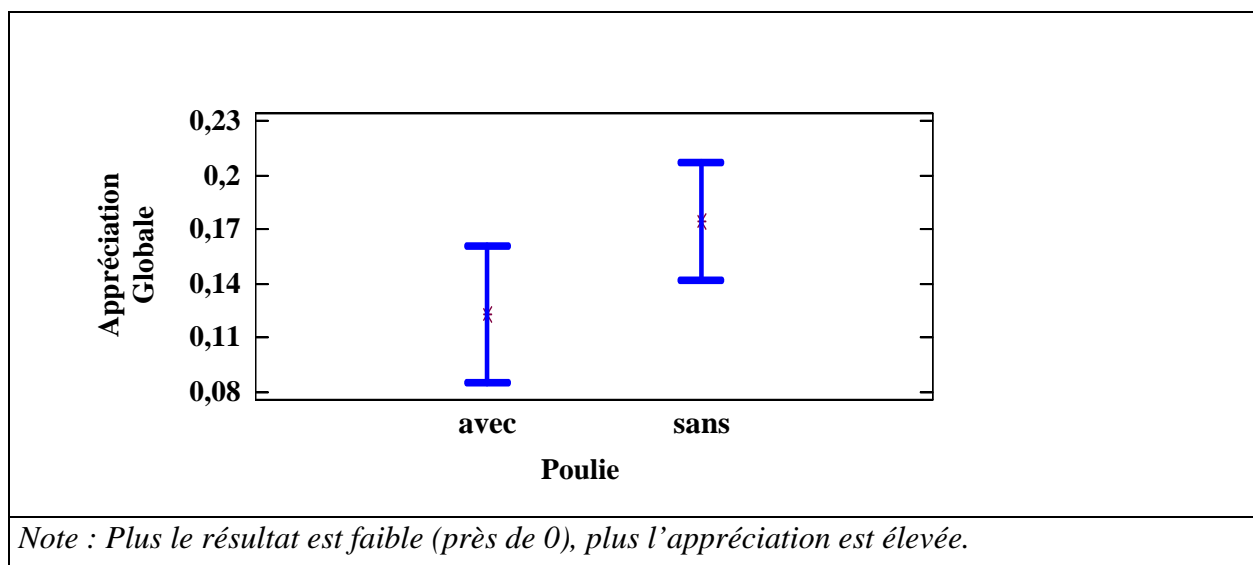
Les différents systèmes peuvent être installés avec une attache sur le harnais en simple ou en double. Pour cette variable indépendante, seule la variable dépendante « pénibilité » ressort significative ( $p < 0,05$ ) (figure 45). Cependant, l'attache en double qui obtient un score moyen de 0,2842 sur 1 obtient tout de même une pénibilité « très légère » sur l'échelle analogue de Borg modifiée.





**Figure 45 : Pénibilité des systèmes par rapport aux différents ancrages avec corde préinstallée**

L'utilisation d'une poulie influence les variables dépendantes. L'appréciation globale illustrée à la figure 46 démontre l'influence positive du port de la poulie lors d'ascensions dans la ramure avec corde d'assurance installée sans être statistiquement significative.



**Figure 46 : Appréciation globale des systèmes par rapport à l'utilisation d'une poulie avec corde préinstallée**

### 9.5.7 Discussion

Le descendeur-bloqueur I'D est perçu moins sécuritaire que les autres systèmes. Par ailleurs, les essais mécaniques ont démontré que sa performance est sécuritaire, que son fonctionnement génère un blocage peu importe le type d'actions intempestives de l'utilisateur ou même son

inaction et que la redondance qu'il offre en fait un véritable système de protection contre les chutes

Cette apparente contradiction peut s'expliquer par deux faits :

1. Les élagueurs sont habitués à contrôler eux-mêmes les nœuds et les différents équipements de blocage. Pour eux, se fier à une deuxième personne ou au mécanisme du I'D est perçu comme moins sécuritaire.
2. La nouveauté du I'D et l'ignorance de son fonctionnement et des résultats des essais exposés à la section 8.

Compte tenu de ces observations et de l'interprétation qui en est faite, l'implantation de technique de grimpage basée sur le I'D nécessitera la diffusion d'informations claires sur le produit et même de démonstration sur vidéo de son fonctionnement sécuritaire.

Les systèmes mécaniques sont notés comme étant plus faciles d'utilisation et moins pénibles. Lors de l'ascension, les systèmes mécaniques ont la fonction de s'auto-ajuster en plus de minimiser la friction sur la corde. Cette friction minimale ajoutée à un minimum d'attention à porter aux systèmes (surtout ID) en font des systèmes bien appréciés. Cependant, encore ici, malgré une comparaison favorable aux systèmes mécaniques, les systèmes de nœud se situent très bien sur l'échelle de 0 à 1. Certains systèmes mécaniques sont très appréciés pour la montée, mais craints pour la descente, en raison du peu de contrôle. Les systèmes à nœuds demeurent peut-être encore la meilleure solution. Pour ces systèmes « traditionnels », le port d'une poulie semble améliorer significativement ( $p = 0,0434$ ) le rendement. Cependant, il est à noter que toutes ces petites modifications (systèmes mécaniques, poulies...) sont coûteuses et certains préfèrent les juger inutiles pour éviter cette dépense.

Finalement, ces systèmes avec ou sans poulie, mécaniques ou traditionnels peuvent s'attacher au harnais à un point central ou à deux points. Pour une ascension dans la ramure assurée par le haut, un seul point d'attache est préféré par les travailleurs, puisque le système est beaucoup moins nuisible pour les mains.

## 9.6 Ascension avec l'aide de la ramure

### 9.6.1 Objectif

Évaluer les questions de confort et d'efficacité des différents systèmes de travail lors d'ascensions à l'intérieur de l'arbre (ramure) sans corde préinstallée.

### 9.6.2 Sujets

**Tableau 37 : Sujets pour la convivialité des systèmes – ascension avec l'aide de la ramure**

n=9	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	35,8	10,9	172,1	78,9
<b>Maximum</b>	45	17	177	100
<b>Minimum</b>	28	3	165	65

### 9.6.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de système</li> <li>✓ Utilisation d'une poulie</li> <li>✓ Composition (corde &amp; mécanique)</li> <li>✓ Ancrage sur le harnais (simple ou double)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilité d'utilisation du système</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Pénibilité physique de la tâche avec ce système</li> <li>✓ Appréciation globale</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>

### 9.6.4 Systèmes d'assurance utilisés

Lors de l'ascension sans système préinstallé, le travailleur ne possède pas de corde d'arrêt et de positionnement. La technique d'assurance était donc semblable à celle d'une ascension avec éperon. Pour ce faire, le travailleur utilisait une longe de positionnement pour son ascension dans la ramure. Au passage d'un obstacle, le travailleur devait prendre sa corde de travail reliée à son système qu'il montait avec lui et s'en servir comme longe secondaire.

**Tableau 38 : Description des différents systèmes utilisés lors d'ascension avec l'aide de la ramure**

Systèmes	Description	Systèmes	Description
<b>BS-SP</b>	Blake simple - Sans poulie	<b>D-SP</b>	Distel – Sans poulie
<b>BS-P</b>	Blake simple - Avec poulie	<b>D-P</b>	Distel – Avec poulie
<b>BD-SP</b>	Blake double - Sans poulie	<b>LL-SP</b>	Lockjack® - Long sans poulie
<b>BD-P</b>	Blake double - Avec poulie	<b>L-SP</b>	Lockjack® - Court sans poulie

Les systèmes sont illustrés au tableau 30

Comme mentionné précédemment, dans certains cas, le port d'une poulie tendeur est maintenu sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire afin de faciliter la manœuvre de relevé du nœud. Le port de la poulie est aussi indiqué par la lettre P tandis qu'un nœud sans poulie est succédé de l'abréviation SP.

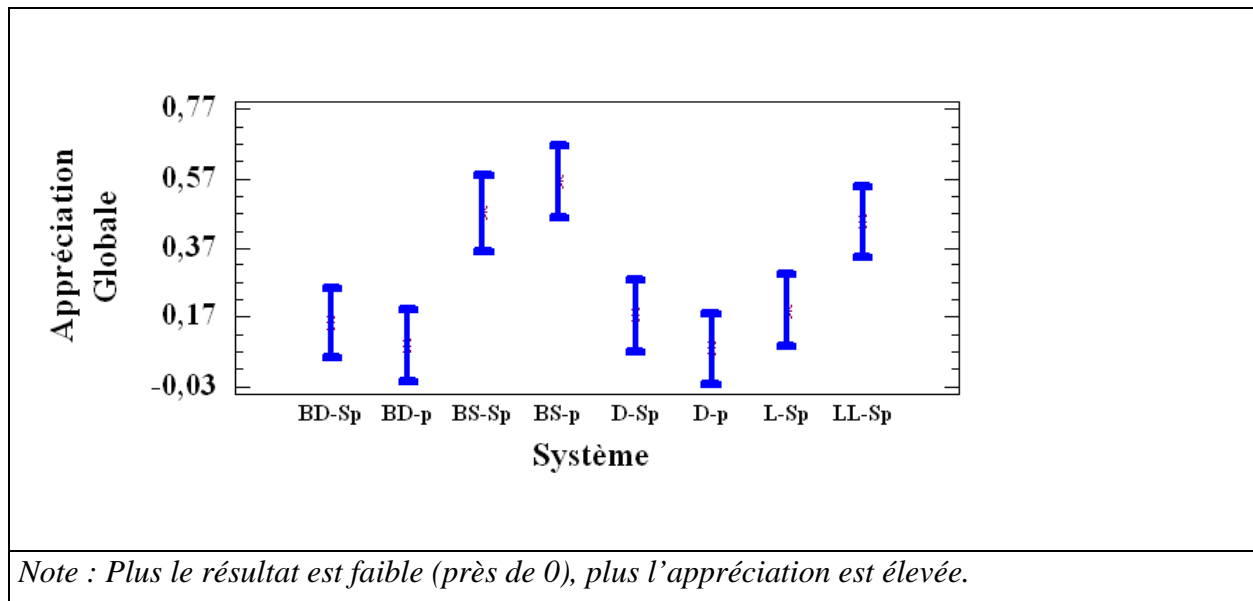
### 9.6.5 Tâches

À la section 9.5, l'ascension s'est faite avec une corde préinstallée. Lorsqu'il est impossible d'installer sa corde de travail au départ, la corde servira, lors de l'ascension, de longe de positionnement secondaire pour contourner les obstacles. Une fois à la fourche désirée, le travailleur installe sa corde pour poursuivre ses déplacements et sa descente comme durant l'ascension avec corde préinstallée. Avec un système à un point d'attache, le travailleur doit passer sa longe secondaire au-dessus de l'obstacle, installer son système et poursuivre son ascension. À l'obstacle suivant, le sujet doit reprendre sa longe primaire et la passer par-dessus l'obstacle en prenant soin de défaire le nœud du système secondaire. Avec un point d'ancrage central, le travailleur doit donc défaire et refaire son nœud à chaque franchissement d'obstacle. Avec un système d'attache en double, le travailleur passera le bout épissuré de la corde au-dessus de l'obstacle ce qui évite de manipuler son nœud à chaque obstacle.

Les travailleurs se rendaient au début de la ramure à l'aide d'une échelle. Ils ont évalué chacun des systèmes en grim pant à l'intérieur de l'arbre entre les branches sur une distance verticale de 4 à 5 mètres.

### 9.6.6 Résultats

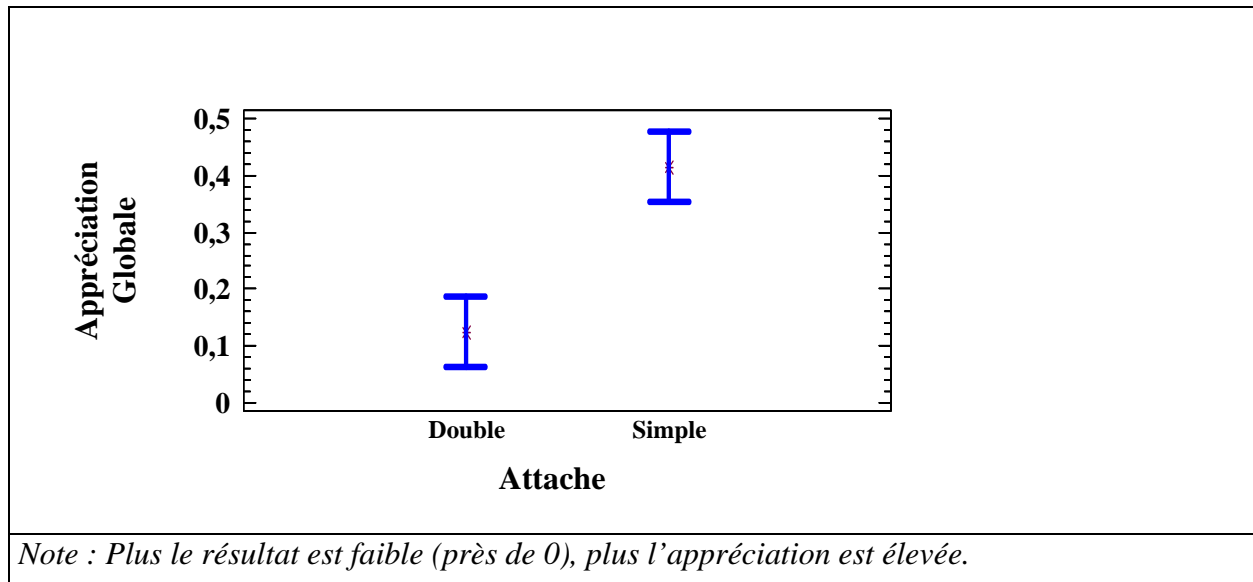
La figure 47 représente l'appréciation globale des travailleurs pour les différents systèmes lors d'une ascension dans la ramure sans corde d'assurance installée préalablement. Cette appréciation représente très bien aussi les autres variables dépendantes et montre la préférence pour des systèmes ayant deux points d'attache. Ainsi, le nœud Blake avec et sans poulie, le nœud Distel avec et sans poulie et le système mécanique Lockjack® (simple) ressortent favoris par rapport aux mêmes nœuds, mais installés avec un seul point d'attache.



**Figure 47 : Appréciation globale des différents systèmes lors d'ascension avec la ramure**

En regroupant les systèmes selon leur composition (nœud de corde ou mécanique), l'analyse de la variance démontre qu'au point de vue du sentiment de sécurité, un système composé d'un nœud est préféré significativement ( $p < 0,05$ ) à un système mécanique.

Les systèmes classés selon les attaches au harnais (simple ou double) démontrent clairement une préférence des systèmes à deux points d'attache (figure 48). Cette observation appuie celle faite précédemment où les systèmes étaient tous confondus et où une préférence globale ressortait pour les systèmes à deux points d'attache.



**Figure 48 : Appréciation globale des systèmes selon leur type d'attache lors d'ascension avec la ramure**

La majorité des nœuds de corde ou traditionnels offre la possibilité d'installer une poulie tendeur sous le nœud afin de faciliter les manœuvres. L'analyse statistique ne démontre pas significativement ( $p = 0,5051$ ) que le port d'une poulie sous le nœud facilite l'utilisation du système. Cette analyse confirme l'observation faite dans la comparaison des systèmes entre eux où l'on n'observait pas de différence entre les systèmes avec et sans poulie.

### 9.6.7 Discussion

L'analyse statistique des différentes variables a fait ressortir durant une ascension dans la ramure sans corde d'arrêt de chute préinstallée où la corde de travail sert comme longe secondaire de positionnement, qu'un système composé d'un nœud de corde était aussi sinon plus apprécié et plus sécuritaire qu'un système mécanique. Parmi les différentes variables indépendantes (point d'attache et poulie) se rattachant aux systèmes, seul le point d'attache double est ressorti comme favori.

En simple, le travailleur doit défaire et refaire son nœud à chaque obstacle; ces manipulations augmentent considérablement le temps de l'ascension en plus de multiplier le risque qu'un nœud soit mal fait. Pour contrer ce risque, le système mécanique Lockjack® est une alternative.

Puisque la corde de travail sert comme longe secondaire, l'appréciation des travailleurs démontre que le système doit demeurer le plus près du corps possible. Ainsi, un système du type Lockjack® se doit d'être à proximité expliquant ainsi le choix du Lockjack® court par rapport au long. Si un système mécanique n'est pas disponible, un système à deux points d'attache est intéressant puisque le nœud ne doit pas être défait à chaque franchissement d'obstacle.

Finalement, l'analyse statistique ne fait pas ressortir significativement le port d'une poulie comme étant essentiel. Cependant, la fréquence du classement par rang ainsi que les commentaires des travailleurs nous démontrent une appréciation de la poulie tendeur pour les installations à deux points d'attache tel le nœud Blake et Distel.

## 9.7 Déplacement – Travail – Descente dans un arbre

### 9.7.1 Objectif

Évaluer le confort et la pénibilité des différents systèmes de travail lors des déplacements, travaux et descentes dans un arbre.

### 9.7.2 Sujets

Tableau 39 : Sujets pour la convivialité des systèmes – travail dans un arbre

n=8	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	35,9	10,1	173	80,3
<b>Maximum</b>	45	17	177	100
<b>Minimum</b>	28	3	165	68

### 9.7.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de système</li> <li>✓ Utilisation d'une poulie</li> <li>✓ Compositions (corde et mécanique)</li> <li>✓ Ancrages sur le harnais (simple ou double)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilité d'utilisation du système</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Pénibilité physique de la tâche avec ce système</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>

### 9.7.4 Systèmes d'assurance utilisés

Tableau 40 : Systèmes utilisés lors du travail dans un arbre

Systèmes	Description	Systèmes	Description
<b>BD-SP</b>	Blake double - Sans poulie	<b>D-P</b>	Distel – Avec poulie
<b>BD-P</b>	Blake double - Avec poulie	<b>L-SP</b>	Lockjack® - Court sans poulie
<b>D-SP</b>	Distel – Sans poulie	<b>LL-Sp</b>	Lockjack® - Long sans poulie

Les systèmes sont illustrés au tableau 30

Ici encore, dans certains cas, le port d'une poulie tendeur était maintenu sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire afin de faciliter la manœuvre de relevé du nœud. Le port de la poulie est aussi indiqué par la lettre P tandis qu'un nœud sans poulie est également succédé de l'abréviation SP.

### 9.7.5 Tâches

Afin de maximiser la sollicitation des différents systèmes, un circuit semblable à celui décrit dans le protocole de harnais (section 7.3.5) était utilisé. Les élagueurs étaient premièrement montés en

nacelle à la station de départ afin de minimiser la fatigue pour le circuit. Par la suite, l'assistant de recherche vérifiait le système du travailleur avant que celui-ci passe dans l'arbre et s'attache à la corde de déplacement préinstallée. À chacune des stations, les sujets devaient installer leur longe de positionnement, s'immobiliser et remplir la feuille d'évaluation se rapportant au système testé. L'ordre des stations était imposé pour standardiser le circuit entre les sujets.

### 9.7.6 Résultats

La figure 49 illustre l'appréciation globale des différents systèmes pour le déplacement, le travail et la descente dans un arbre. Le Blake double avec poulie est plus apprécié que le Distel sans poulie et les Lockjack. Une tendance générale montre que la présence d'une poulie améliore l'appréciation globale du noeud.

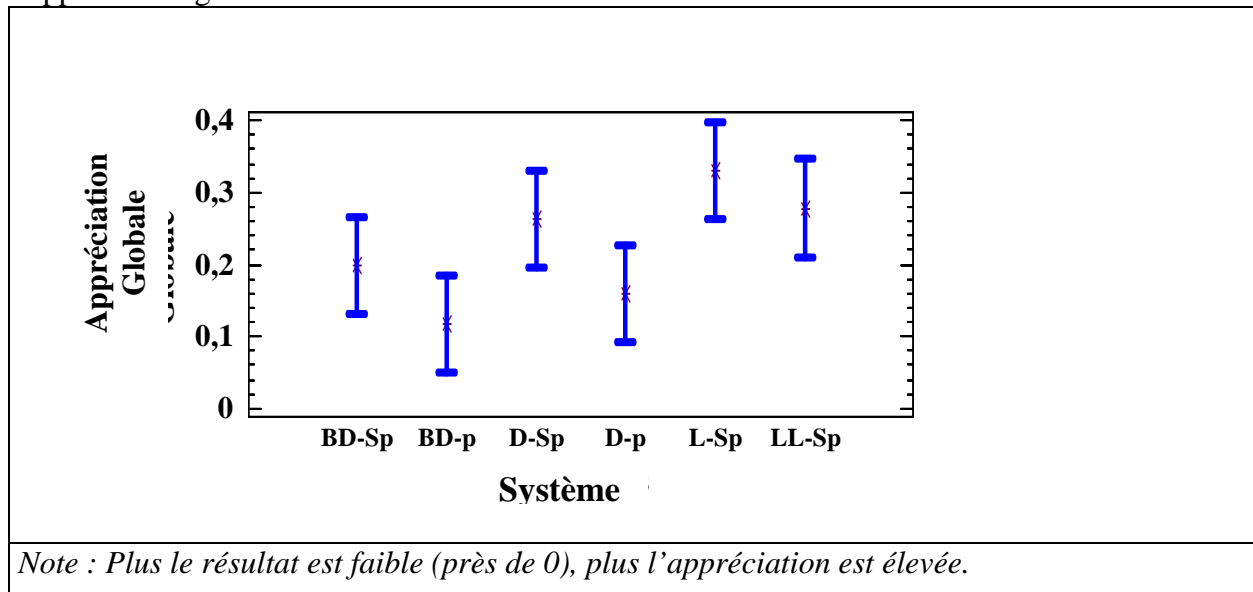
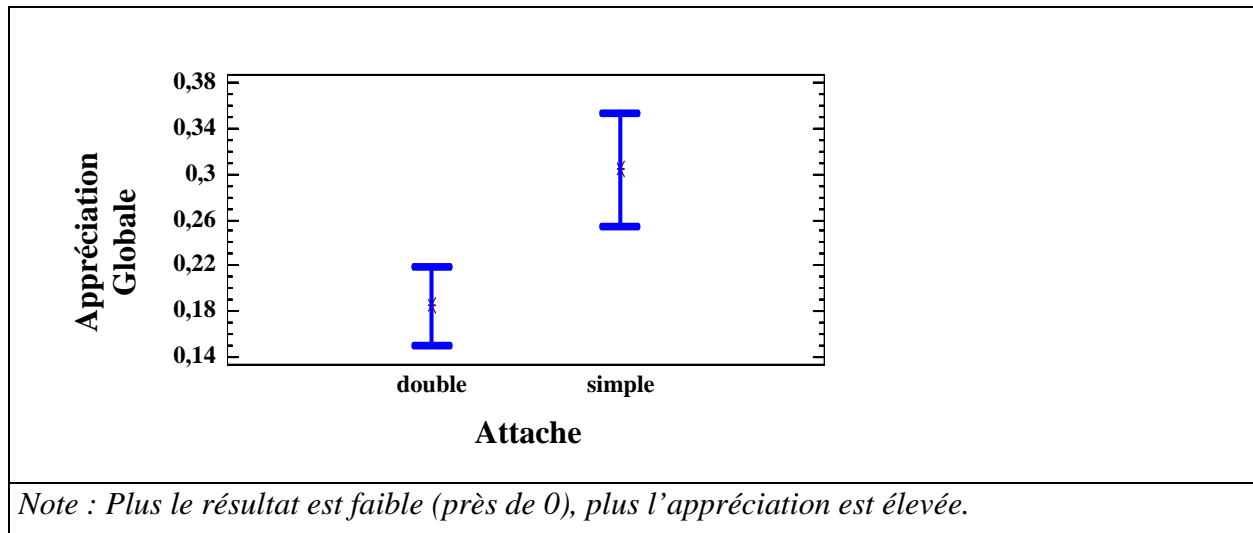


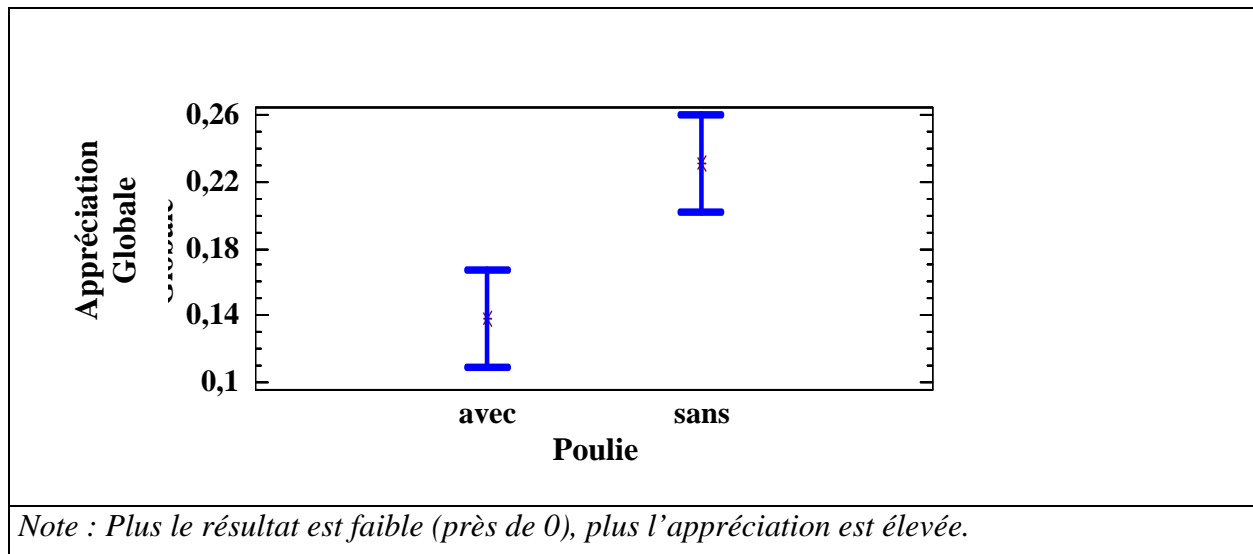
Figure 49 : Appréciation globale des systèmes lors des déplacements à la corde

Les systèmes classés selon les attaches au harnais (simple ou double) démontrent clairement une préférence des systèmes à deux points d'attache (figure 50). Ce classement confirme la préférence du nœud de Blake double lors de l'évaluation de l'appréciation globale.



**Figure 50 : Appréciation globale des systèmes en fonction du type d'attache pour le travail dans un arbre**

En regroupant les systèmes selon la présence d'une poulie (figure 51) l'analyse de la variance démontre qu'un système avec poulie est préféré significativement ( $p < 0,05$ ) à un système sans poulie ce qui confirme la tendance perçue lors de l'appréciation globale des systèmes.



**Figure 51 : Appréciation globale des systèmes en fonction du port d'une poulie tendeur pour le travail dans un arbre**

### 9.7.7 Discussion

L'analyse statistique des différentes variables a fait ressortir durant le déplacement, le travail et la descente dans un arbre, qu'un système composé d'un nœud de corde était aussi sinon plus apprécié qu'un système mécanique. Parmi les différentes variables indépendantes se rattachant



aux systèmes, le point d'attache double et la présence d'une poulie sont ressortis comme favoris. L'explication de ce résultat est que la poulie permet de remonter le nœud autobloquant (Blake ou Distel) d'une seule main. De plus, lorsque attaché en double, il n'est pas nécessaire de défaire le nœud autobloquant pour franchir un obstacle.

## 9.8 Travail à l'éperon

### 9.8.1 Objectif

Évaluer le confort et l'efficacité des différents systèmes au travail à l'éperon.

### 9.8.2 Sujets

**Tableau 41 : Sujets pour la convivialité des systèmes– travail à l'éperon**

n=8	Âge	Années d'expérience	Taille (cm)	Poids (kg)
<b>Moyenne</b>	35,9	10,1	173	80,3
<b>Maximum</b>	45	17	177	100
<b>Minimum</b>	28	3	165	68

### 9.8.3 Variables

Variables indépendantes	Variables dépendantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tâches</li> <li>✓ Types de système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilité d'utilisation du système</li> <li>✓ Sentiment de sécurité</li> <li>✓ Pénibilité physique de la tâche avec ce système</li> <li>✓ Appréciation globale du harnais</li> <li>✓ Rang d'appréciation</li> </ul>

### 9.8.4 Systèmes d'assurance utilisés

**Tableau 42 : Descriptions des différents systèmes utilisés lors d'ascension et descente à l'éperon**

Système	Système
1 Pole Choker III et 2° longe	5 Protège-cambium et corde de travail
2 Pole Choker et corde de travail	6 Tree Choker longe double
3 I'D et corde de travail	7 Tree Choker et corde de travail
4 Corde de travail en étranglement	

Les systèmes sont décrits à l'annexe 4

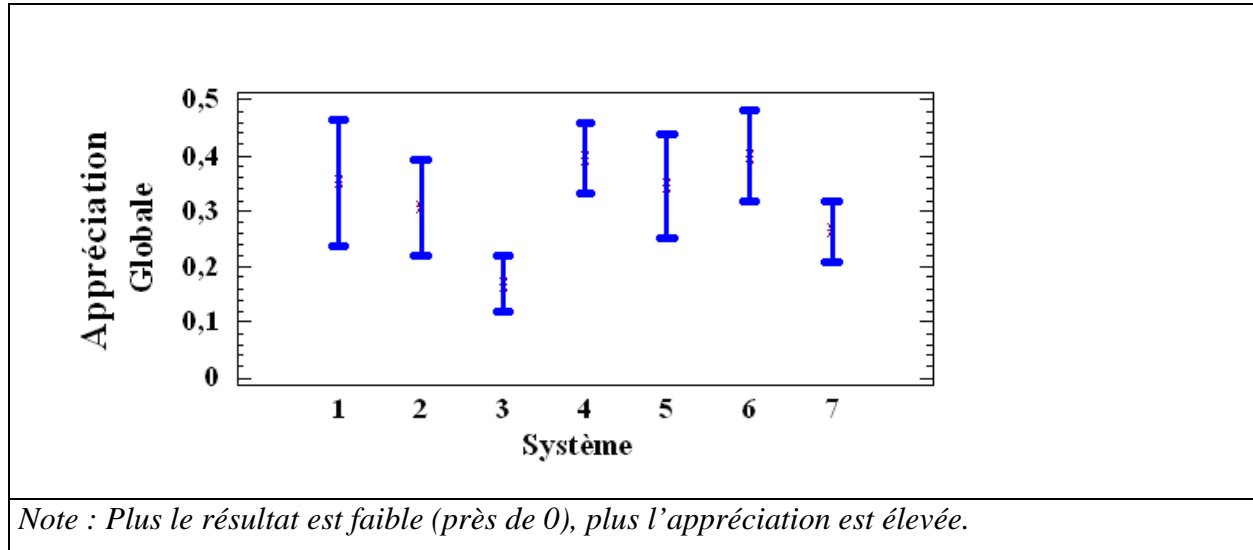
### 9.8.5 Tâches

Afin de maximiser la sollicitation des différents systèmes, un circuit à quatre stations semblable à celui utilisé lors du protocole harnais-éperon (section 7.3.5) était utilisé. À chacune des stations, les sujets devaient installer leur longe de positionnement, s'immobiliser et remplir la feuille

d'évaluation se rapportant au système testé. L'ordre des stations était imposé pour standardiser le circuit entre les sujets.

### 9.8.6 Résultats

La figure 52 présente l'appréciation globale des différents systèmes lors du travail à l'éperon. Le système 3, soit le I'D avec corde de travail est le favori par rapport à tous les autres systèmes exceptés le système 7, soit le Tree Chocker et corde de travail. Ce dernier est plus apprécié que le système 4 soit la corde de travail en étranglement.



**Figure 52 : Appréciation globale des différents systèmes lors du travail à l'éperon**

Lors du classement des systèmes par rang représenté dans le tableau 43, le I'D (système 3) ressort encore une fois favori car il est classé 5 fois sur 8 au premier rang. Le système 2, soit le Pole Choker avec corde de travail est classé 3 fois sur 8 au premier rang. Par contre, il est classé 2 fois sur 8 au sixième rang, alors soit ce système est apprécié, soit il ne l'est pas

**Tableau 43 : Classement par rangs pour chacun des systèmes pour le travail à l'éperon**

Systèmes	Rang							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	4	1	1	1	0	0	8
2	3	1	1	0	1	2	0	8
3	5	1	0	2	0	0	0	8
4	1	2	1	1	1	1	1	8
5	0	2	2	0	4	0	0	8
6	0	1	2	1	1	1	2	8
7	1	0	0	3	0	2	1	8

### **9.8.7 Discussion**

Pour le travail à l'éperon, le I'D est le système le plus apprécié. Puisque avec ce système, l'assurance contre les chutes se fait par une seconde personne au sol, l'élagueur peut pleinement se concentrer sur son ascension ou le travail à exécuter. Les autres systèmes sont tous comparables et ont une appréciation très variable.

## 9.9 Conclusion

- **Lors d'une ascension avec l'aide du tronc** (section 9.3), les résultats démontrent une préférence marquée des systèmes mécaniques par rapport aux nœuds conventionnels. Cette préférence s'explique par le peu de friction des systèmes mécaniques avec la corde lors des mouvements d'ascension.
- **Lorsque l'ascension se fait de manière libre** (section 9.4), tous les systèmes pris individuellement ne présentent pas de différence. Cependant, en regroupant les systèmes selon la technique utilisée (Footlock vs Traditionnelle anglaise), on constate que pour ce genre d'ascension, la technique utilisant les membres inférieurs (footlock) ressort favorite aux niveaux de la pénibilité et de l'appréciation globale.
- **Durant une ascension de plusieurs secondes**, les travailleurs disent unanimement que l'utilisation d'un système mécanique est plus efficace qu'un nœud de corde. Cependant, malgré le fait que les systèmes mécaniques se sont avérés mieux cotés, la majorité des travailleurs affirment que ces types de systèmes ne sont pas adaptés aux travaux de tous les jours et que leurs utilisations se limitent seulement à de longues ascensions.
- **Pour une ascension faite dans la ramure et avec le système préinstallé** (section 9.5), tous les systèmes se confondent à l'exception du système I'D. Ce dernier ressort comme moins exigeant physiquement lors d'ascensions lorsque les systèmes étaient classés selon différentes variables telles : poulie, simple ou double, etc. Par contre, ce même système était perçu moins sécuritaire probablement parce qu'il est nouveau et qu'il est opéré par une deuxième personne, bien qu'il bloque la corde peu importe la réaction de l'opérateur (fail safe). L'introduction du I'D comme équipement de travail demandera une démonstration de sa fiabilité aux travailleurs. Lors d'ascensions, les systèmes mécaniques sont autoajustables en plus de minimiser la friction sur la corde. Cette faible friction ajoutée à un minimum d'attention à porter aux systèmes (surtout I'D) en font des systèmes bien appréciés. Cependant, les systèmes de nœud se situent encore très bien sur l'échelle de 0 à 1. Certains systèmes mécaniques sont très appréciés pour la montée, mais craints pour la descente en raison du peu de contrôle. Ainsi, les systèmes à nœud demeurent peut-être la meilleure solution.
- **Les essais d'ascensions avec l'aide de la ramure** (section 9.6) ont démontré qu'un nœud de corde était aussi, sinon plus, apprécié et perçu plus sécuritaire qu'un système mécanique. Cependant, avec un point d'ancrage central, le travailleur doit défaire et refaire son nœud à chaque franchissement d'obstacle. Cette contrainte allonge considérablement le temps d'ascension en plus de multiplier les risques que le nœud ne soit pas bien fait. Pour contrer ce risque, les systèmes mécaniques (Lockjack®...) sont de bonnes alternatives. Puisque la corde de travail sert comme longe secondaire lors d'une ascension avec l'aide de la ramure, l'appréciation des travailleurs démontre que le système doit demeurer le plus près du corps possible. Ainsi, un système du type Lockjack® se doit d'être à proximité expliquant le choix du Lockjack® court par rapport au Lockjack® long. Si un système mécanique n'est pas disponible, un nœud à deux points d'ancrage est intéressant puisque le nœud ne doit pas être défait à chaque franchissement d'obstacle.

- *L'analyse statistique n'a pas fait ressortir l'utilisation d'une poulie comme essentielle. Cependant, la fréquence du classement par rang ainsi que les commentaires des travailleurs nous démontrent une appréciation de la poulie tendeur pour les installations à deux points d'ancrage tels le nœud Blake et le nœud Distel.*
- *L'appréciation globale des différents systèmes lors du **travail à l'éperon** (section 9.8) démontre une préférence pour le système I'D, car le contrôle du système de protection contre les chutes est assuré par un collègue au sol permettant au travailleur de se concentrer pleinement sur son ascension ou son travail à exécuter.*
- *Malgré le fait qu'il n'y ait pas de distinction fonctionnelle importante entre les systèmes « Gri Gri » et I'D, le système de type « Gri Gri » n'est pas recommandé puisque ce système est principalement destiné à un usage récréatif comparativement au système I'D. De plus, les essais mécaniques ont montré la supériorité du I'D.*

## **10. DISCUSSION SYNTHÈSE**

### **10.1 Présentation**

L'objectif du projet de recherche était de réduire les risques de chutes en revoyant les méthodes de travail et les équipements de positionnement pour augmenter la protection contre les chutes de hauteur.

L'essence même du projet était d'identifier, tant dans la phase accès à l'arbre que dans la phase travail d'élagage à un poste donné, ce qui constitue le système de positionnement et ce que constitue le système d'arrêt de chute. Toute la protection contre les chutes et plus particulièrement, l'arrêt de chute individuel sont basés sur une redondance entre le système de positionnement, qui peut avoir une défaillance et le système individuel d'arrêt de chute qui est indépendant du premier.

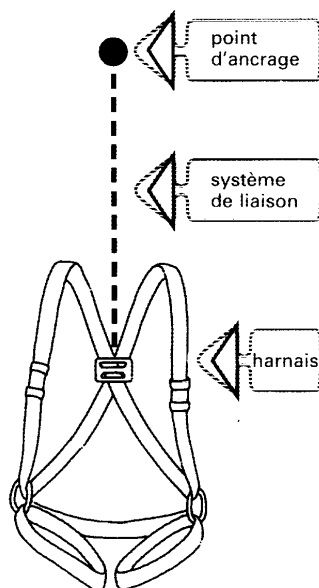
Dans cette section, les définitions de systèmes de positionnement et d'arrêt de chute seront illustrées d'exemples typiques. Un rappel de l'origine des difficultés de compréhension sera fait. Par la suite, une analyse et une discussion seront faites pour les systèmes d'accès et de travail avec des cordes et à l'éperon étudiés.

### **10.2 Systèmes de positionnement et d'arrêt de chute**

Le besoin de clarifier les concepts de positionnement, de prévention et d'arrêt de la chute tant individuel que collectif est apparu depuis 1980 alors que les équipements de protection contre les chutes de hauteur ont connu un grand développement. Leur nombre considérable et plus particulièrement, leur similitude morphologique ont créé une certaine confusion et une ignorance de la protection offerte par ces équipements; par exemple, la ceinture de monteur de lignes avec deux anneaux en D latéraux (ceinture de positionnement) était confondue avec la ceinture d'arrêt de chute à un anneau en D dorsal. Le paradoxe suivant était alors apparu : des systèmes de protection de bonne qualité étaient disponibles en grand nombre, mais beaucoup d'utilisateurs en ignoraient la disponibilité, la fonction réelle, les critères de conception, le mode et les limites d'utilisation. Les deux conséquences malheureuses de cette situation étaient l'absence d'utilisation des moyens de protection et leur mauvaise utilisation dans bien des cas. La classification des équipements liés au travail en hauteur qui est présentée vise à clarifier cette situation (Arteau et Landat).

### **10.3 Les classes**

Les objets de la classification sont les équipements de protection contre les chutes, de positionnement pour le travail en hauteur et de sauvetage (évacuation). Une ou plusieurs pièces d'équipements placées en série vont former un système qui aura une fonction précise. Par exemple, un harnais antichute, une longe, un absorbeur d'énergie et un point d'ancrage constituent un système individuel d'arrêt de chute (figure 53).



**Figure 53 : Système individuel d'arrêt de chute**

La classification s'articule autour de deux critères. Le premier critère définit la fonction du système et le deuxième, le niveau d'intervention :

1) Fonction :

- système de positionnement;
- système de protection contre les chutes;
- système de prévention (limitation du déplacement);
- système d'arrêt;
- système de recueil;
- système de sauvetage (ou évacuation).

2) Niveau d'intervention :

- individuel;
- collectif.

## 10.4 Définitions

Les types de systèmes se définissent comme suit : 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. Par exemple, la ceinture et la courroie du monteur de lignes (norme CSA-Z259.3-M1978) combinées aux éperons permettent à ce dernier de se maintenir en hauteur dans un poteau de bois et d'avoir les mains libres; qu'un éperon se désengage et c'est la chute. L'échafaudage volant est quant à lui un système collectif de positionnement. Le système de prévention (limitation du déplacement) empêche le travailleur d'atteindre une zone où il y a un risque de chutes; un harnais muni d'une longe fixée à un ancrage peut prévenir la chute si la longueur de la longe est plus courte que la distance entre l'ancrage et le vide; le garde-corps est l'exemple parfait du système collectif de prévention. 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; le harnais, l'absorbeur d'énergie, la longe et l'ancrage sont les composants d'un système individuel d'arrêt de chute alors que le filet est un système collectif d'arrêt de chute. Les systèmes de prévention et d'arrêt des chutes font partie des systèmes de protection des chutes. Les systèmes de sauvetage permettent l'évacuation d'une personne après l'arrêt de la chute ou après un accident dans un endroit difficile d'accès.

Les systèmes de positionnement et de sauvetage (ou évacuation) sont inclus dans la classification, car ils présentent des similitudes morphologiques avec le système de protection individuelle; tous sont composés d'un dispositif de préhension du corps humain, d'un moyen de liaison et d'un point d'ancrage à la structure. Ces critères donnent 12 classes de systèmes dont des exemples sont présentés au tableau 44.



**Tableau 44 : Classification des systèmes relatifs au travail en hauteur**

		BUT DU SYSTÈME					
		POSITIONNEMENT			PROTECTION		SAUVETAGE (évacuation)
		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	
	Filet						
	INDIVIDUEL	Échelle, nacelle	Ceinture de monteur de lignes avec sangle de poteau et grimpettes (éperons)	Sellette	Harnais et longe-limiteur de déplacement	Arrêt	Harnais de levage
						Harnais de sécurité, absorbeur d'énergie, longe et ancrage	

## 10.5 Un exemple synthèse : l'échafaudage volant

L'échafaudage volant à deux câbles de suspension est un exemple qui illustre les distinctions entre positionnement, prévention et arrêt de chute.

Le positionnement est assuré par la plate-forme suspendue à deux câbles comme l'illustre la figure 54; c'est rudimentaire mais suffisant. Un premier risque de chute évident existe soit la chute de la plate-forme vers le sol; le garde-corps, moyen collectif de prévention, empêche la chute vers le sol des deux travailleurs présents sur la plate-forme (figure 55). Un deuxième risque de chute existe : c'est la faillite de l'échafaudage lui-même qui conduit soit à un déséquilibre soit à la chute de l'ensemble au complet. Les causes en sont multiples :

- rupture d'un câble porteur;
- un frein qui lâche;
- effondrement du parapet du toit sur lequel s'appuie une poutre de support. Les parapets ne sont pas des éléments structuraux des charpentes, ils sont généralement faits de 2 X 4 en bois et servent de support pour faire remonter les membranes d'étanchéité des toitures. Le tout est recouvert d'une tôle.

Pour se protéger contre la chute causée par la faillite du système de positionnement (l'échafaudage et ses deux câbles porteurs), il faut utiliser un système individuel d'arrêt de chute composé d'un harnais, d'un absorbeur d'énergie, d'une longe, d'un coulisseau et d'une corde d'assurance verticale fixée à un ancrage ayant une résistance à la rupture de 18 kN (figure 56). La corde d'assurance sera protégée adéquatement contre l'abrasion causée par l'arête vive du bord du toit.

Il y a donc deux systèmes indépendants : le système de positionnement, l'échafaudage, et le système individuel d'arrêt de chute, basé sur le harnais et l'absorbeur d'énergie, qui assure une redondance.

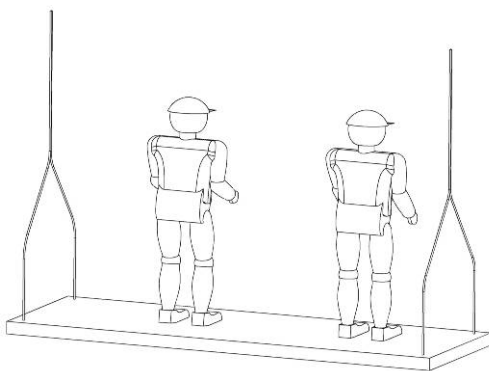


Figure 54 : La plate-forme et ses deux câbles de suspension constituent un système de positionnement.

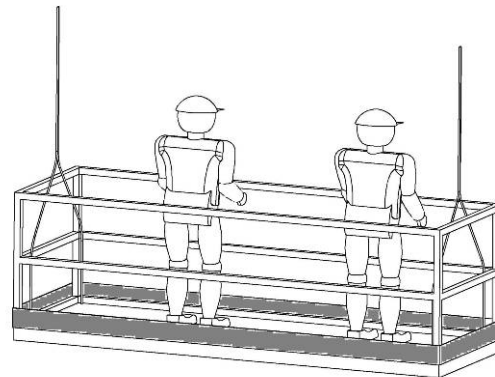


Figure 55 : Le garde-corps empêche la chute de la plate-forme vers le sol.

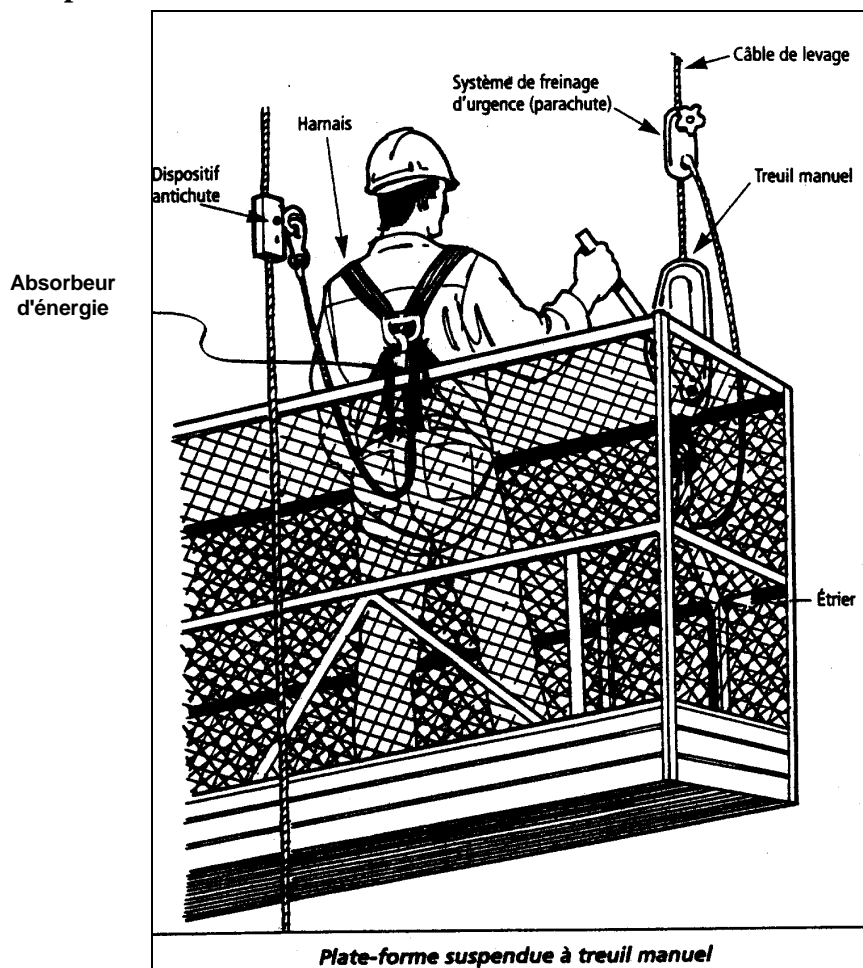


Figure 56 : Le système d'arrêt de chute (harnais, absorbeur, longe, coulisseau, corde d'assurance verticale et ancrage) arrêtera la chute s'il y a faillite du système de positionnement.

## 10.6 La ceinture de positionnement n'est pas un système d'arrêt de chute

La différence entre positionnement et arrêt de chute est confirmée par une décision de la Commission d'appel en matière de lésions professionnelles (CALP) concernant les monteurs de lignes. Bien que la ceinture de positionnement du monteur avec ses deux anneaux en D latéraux est une certaine similitude morphologique avec l'ancienne ceinture d'arrêt de chute avec un anneau en D dorsal, cette dernière étant maintenant remplacée par le harnais complet (voir Sabourin et Harvey), la différence fondamentale entre système de positionnement et système d'arrêt de chute a été confirmée par la décision de la CALP dans la cause CSST vs ARNO (CALP, 1994).

À cette occasion, la CALP a réitéré l'obligation d'utiliser un système d'arrêt de chute qui rencontre les exigences du Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6). L'article 2.10.12 du Code prévoit que les travailleurs exposés à des chutes de plus de trois mètres doivent obligatoirement porter une « ceinture de sécurité » conforme à la norme CSA Z259.1-1976 c.-à-d. un système d'arrêt de chute. Lorsqu'ils n'utilisent pas une nacelle pour faire leur travail, les monteurs de lignes doivent accéder à leur poste de travail, souvent la partie supérieure d'un poteau, en y grimant à l'aide d'éperons et en se maintenant au poste de travail à l'aide de la ceinture de monteur, conforme à la norme CSA Z259.3-M1978. Cette ceinture est reliée en deux points à la courroie qui passe derrière le poteau. Ces deux équipements, éperons et courroie, permettent au monteur de lignes de se positionner à son poste de travail et ne constituent pas une « ceinture de sécurité » au sens du Code de sécurité car ils ne sont pas conçus pour limiter ou arrêter une chute. D'ailleurs, les normes CSA Z259.1-1976 ceinture de sécurité et CSA Z259.3-1979 ceinture de monteur de lignes ne disaient-elles pas explicitement dans leur domaine d'application respectif que la ceinture de sécurité n'est pas une ceinture de monteur et que la ceinture de monteur n'est pas une ceinture de sécurité. Cette décision de la CALP nous rappelle que ces différences ont des conséquences pratiques.

Il faut rappeler que depuis la décision de la CALP en 1994, la norme CSA Z259.1-1976 a été remplacée par la norme nationale du Canada CAN/CSA-Z259.1-95 « Ceinture de sécurité et cordons d'assujettissement (Safety Belts and Lanyards) ». La principale modification porte sur l'utilisation de la ceinture : celle-ci peut être utilisée seulement pour le positionnement et la limitation du déplacement (prévention). Une seule exception à cette règle : une ceinture avec attache ventrale peut être utilisée pour l'arrêt des chutes lorsqu'elle fait partie des systèmes antichutes permanents montés sur des échelles et conformes à la norme CSA-Z259.2-M1979; néanmoins, le harnais de type AL serait plus approprié. Enfin, les ceintures vont continuer à être fabriquées; cependant, elles porteront une étiquette disant : « **Pas recommandé pour l'arrêt des chutes** ». La différence entre positionnement et arrêt de chute est encore plus claire maintenant (Arteau, 1997).

Qui plus est, l'utilisation de la ceinture dans les systèmes d'arrêt de chute sur échelles n'est plus permise. En effet, la dernière version récente de la norme CAN/CSA-Z259.1-05 et les amendements à la norme CAN/CSA-Z259.2.1 stipulent que le harnais conforme à CAN/CSA-Z259.10 doit être utilisé avec l'attache de classe L lorsqu'un travailleur grimpe dans une échelle et s'attache à un coulisseau sur rail. Ainsi, l'exception permise dans la norme Z259.1-95 est disparue.

## 10.7 Difficultés de compréhension

La National Arborist Association (USA) réfère à la norme ANSI : Z133.1-1994 pour les règles de sécurité. La Société internationale d'arboriculture (International Society for Arboriculture) ISA fait la promotion de techniques d'accès à l'arbre plus sécuritaires. En effet, lors des compétitions internationales pour arboriculteurs, il est obligatoire d'utiliser deux cordes ou liens lorsqu'un outil tranchant est utilisé sous peine de disqualification. Cependant, la diffusion de ces techniques, leur concordance avec les règles de protection contre les chutes et leur applicabilité à des contextes particuliers restent à faire.

Mais pourquoi ces difficultés? Elles sont le résultat d'une confusion entre les systèmes et méthodes qui assurent le positionnement de l'élagueur et ceux qui assurent l'arrêt de chute. Cette confusion est aussi entretenue par d'anciennes normes comme la CSA Z259.3-M1978 « Ceintures et courroies de sécurité de monteuses de lignes (Linemen's Body Belt and Linemen's Safety Strap) » qui accole le vocable « sécurité » à des équipements de positionnement comme la ceinture de monteur de lignes et à la courroie de poteau. La ceinture et la courroie de positionnement peuvent constituer une protection contre les chutes dans des conditions particulières et limitées. Plusieurs ont généralisé l'exception et ont ainsi cru que les systèmes de positionnement offrent en tout temps une protection contre les chutes. Par exemple, certains monteuses de lignes sur poteaux de bois continuent à croire à cette fausse généralisation bien que l'objet des normes CSA Z259.1-1976 et CSA Z259.3-M1978 et la décision de la CALP (1994) dans la cause CSST vs ARNO disent le contraire.

Une revue de littérature américaine et des règlements OSHA illustrent cette confusion entre les systèmes et méthodes qui assurent le positionnement et ceux qui assurent l'arrêt de chute. Oregon OSHA, dans le document « Fall Protection Rebar and Concrete Formwork » définit le système de positionnement comme « un système qui permet à une personne de travailler en hauteur avec ses deux mains libres et qui limite la distance de chute libre à deux pieds ou moins ». Selon Oregon OSHA, un « système de positionnement » est simultanément un système de positionnement et un système d'arrêt de chute; cette affirmation est erronée. Tout d'abord, un système ne peut être à la fois le système de positionnement (système primaire) et le système d'arrêt de chute (système secondaire) parce qu'il n'y a plus de redondance donc absence de protection complète. Ensuite, une chute de deux pieds arrêtée par une ceinture de positionnement et une courroie de positionnement ou une chaînette peut générer une force d'arrêt très élevée et causer des lésions très graves. Dans une étude réalisée pour l'Electricity Association U.K., Crawford a mesuré des forces maximum d'arrêt jusqu'à 8,87 kN et une décélération de type coup-de-lapin de 12,55 g au niveau de la 3<sup>e</sup> vertèbre cervicale; un mannequin articulé tombait de 600 mm (2 pieds) et était retenu par une ceinture de monteur de lignes et une courroie de positionnement munie d'un étrangleur de poteau.

Ainsi, les équipements de positionnement ne sont pas conçus pour arrêter une chute; seul le harnais l'est.

L'analyse qui suit examinera ce qui constitue le système de positionnement et le système d'arrêt de chute pour les élagueurs.

## 10.8 Analyse

### 10.8.1 La question

L'objectif du projet de recherche est de réduire les risques de chutes en revoyant les méthodes de travail et les équipements de positionnement pour augmenter la protection contre les chutes de hauteur. Deux grands sous objectifs ont été réalisés : identifier un harnais pour élagueurs et évaluer différentes techniques et systèmes d'accès à l'arbre. La fiche de la CSST décrit clairement les caractéristiques de ce harnais. Les différents systèmes d'accès à l'arbre ont été évalués pour leur efficacité, leur fiabilité et leur convivialité. Mais pour autant constituent-ils des systèmes d'arrêt de chute? Pour répondre à cette question, il faut se rappeler les définitions de systèmes de positionnement et de systèmes d'arrêt de chute. Pour comprendre et apprécier les gains réalisés, il faut comparer à la situation antérieure où peu d'équipements appropriés étaient utilisés résultant en une protection très réduite sinon absente.

### 10.8.2 Ascension au « footlock »

L'ascension au footlock nécessite le passage d'une corde dans une fourche solide et haute de l'arbre. L'élagueur grimpe alors en simple ou préférablement sur les deux extrémités de la corde (figure 35) en utilisant ses pieds pour bloquer la corde (footlock). Revoyons en détail chaque étape pour identifier les phénomènes dangereux présents ou les défaillances possibles.

#### Le passage de la corde dans une fourche

Une poche de petites billes d'accès, poche de lancer, est attachée à l'extrémité d'une cordelette au moins de 2 à 3 fois plus longue que la hauteur de la fourche à atteindre. La poche est lancée pour passer la cordelette dans la fourche la plus haute possible, bien positionnée et solide. Cette technique demande plusieurs essais; même les meilleurs élagueurs au monde s'y reprennent à plusieurs reprises avant de réussir lors des compétitions internationales. Ensuite, par un jeu de va-et-vient, l'élagueur passe un protège-cambium (anglais; friction saver), une sangle munie de deux anneaux, de grosseurs différentes, autour de la fourche de telle sorte qu'à la fin la corde d'ascension (corde de positionnement) passe dans les deux anneaux. Le protège-cambium protège l'écorce de l'arbre et le coulisement de la corde dans les deux anneaux protège cette dernière d'une usure prématurée. Toute cette opération est longue; de passer une corde dans une bonne fourche est déjà un exploit. Penser passer une deuxième corde dans une deuxième fourche pour créer une corde d'arrêt de chute deviendrait une exigence démesurée. La CRAMIF et MSA Mutualité sociale agricole (France) ont la même opinion.

Cette corde unique est alors la corde de positionnement sans qu'il n'y ait une 2<sup>e</sup> corde d'arrêt de chute. Est-ce un risque acceptable?

#### Corde inspectée

La corde est une corde inspectée tactilement et visuellement après chaque utilisation; cette inspection a lieu lors du rangement de la corde dans un sac qui la protège de la poussière et des radiations UV. C'est donc une corde inspectée.

#### Fourche testée

La fourche peut être testée; les élagueurs sont en équipe d'au moins deux. La suspension instantanée de deux élagueurs ou plus génère une force instantanée de deux fois le poids des

travailleurs (si 2 élagueurs, alors 4 fois le poids d'un élagueur). C'est une forme de « proof test ». Comme le protège-cambium devrait contenir un absorbeur d'énergie, la force maximum sera inférieure à 4 kN ou 6 kN selon la catégorie d'absorbeur d'énergie CAN/CSA-Z259.11-05. L'essai de chargement instantané décrit ci-haut, pourrait amorcer l'absorbeur d'énergie. La corde passe donc dans une fourche testée pour sa résistance et un protège-cambium qui limite la force maximum.

#### Ascension au « footlock » contrôlée

Avant d'entreprendre l'ascension, l'élagueur enfile son harnais et s'attache aux deux brins de la corde d'ascension avec un noeud Blake ou un noeud Prussik. Advenant un glissement des pieds, la chute libre serait limitée à la longueur de la corde du noeud Blake. D'ailleurs, les noeuds comme le Blake rencontrent les exigences de la norme CAN-CSA-Z259.2.1-98 sur les coulisseaux. Compte tenu de la longueur de la corde d'ascension, le facteur de chute  $H/L$  serait très faible ( $\approx 0.04$ ) et la force maximum d'arrêt de l'ordre de 2 mg, 2 fois le poids de l'élagueur ou 2 kN. La fourche a déjà été testée pour 4 fois cette charge. Le risque de rupture est très faible.

#### Absence d'outils tranchants

Lors de l'ascension au *footlock*, l'élagueur a besoin de ses deux mains et de ses deux pieds; il ne manipule aucun outil tranchant comme une scie, un émondoir ou une scie mécanique (scie à chaîne). Il n'y a aucun risque de couper la corde d'ascension ou de positionnement.

#### Synthèse

Les modes de défaillances possibles ont été examinés; les mesures du contrôle associées à chaque mode ont été décrites; la probabilité d'occurrence (risque), estimée.

Bien que la corde d'ascension soit unique sans qu'une deuxième corde offre la protection contre les chutes (arrêt de chute), le risque de défaillance est très peu probable et même si un glissement des pieds avec un relâchement des mains simultanément survient, les forces sont très faibles. Permettre l'utilisation d'une corde unique lors de l'ascension au *footlock* est une exemption semblable à celle accordée aux monteurs de lignes de transport d'énergie dans le code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6, a 2.10.12 (6)).

#### Une suggestion

Une fois que l'élagueur a accédé à l'arbre au *footlock*, une deuxième corde d'ascension devrait être installée dans une deuxième fourche avec son protège-cambium absorbeur d'énergie. Cette deuxième corde servirait en situation d'urgence pour secourir un élagueur suspendu dans l'arbre. Comme décrit ci-haut, passer une corde à partir du sol est long. La présence de cette 2<sup>e</sup> corde préinstallée simplifie les opérations de secours. Un élagueur au sol qui aurait à secourir son confrère dans un arbre, n'aurait plus qu'à enfiler son harnais et à grimper.

Cette procédure fait partie des épreuves des compétitions internationales. C'est une pratique courante en Allemagne où les élagueurs travaillent dans des grands feuillus. Lors des essais exécutés durant ce projet, une telle corde de secours a été installée.

### **10.8.3 Déplacements dans l'arbre**

Les techniques de déplacements dans la ramure sont diversifiées comme montrées à la section 9.6, selon l'importance et la structure de la ramure. Si les branches sont rapprochées, l'élagueur

utilise ses deux mains et ses des deux pieds pour grimper d'une façon semblable à grimper une échelle. À ce propos, il faut rappeler que la CSST n'exige pas de mesures de protection antichute particulières lors du grimpage d'une échelle.

Si la structure de l'arbre est moins dense, par exemple un feuillu urbain, l'élagueur utilise alors la corde d'ascension. Elle devient alors une corde antichute (arrêt de chute). Si l'élagueur est câblé en double avec une poulie, il peut facilement reprendre le mou dans sa corde d'ascension. Advenant une chute, il se retrouverait suspendu instantanément dans sa corde. Le danger serait alors de heurter une branche si un mouvement de balancier ne peut être contrôlé.

#### **10.8.4 Travail dans l'arbre**

Le travail dans l'arbre nécessite l'utilisation d'objets tranchants comme l'émondoir, la scie, la scie mécanique (la scie à chaîne), etc. L'utilisation de deux cordes devient nécessaire, par exemple, la corde d'ascension et la corde de travail ou longe ajustable. Une corde remplit la fonction de positionnement et une autre corde, la fonction d'arrêt de chute; la redondance décrite à la section 10.2 est assurée. Contrairement à l'exemple de l'échafaudage volant (section 10.2.3) où les systèmes assurant respectivement le positionnement et l'arrêt de chute sont immuables, en élagage, une corde donnée peut alternativement assurer le positionnement et l'arrêt de chute alors que la deuxième corde assure l'arrêt de chute et le positionnement. Ainsi, pendant qu'une corde assure le positionnement (est tendu, supporte le poids de l'élagueur), la deuxième corde remplit la fonction d'arrêt de chute (n'est pas tendu, ne supporte pas le poids de l'élagueur). L'instant après, pour couper une autre branche, la posture de l'élagueur est telle que la deuxième corde assure maintenant le positionnement et la première, l'arrêt de chute. La fonction de chaque corde change selon la posture, mais en tout temps une corde assure le positionnement et une autre corde, l'arrêt de chute; la protection contre les chutes est toujours assurée.



### 10.8.5 Grimpage à l'éperon

Les principaux équipements utilisés pour le grimpage à l'éperon sont nommés au tableau 45.

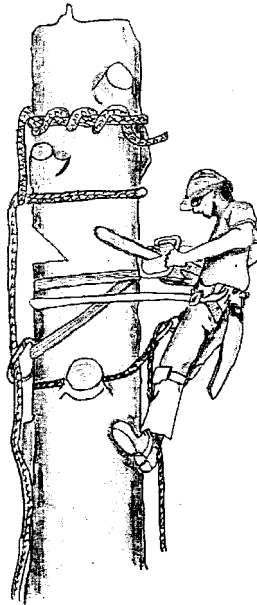
**Tableau 45 : Équipements pour le grimpage à l'éperon**

	Équipements	Sécurité	Position de travail	Franchissement d'obstacles
1	Pole Choker III	Partielle	Pole Choker III + longe	2 <sup>e</sup> longe
2	Pole Choker III	Partielle	Pole Choker III + corde de travail	Corde de travail
3	ID et corde d'ascension mains libres	Complète	Longe et corde de travail	ID et corde de travail
4	Corde de travail en étrangleur (1 2/3 tour)	Partielle	Corde de travail en étrangleur (1 2/3 tour)	Longe
5	Protège-cambium et corde de travail	Partielle	Protège-cambium et corde de travail	Longe
6	Longe et Tree Choker	Partielle	Tree Choker + longe	Longe
7	Tree Choker	Partielle	Tree Choker + câble de travail	Corde de travail
8	ID et corde ascension avec longe	Complète	Longe et corde de travail	ID et corde de travail

Les équipements 1, 2, 4, 5, 6 et 7 sont des systèmes de positionnement auxquels est greffé un étrangleur qui se referme automatiquement autour de l'arbre s'il y a une chute. L'étrangleur ne fonctionne que si le système de positionnement est en fonction. Comme il n'y a pas de 2<sup>e</sup> système indépendant, la protection antichute est partielle. Néanmoins, elle est équivalente à celle offerte aux monteurs de lignes sur poteaux de bois qui utilisent son équipement conforme à la norme CAN/CSA-Z259.14-01 « Équipement de limitation de chutes pour grimper sur les poteaux de bois ». Par ailleurs, les équipements 3 et 8, qui utilisent une corde d'ascension et un bloqueur I'D avec un 2<sup>e</sup> élagueur au sol, offrent une protection complète, car la corde et le I'D sont un système d'arrêt de chute indépendant du positionnement assuré par les mains et les grimpettes (éperons) de l'élagueur.

### 10.8.6 Travail à l'éperon

Lorsque l'élagueur utilise un outil tranchant, deux cordes doivent être utilisées. Un premier système par exemple, assure le positionnement; un deuxième système, sous le premier, assure la redondance, les deux possèdent un étrangleur, advenant que le premier soit coupé, le deuxième maintient l'élagueur (figure 57).



**Figure 57 : Travail à l'éperon**

## 11. RÉSUMÉ DES PRINCIPALES CONCLUSIONS

### Nacelle :

Le lien de retenue actuel est perçu comme étant le plus sécuritaire et un des plus confortables. Par ailleurs, un lien de longueur fixe crée fréquemment un mou suffisant pour que le lien interfère avec d'autres équipements. L'enrouleur-dérouleur installé à la ceinture du harnais semble être le meilleur compromis entre le confort et la sécurité à offrir au travailleur puisque ce système n'est pas en conflit avec les boyaux hydrauliques et la nacelle tout en offrant une mobilité plus grande que le lien de retenue actuel.

### Harnais :

Les bretelles d'un harnais ne sont une source d'inconfort puisque le confort au niveau des épaules ne démontre pas de différence significative entre le port des bretelles croisées élastiques par rapport aux deux ceintures qui ne possédaient pas de bretelles.

Au niveau des hanches, le port de cuissards permet une plus grande liberté de mouvement des membres inférieurs tout en donnant un bon support durant les suspensions en corde. De plus, les cuissards ne s'avèrent pas accrochants dans les branches et sont légers.

Les appréciations demeurent toujours positives pour l'utilisation d'un harnais complet tant pour les élagueurs expérimentés avec un harnais que les novices.

Si une sangle extensible est disponible, il est préférable de demeurer avec la configuration la plus simple possible (croisée) et le matériau extensible.

### Essais mécaniques :

Tous les nœuds de corde ont arrêté la chute d'une masse de 100 kg lorsque testés comme un coulisseau selon la norme CSA-Z259.2.1-1998. Cependant, la validité des résultats des nœuds se limite à une corde neuve de même diamètre, de même état, avec des nœuds exécutés et serrés correctement par un spécialiste.

Dans les « nœuds » mécaniques, le I'D offre une résistance résiduelle acceptable. Sa conception est telle que peu importe les mouvements intempestifs de panique (positions extrêmes des 2 côtés, relâchement du système) de l'utilisateur, il bloque la corde. À cause de cette caractéristique, le I'D est recommandé.

Le protège-cambium (friction saver) avec absorbeur d'énergie a montré une réduction de la force maximum d'arrêt de 50 %. Ce produit en développement lors des essais montre donc tout le potentiel de réduction de la force maximum d'arrêt, force qui est supportée par l'élagueur et la fourche d'ancrage.

Les dispositifs étrangleurs faits à partir d'un protège-cambium et d'autres équipements d'élagage ont montré une performance comparable au Pole Chocker lorsque testé dans les mêmes conditions. Le Pole Chocker est certifié en vertu de la norme CAN/CSA-Z259.14.01.

### Systèmes et méthodes d'accès à l'arbre et de travail dans l'arbre :

Lors d'une *ascension avec l'aide du tronc*, les résultats démontrent une préférence marquée des systèmes mécaniques par rapport aux nœuds conventionnels. Cette préférence s'explique par le peu de friction des systèmes mécaniques avec la corde lors des mouvements d'ascension.

Lorsque l'*ascension se fait de manière libre*, la technique utilisant les membres inférieurs (footlock) est préférée aux niveaux de la pénibilité et de l'appréciation globale.

Durant une *longue ascension*, les travailleurs disent unanimement que l'utilisation d'un système mécanique est plus efficace qu'un nœud de corde. Cependant, la majorité des travailleurs affirment que ces types de systèmes ne sont pas adaptés aux travaux de tous les jours et que leurs utilisations se limitent seulement à de longues ascensions.

Pour une *ascension faite dans la ramure et avec le système préinstallé*, l'introduction du ID comme équipement de travail demandera une démonstration de sa fiabilité aux travailleurs parce que ce système était perçu moins sécuritaire probablement parce qu'il est nouveau et qu'il est opéré par une deuxième personne, bien qu'il bloque la corde peu importe la réaction de l'opérateur (fail safe). Certains systèmes mécaniques sont très appréciés pour la montée, mais craints pour la descente en raison du peu de contrôle. Ainsi, les systèmes à nœud demeurent peut-être la meilleure solution.

Les essais d'*ascensions avec l'aide de la ramure* ont démontré qu'un nœud de corde était aussi, sinon plus, apprécié et perçu plus sécuritaire qu'un système mécanique. Un nœud à deux points d'ancrage est intéressant puisque le nœud ne doit pas être défait à chaque franchissement d'obstacle.

Les commentaires des travailleurs nous démontrent une appréciation de la *poulie tendeur* pour les installations à deux points d'ancrage tels le nœud Blake et le nœud Distel.

L'appréciation globale des différents systèmes lors du *travail à l'éperon* démontre une préférence pour le système I'D, car le contrôle du système de protection contre les chutes est assuré par un collègue au sol permettant au travailleur de se concentrer pleinement sur son ascension ou son travail à exécuter.

Le système de type « Gri Gri » n'est pas recommandé puisque ce système est principalement destiné à un usage récréatif comparativement au système I'D. De plus, les essais mécaniques ont montré la supériorité du I'D.

### Protection contre les chutes : positionnement et arrêt de chute

L'objectif du projet de recherche est de réduire les risques de chutes en revoyant les méthodes de travail et les équipements de positionnement pour augmenter la protection contre les chutes de hauteur.

#### *Ascension au footlock :*

Bien que la corde d'ascension soit unique sans qu'une deuxième corde offre la protection contre les chutes (arrêt de chute), le risque de défaillance est très peu probable et même si un glissement des pieds avec un relâchement des mains simultanément survient, les forces sont très faibles.

Permettre l'utilisation d'une corde unique lors de l'ascension au footlock est une exemption semblable à celle accordée aux monteurs de lignes de transport d'énergie dans le Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6, a 2.10.12 (6)). Une fois que l'élagueur a accédé à l'arbre au footlock, une deuxième corde d'ascension devrait être installée dans une deuxième fourche avec son protège-cambium absorbant d'énergie. Cette deuxième corde servirait en situation d'urgence pour secourir un élagueur suspendu dans l'arbre.

*Déplacements dans la ramure de l'arbre :*

Si les branches sont rapprochées, l'élagueur utilise ses deux mains et ses deux pieds pour grimper d'une façon semblable à grimper une échelle. Si la structure de l'arbre est moins dense, par exemple un feuillu urbain, l'élagueur utilise alors la corde d'ascension. Elle devient alors une corde antichute (arrêt de chute).

*Travail dans l'arbre :*

Le travail dans l'arbre nécessite l'utilisation d'objets tranchants comme l'émondoir, la scie, la scie mécanique (la scie à chaîne), etc. L'utilisation de deux cordes devient nécessaire, par exemple, la corde d'ascension et la corde de travail ou longe ajustable. Une corde remplit la fonction de positionnement et une autre corde, la fonction d'arrêt de chute; la redondance nécessaire est assurée. La fonction de chaque corde change selon la posture, mais en tout temps une corde assure le positionnement et une autre corde, l'arrêt de chute; la protection contre les chutes est toujours assurée.

*Grimpage à l'éperon :*

Les systèmes de positionnement auxquels est greffé un étrangleur qui se referme automatiquement autour de l'arbre s'il y a une chute, offrent une protection équivalente à celle offerte aux monteurs de lignes sur poteaux de bois qui utilisent son équipement conforme à la norme CAN/CSA-Z259.14-01. Les équipements qui utilisent une corde d'ascension et un bloqueur I'D avec un 2<sup>e</sup> élagueur au sol, offrent une protection complète, car la corde et le I'D sont un système d'arrêt de chute indépendant du positionnement assuré par les mains et les grimpettes (éperons) de l'élagueur.

*Travail à l'éperon :*

Lorsque l'élagueur utilise un outil tranchant, deux cordes doivent être utilisées. Un premier système par exemple, assure le positionnement; un deuxième système, sous le premier, assure la redondance, les deux possèdent un étrangleur, advenant que le premier soit coupé, le deuxième maintient l'élagueur.

## **12. RECOMMANDATIONS**

L'utilisation de nœuds de type Prussik est courante en élagage. Les essais qui ont été réalisés dans cette étude l'ont été sur des cordes neuves avec des nœuds correctement faits. Pour déterminer la fiabilité de ces techniques, il est recommandé de faire des essais sur des nœuds trop serrés, correctement serrés et lâches et de faire des essais sur des cordes usagées (section 8.8).

## RÉFÉRENCES

ANSI: A300-1995 « American national standard for tree care operations: tree, shrub and other woody plant maintenance - standard practices ». American National Standards Institute, New York, N.Y. 9 p.

ANSI: A300-Part 2-1998. « Tree care operations - Tree, shrub, and other woody plant maintenance - Standard practices - Part 2 – Fertilization ». American National Standards Institute, 13 p.

ANSI: Z133.1-1994 « American national standard for tree care operations - Pruning, trimming, repairing, maintaining, and removing trees, and cutting brush - Safety requirements ». American National Standards Institute, 22 p.

ANSI:Z133.1a-1995 « Safety Requirements for Tree Care Operations - Pruning, Trimming, Repairing, Maintaining and Removing Trees, and Cutting Brush (supplement to ANSI:Z133.1-1994) ». American National Standards Institute.

ANSI Z359.1-1992 « Personal Fall Arrest Systems, Subsystems and Components ». American National Standard. ANSI/ASSE, Des Plaines, Illinois.

ARTEAU, J. (1994) « Requirements for working clothes and personal protective equipment in forestry », Conférence thématique. Seminar on clothing and safety equipment in forestry, Kuopio, Finland (27 juin au 1er juillet 1994). Joint FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology, Management and Training, éd. Kuopio Regional Institute on Occupational Health, p. 91-125.

ARTEAU, J. (1997) « Pourquoi des harnais et des absorbeurs d'énergie en protection contre les chutes de hauteur? ». Colloque de la CSST Abitibi-Témiscamingue et de l'ASP-construction, Rouyn-Noranda, 18 avril 1997, et Colloque de l'Association sectorielle - Fabrication d'équipements de transport et de machines (ASFETM), Montréal, 30 janvier 1997, 55 p.

ARTEAU, J. (1998a) « CSA standards for fall protection. 1998 review ». Canadian Standards Association, Toronto, 47 p.

ARTEAU, J. (1998b) « Pourquoi utiliser un harnais et un absorbeur d'énergie lorsqu'on travaille dans une nacelle? ». IRSST, Info-labo no: 98-03, 4 p. Téléchargement : [http://www.irsst.qc.ca/fr/\\_infolabo\\_100008.html](http://www.irsst.qc.ca/fr/_infolabo_100008.html)

ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y., ARCAND, J.-F. et BROSSEAU, M. (1997) « Testing a Wood Pole Fall Arrest System using an Evaluation Methodology with Ergonomic and Engineering Criteria », Electricity '97 Conference and Exposition, Corporate Resources - Health and Safety, Canadian Electricity Association, 20 au 24 avril 1997, Vancouver, 19 p.

ARTEAU, J. et GIGUÈRE, D. (1991) « Proposed Method to Test Harness for Strength and Human Factors Criteria » in « Fundamentals of Fall Protection » Edited by A.C. Sulowski International Society for Fall Protection, Toronto, p. 363-390.

ARTEAU, J. et GIGUÈRE, D. (1993) « Efficacité, fiabilité et confort comme critères d'évaluation des équipements de protection individuelle ». Colloque international du Comité Recherche de l'AISS (4; 1992; Strasbourg). Maîtriser le risque au poste de travail, Presses Universitaires de Nancy, p. 339-344.

ARTEAU, J. et LAN, A. (1993) « Les câbles de secours horizontaux analysés sous l'angle de l'efficacité, de la fiabilité et du confort ». Colloque international du Comité Recherche de l'AISS (4; 1992; Strasbourg). Maîtriser le risque au poste de travail, Presses Universitaires de Nancy, p. 345-347.

BEAUCHAMP, Y., ARTEAU, J. et BROSSEAU, M. (1996a) « Evaluation of a lineman's belt equipped with a retractable lanyard fall arresting system ». Advances in Applied Ergonomics, Proceedings of the 1st International Conference on Applied Ergonomics (ICAE '96), Istamboul, 21-24 mai, p. 88-92.

BEAUCHAMP, Y., THOMAS, M. et ARTEAU, J. (1996b) « Psychophysical measurements as an effective way of evaluating climbability of wood treated utility poles ». Proceedings of the 20th International Conference on Computers and Industrial Engineering, 6-9 October 1996, Kyongju, Korea, p. 925-928.

BEAUCHAMP, Y., THOMAS, M., ARTEAU, J. and MARCHAND, D. (1997a) « Psychophysical measurements as an effective way of evaluating climbability of wood treated utility poles ». Computers ind. Engng. Vol. 33, N<sup>os</sup> 3-4, p. 513-516.

BEAUCHAMP, Y., THOMAS, M., ARTEAU, J. et MARCHAND, D. (1997b) « Étude sur la grimabilité des poteaux de bois dans le cadre de l'entente conjointe Hydro-Québec et Bell Canada ». Rapport R-164, coll. Études et recherches, IRSST, Montréal, 87 p. et annexes.

BNQ: 0630-100:1985 « Arboriculture : élagage ». Bureau de normalisation du Québec, 29 p., Bureau de normalisation du Québec, 17 p.

BNQ: 0630-105:1989. « Arboriculture : abattage des arbres, essouchement et élimination des pousses ». Bureau de normalisation du Québec, 17 p.

BNQ: 0630-120:1989. « Arboriculture : haubannage ». Bureau de normalisation du Québec, 23 p.

BNQ: 0630-900:1986 « Arboriculture - santé et sécurité au travail : Code de bonne pratique ». Bureau de normalisation du Québec, 27 p.

BOINEAU, RE, KJ. CURETON, JJ. DEMELLO, MM. SINGH. *Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women*, Med . Sci. Sports Exerc, August, 1987, p. 354-362.

BORG, G. *Perceived exertion in physical work*, Lakartidningen, 67; (40) : 4548-57, 1970,

BS 3998: 1989 « British Standard Recommendations for Tree work. ». British Standards Institution.

CALP COMMISSION D'APPEL EN MATIÈRE DE LÉSIONS PROFESSIONNELLES (1994), CSST vs Arno Électrique Ltée, N<sup>o</sup> 48929-04-9212, 1<sup>er</sup> mars 1994, p. 793 et suivantes.

CAN/CSA-Z259.10-M90 « Harnais de sécurité (Full Body Harnesses) ». Norme nationale du Canada. Canadian Standards Association. Rexdale.

CAN/CSA-Z259.11-M92 « Shock Absorbers for Personal Fall Arrest Systems » Occupational Products and Protective Equipment. National Standard of Canada. Canadian Standards Association. Rexdale.

CAN/CSA-Z259.1-95 « Safety Belts and Lanyards ». National Standard of Canada. Canadian



Standards Association. Rexdale

CAN/CSA-Z259.11-M98 « Shock Absorbers for Personal Fall Arrest Systems » Occupational Products and Protective Equipment. National Standard of Canada. Canadian Standards Association. Rexdale

CAN/CSA-Z259.2.1-1998 « Fall Arresters, Vertical Lifelines, and Rails ». National Standard of Canada. Canadian Standards Association. Rexdale.

CAN/CSA-Z259.2.2-1998 « Self-Retracting Devices for Personal Fall-Arrest Systems ». National Standard of Canada. Canadian Standards Association. Rexdale.

CSA-Z259.1-1976, « Ceintures de sécurité et cordons d'assujettissement antichute pour les industries de la construction et des mines (Fall Arresting Safety Belts and Lanyards for the Construction and Mining Industries) ». Canadian Standards Association, Rexdale.

CSA-Z259.3-M1978, « Ceintures et courroies de sécurité de monteurs de lignes (Lineman's Body Belt and Lineman's Safety Strap) ». Canadian Standards Association, Rexdale. Note : le titre français correct devrait être « ceintures de monteurs de lignes et courroies de sécurité de monteurs de lignes ».

CSA-Z259.2-M1979, « Dispositifs antichutes, descendeurs et cordes d'assurance (Fall Arresting Devices, Personnel Lowering Devices, and Life Lines) ». Canadian Standards Association, Rexdale.

CSA-Z259.14-01 « Fall Restrict Equipment for Wood Pole Climbing ». Canadian Standards Association. Rexdale, 2001.

CSA-Z259.1-05 « Ceintures de travail et selles pour le maintien en position de travail et pour la limitation du déplacement ». Canadian Standards Association. Rexdale, 2005.

COSTILL, D.L., WILMORE, J.H. *Physiologie du sport et de l'exercice*, Paris, Ed : DeBoeck Université, 1998.

S-2.1, r.6 « Code de sécurité pour les travaux de construction », article 2.10.12 Harnais de sécurité. Gouvernement du Québec

WASSERMAN, K., M.B. MCILROY. *Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise*, Am, J. Cardiology, 1964, p. 844-852.

## Annexe 1 : Tableaux relatifs aux figures statistiques

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 3 - Appréciation globale des différents types de liens de retenue

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Lien</b>	22,35	4	5,5899	100,54	0,0000
<b>Position</b>	1,58	1	1,5818	28,45	0,0000
<b>Lien-position</b>	5,82	4	1,4563	26,19	0,0000

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 4 - Classement par rang selon le confort pour les différents types de liens

Lien	Rang					Total
	1	2	3	4	5	
<b>1</b>	7	1	2	0	0	10
<b>2</b>	0	2	3	5	0	10
<b>3</b>	0	0	2	3	5	10
<b>4</b>	3	7	0	0	0	10
<b>5</b>	0	3	4	3	0	10

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 5 - Classement par rang selon le sentiment de sécurité pour les différents types de liens

Lien	Rang					Total
	1	2	3	4	5	
<b>1</b>	7	2	1	0	0	10
<b>2</b>	1	4	3	1	1	10
<b>3</b>	0	1	3	2	4	10
<b>4</b>	3	5	1	1	0	10
<b>5</b>	2	5	2	1	0	10

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 6 - Appréciation globale des matériaux des bretelles en fonction des tâches et  
Figure 7 - Appréciation globale des deux types de matériau pour les bretelles

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Tâche</b>	1,3992	1	0,3498	94,88	0,0000
<b>Matériau</b>	2,3931	4	2,3931	8,11	0,0050
<b>Tâche-matériau</b>	0,6816	4	0,1704	6,76	0,0000

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 8 - Appréciation globale de la configuration des bretelles en fonction des tâches et  
Figure 9 - Appréciation globale des deux types de configurations pour les bretelles

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
Tâche	0,0470	1	0,0470	1,39	0,0000
Configuration	1,4029	1	0,3507	10,35	0,2395
Tâche-configuration	0,0686	4	0,0171	0,51	0,7311

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 10 - Rangs moyens des harnais pour la configuration des bretelles

Lien	Rang				Total
	1	2	3	4	
1	2	1	5	1	9
2	6	3	0	0	9
3	0	1	7	1	9
4	4	5	0	0	9

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 11 - Appréciation globale des harnais pour le travail à la nacelle selon les 4 tâches

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
Harnais	0,5907	2	0,2953	14,12	0,0000
Tâche	2,1447	3	0,7149	25,09	0,0000
Harnais-Tâche	3,2720	6	0,5453	46,32	0,0000

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 12 - Classements par rang des harnais pour le travail à la nacelle

Lien	Rang			Total
	1	2	3	
1	3	2	4	9
2	4	4	1	9
3	2	2	5	9

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 18 - Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail aux cordes

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
Harnais	0,4319	3	0,1439	4,66	0,0037
Tâche	0,0948	4	0,0237	0,77	0,5471
Harnais-Tâche	0,0530	12	0,0044	0,14	0,9997

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 19 - Classement moyen par rang des ceintures et harnais pour le travail aux cordes

Harnais	Rang				Total
	1	2	3	4	
1	2	3	2	3	10
2	0	2	7	1	10
3	7	2	1	0	10
4	1	4	2	3	10

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 20 - Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail à l'éperon

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyennes des carrés	Ratio-F	P
Harnais	0,2806	3	0,0935	13,47	0,0000
Tâche	0,0118	3	0,0039	0,57	0,6364

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 21 - Classement par rang des ceintures et harnais pour le travail à l'éperon

Harnais	Rang				Total
	1	2	3	4	
1	3	5	1	1	10
2	2	2	3	3	10
3	9	1	0	0	10
4	2	3	5	0	10

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 25 - Appréciation globale des ceintures et harnais pour le travail avec charge

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
Harnais	0,4728	2	0,2364	17,74	0,0000
Tâches	0,0150	4	0,0037	0,28	0,8891
Harnais-Tâche	0,0200	8	0,0025	0,19	0,9921

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 26 - Rang des harnais et ceinture pour le travail avec charge

Harnais	Rang			Total
	1	2	3	
1	0	1	8	9
2	1	7	1	9
3	8	1	0	9

Fréquence du classement relatif à la  
Figure 33 - Rangs de la convivialité des différents systèmes – ascension avec l'aide du tronc

Système	Rang				Total
	1	2	3	4	
<b>ID</b>	0	8	1	1	10
<b>BD-SPO</b>	2	1	1	6	10
<b>BS-SPO</b>	1	2	6	1	10
<b>LL-SPO</b>	8	1	1	0	10

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 36 - Appréciation globale des systèmes pour différentes techniques d'ascension

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Système</b>	143,76	11	13,06	1,96	0,0439

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 37 - Pénibilité des deux techniques d'ascension utilisées

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Technique</b>	0,2924	11	0,2924	7,43	0,0098

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 38 - Appréciation globale des systèmes selon la technique d'ascension utilisée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Technique</b>	0,2602	1	0,2602	5,80	0,0182

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 39 - Facilité d'utilisation des systèmes selon les types d'installations pour différentes techniques d'ascension

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Installation</b>	0,2874	1	0,2874	4,71	0,0328

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 40 - Sentiment de sécurité des types d'installations pour différentes techniques d'ascension

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Installation</b>	0,3116	1	0,3116	12,05	0,008

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 41 - Sentiment de sécurité des travailleurs par rapport aux différents systèmes avec corde préinstallée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Système</b>	0,0507	7	0,0072	2,56	0,0230

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 42 - Pénibilité des différents systèmes avec corde préinstallée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Système</b>	0,3327	7	0,0475	3,93	0,0015

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 43 - Facilité d'utilisation des systèmes en fonction des différentes compositions avec corde préinstallée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Composition</b>	0,1870	1	0,1870	11,54	0,0012

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 44 - Pénibilité des systèmes en fonction des différentes compositions avec corde préinstallée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Composition</b>	0,2916	1	0,2916	25,16	0,0000

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 45 - Pénibilité des systèmes par rapport aux différents ancrages avec corde préinstallée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Attache</b>	0,0816	1	0,0816	5,45	0,0228

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 46-Appréciation globale des systèmes par rapport à l'utilisation d'une poulie avec corde préinstallée

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Poulie</b>	0,0409	1	0,0409	4,28	0,0434

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 47 - Appréciation globale des différents systèmes lors d'ascension avec la ramure

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Système</b>	2,2462	7	0,3208	13,67	0,0000

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 48 - Appréciation globale des systèmes selon leur type d'ancrage lors d'ascension avec la ramure

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Ancrage</b>	1,5032	1	1,5032	45,08	0,0000

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 49 - Appréciation globale des systèmes lors des déplacements à la corde

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Système</b>	0,6717	5	0,1343	5,48	0,0001

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 50 - Appréciation globale des différents systèmes selon le type d'ancrage pour le travail dans un arbre

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Ancrage</b>	0,4008	1	0,4008	15,43	0,0001

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 51 - Appréciation globale des systèmes en fonction du port d'une poulie tendeur pour le travail dans un arbre

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Poulie</b>	0,1787	1	0,1787	19,80	0,0000

Tableau ANOVA relatif à la  
Figure 52 - Appréciation globale des différents systèmes lors du travail à l'éperon

Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Ratio-F	P
<b>Inter groupe</b>	1,27	6	0,2117	4,79	0,0001

## Annexe 2 : Commentaires des travailleurs

### Commentaires les plus fréquents sur les liens d'attache

Liens	Commentaires
<b>Lien de retenue et attache actuelle (référence)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ C'est la meilleure, je ne comprends pas pourquoi vous voulez la changer.</li> <li>▪ Serait parfaite si elle était 30 cm plus longue.</li> <li>▪ Devient lourde quand il pleut.</li> </ul>
<b>Petit enrouleur-dérouleur avec attache sur le mât</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nuisible dans les mouvements à cause de la friction sur le bassicot.</li> <li>▪ Les frictions répétées de la courroie sur le bassicot peuvent user prématurément la courroie.</li> </ul> <div data-bbox="696 724 943 936" style="text-align: center;"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deux angles de 90° (enrouleur et bassicot) de la courroie = grande friction et limitation dans les mouvements du tronc.</li> <li>▪ Pas conçu pour être là et dangereux.</li> <li>▪ Peut nuire aux mouvements du bassicot.</li> </ul>
<b>Enrouleur-dérouleur et attache en retrait sur le côté du mât</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dangereux quand le mât est renversé.</li> <li>▪ Fatigant dans le dos et trop gros.</li> <li>▪ Bloque trop souvent.</li> </ul>
<b>Petit enrouleur-dérouleur avec attache dans le dos (A)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Frappe dans le dos entre les deux omoplates.</li> <li>▪ Trop de tension dans le dos surtout en rotation du tronc.</li> </ul>
<b>Petit enrouleur-dérouleur avec attache à la ceinture</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meilleur compromis.</li> <li>▪ Je ne le ressens pas sur ma ceinture.</li> <li>▪ Accroche quelques fois sur le bassicot.</li> </ul>



### Commentaires les plus fréquents des sujets sur les configurations des bretelles

Harnais et configurations	Commentaires et remarques
<b>X versus Double V</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La configuration en X est plus facile à ajuster.</li> <li>▪ Avec les matériaux rigides, la configuration double V est plus confortable aux niveaux des épaules.</li> <li>▪ Les deux configurations sont identiques avec les matériaux extensibles.</li> <li>▪ Pas de différence entre les deux configurations, et ce, malgré les changements de matériaux.</li> <li>▪ La configuration en double V est compliquée à démêler pour l'installation (ça ressemble à un filet à pêche).</li> <li>▪ La configuration en double V est idéale pour les mouvements latéraux.</li> </ul>
<b>Rigide versus extensible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le matériau extensible donne moins de restrictions et obéit mieux.</li> <li>▪ Le matériau extensible est très confortable.</li> <li>▪ Le matériau rigide coupe dans le cou lors d'une élévation des épaules.</li> <li>▪ L'ajustement des bretelles extensibles est plus difficile mais dans la vraie vie, le harnais sera ajusté seulement qu'une fois pour moi.</li> </ul>

### Commentaires les plus fréquents sur le harnais lors de travaux à la nacelle

Harnais	Commentaires et remarques
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les courroies du harnais 1 sont douloureuses au niveau des épaules lors de la sortie.</li> <li>▪ Ce harnais n'est pas sécuritaire pour ce genre de travail. (8X)</li> <li>▪ Ce harnais n'est pas conçu pour ce genre de travail. (6X)</li> <li>▪ Très confortable, sauf pour la sortie.</li> <li>▪ Les courroies sont douloureuses dans le dos et aux hanches.</li> <li>▪ Pour un travail fait uniquement à l'intérieur de la nacelle, ce harnais est parfait.</li> </ul>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Très confortable.</li> <li>▪ Ce harnais est le meilleur dans les quatre tâches.</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le harnais avec la sangle sous-fessière est accrochant dans la nacelle.</li> <li>▪ Ce harnais possède un excellent support lombaire.</li> <li>▪ La sangle sous-pelvienne est nuisible lors de la sortie du bassicot.</li> <li>▪ Ce harnais est trop massif.</li> </ul>

### Commentaires les plus fréquents sur les harnais lors des déplacements au câble

Harnais et ceintures	Commentaires et remarques
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tourne sur le corps.</li> <li>▪ Ne se serre pas assez sur le corps.</li> <li>▪ Comprime les testicules.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tourne sur le corps</li> <li>▪ Ne se serre pas assez sur le corps</li> <li>▪ Comprime les testicules</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Offre un meilleur support comparativement aux ceintures.</li> <li>▪ Les anneaux en D sont trop petits.</li> <li>▪ Plus sécuritaire en cas de chute.</li> <li>▪ Une fois ajusté, le harnais ne tourne pas à la taille.</li> <li>▪ Avec un ajustement en avant, ce harnais serait parfait.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Offre un meilleur support comparativement aux ceintures.</li> <li>▪ Plus sécuritaire en cas de chute.</li> <li>▪ Le support accroche dans les fourches d'arbre.</li> <li>▪ Une fois ajusté, le harnais ne tourne pas à la taille.</li> <li>▪ Durant une flexion avant, les bretelles exercent une tension aux épaules</li> </ul>

### Commentaires les plus fréquents sur les harnais lors des déplacements au câble et avec éperons aux pieds

Harnais et ceintures	Commentaires et remarques
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anneaux trop petits.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le support sous-fessier est nuisible, car on fait des mouvements latéraux dans la montée.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de différence avec une ceinture.</li> <li>▪ Meilleur compromis.</li> <li>▪ Mettre les ajustements en avant comme une ceinture de pantalon.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ce n'est pas fait pour l'éperon.</li> <li>▪ Seulement pour le travail à la corde de longue durée.</li> </ul>

### Commentaires les plus fréquents sur les harnais lors des ascensions avec éperons

Ceinture et harnais	Commentaires et remarques
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La ceinture descend trop sur les hanches.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les bretelles supportent le poids des outils.</li> <li>▪ Si la taille est bien ajustée, on ne ressent pas le poids des outils aux épaules.</li> <li>▪ La couture du V reste prise dans le pivot dans le dos.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les bretelles supportent le poids des outils.</li> <li>▪ Si la taille est bien ajustée, on ne ressent pas le poids des outils aux épaules.</li> <li>▪ Serait le meilleur, s'il y avait l'ajustement en avant.</li> <li>▪ Mettre les anneaux P plus gros.</li> <li>▪ Ce harnais est plus agile comparativement au double V</li> </ul>

### Les systèmes

#### Commentaires les plus fréquents lors d'ascensions à l'aide du tronc

Systèmes	Commentaires et remarques
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ C'est beau en théorie, mais il faut être deux pour travailler avec ça.</li> <li>▪ Pas fatigant.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trop fatigant avec le nœud sur le côté.</li> <li>▪ Ça donne mal au dos.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ J'aime ça en simple pour monter.</li> <li>▪ Le Blake va bien pour faire ça.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meilleur système.</li> <li>▪ C'est génial!</li> <li>▪ Pas fatigant du tout.</li> </ul>

#### Commentaires les plus fréquents lors d'ascensions sans l'aide du tronc

Systèmes	Commentaires et remarques
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les plus rapides, les moins forçants, mais pas adaptés pour toutes les ascensions et surtout dispendieux à l'achat.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les plus rapides, les moins forçants, mais pas adaptés pour toutes les ascensions et surtout dispendieux à l'achat.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meilleur compromis avec les systèmes mécaniques. Il faut être en simple pour faire du <i>footlock</i>.</li> </ul>
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serait le meilleur système s'il était moins cher.</li> </ul>

Systèmes	Commentaires et remarques
<b>10</b>	▪ Cette technique n'est pas adaptée aux longues ascensions. Seulement une fois dans les branches.
<b>11</b>	▪ Cette technique n'est pas adaptée aux longues ascensions. Seulement une fois dans les branches.
<b>12</b>	▪ Cette technique n'est pas adaptée aux longues ascensions. Seulement une fois dans les branches.

**Annexe 3 : Essais mécaniques détaillés**

Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement (m)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Nœud Prussik* <sup>1</sup> 4 tours, fait avec la corde 12,5 mm 16 fuseaux	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	13,39	0,060	5
				13,92	0,043	3
				13,77	0,055	5
Nœud Blake* <sup>1</sup> 4 tours, fait avec la corde 12,5 mm 16 fuseaux	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	13,77	0,018	2
				14,55	0,020	2
				14,47	0,015	0
Nœud Distel* <sup>1</sup> 4 tours, fait avec la corde 10 mm Tenex	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	8,08	0,565	1
				8,28	0,380	35
				9,09	0,440	1

*Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.*

Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement (m)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Nœud Prussik <sup>1</sup> 6 tours, fait avec la corde 10 mm Kernmantle EZ-Bend	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1,2 m - Installation de la corde = statique corde doublée, sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max. = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	8,22	0,025	10
				8,41	0,020	8
				8,18	0,015	7
Nœud Kliemheist <sup>1</sup> 6 tours, fait avec la corde 10 mm Kernmantle EZ-Bend	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1,2 m - Installation de la corde = statique corde doublée, sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max. = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	13,3	0,085	55
				7,2	0,097	15
				8,53	0,043	15
Poignées CMI (Mar Bar) <sup>12</sup> d'ascension avec lien de retenue	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1,2 m - Installation de la corde = statique corde doublée, sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max. = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	10,53	0,005	6
				10,74	0,004	4
				10,87	0,003	4

*Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.*

Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement (m)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Lock-Jack, Hubert Kowaleski <sup>12</sup>	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max. = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	10,22	0,600	> 1 m
				6,25	0,857	> 1 m
				11,7	0,710	> 1 m
Mimona, CRTS <sup>12</sup>	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max. = 1 m Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	4,79	1,536	> 1 m
				10,99	3,345	-
				8,9	>3450 (sol)	-

*Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.*

Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement (m)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Gri-Gri, Petzl <sup>12</sup>  Comme système d'assurance dans la base du tronc	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1.2 m - Installation de la corde = dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Glissement max = 150 mm Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	6.47	35	10
				7.08	0	6
				6.59	20	7
	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 0 - Installation de la corde = dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Glissement max. = 150 mm Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	2.44	10	-
				2.15	7	-
				1.88	4	-
	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Glissement max. = 150 mm Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	9.75	120	>1 m 7.8 kN max
				13.07	120	>1 m sous 9 kN
				10.61	95	>1 m 8.6 kN max
<i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i>						



Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement (m)	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
I'D, Petzl <sup>12</sup> Comme système d'assurance dans la base du tronc	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1.2 m - Installation de la corde = dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Glissement max. = 150 mm Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	6.67	73	15
				6.91	53	12
				6.95	45	13
	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 0 - Installation de la corde = dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Glissement max. = 150mm Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	2.1	6	-
				2.25	12	-
				1.77	2	-
	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Facteur de chute = 2 - Installation de la corde = dynamique sur corde 12,5 mm 16 fuseaux avec ancrage	Glissement max. = 150mm Force résiduelle = 9 kN	CSA-Z259.2.1-1998	9.64	140	150
				9.83	170	575
				8.84	183	>1m 8.3 kN max
<p><i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i></p>						

Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Friction Saver standard, Buckingham <sup>12</sup>	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1.8 m - Installation de la corde = statique sur corde d'acier	Force d'arrêt max. = 4 kN Force résiduelle = 22 kN	CSA-Z259.11-1998	20.26	-	ok
				20.85	-	ok
				21.37	-	ok
Friction Saver avec absorbeur d'énergie, Buckingham <sup>12</sup>	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 1.8 m - Installation de la corde = statique sur corde d'acier	Force d'arrêt max. = 4 kN Élongation perm. = 1.2 m Force résiduelle = 22 kN	CSA-Z259.11-1998	7.7	-	ok
				10.05	-	ok
				9.3	-	ok

*Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.*




Dispositifs	Conditions d'essai	Exigences d'essai	Norme d'essai	Force max. (kN)	Glissement	Glissement moyen sous la force résiduelle (mm)
Pole Chocker, Jelco <sup>12</sup>	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 60 cm - Installation = conventionnelle sur tronc d'arbre	Glissement max. = 1 m arbre sec Temps de suspension après l'arrêt dynamique = 10 minutes	CSA-Z259.14-01	N/A	50 mm	0 mm
				N/A	45 mm	0 mm
				N/A	75 mm	0 mm
Adjustable friction Saver set-up, Buckinham <sup>12</sup>	Essai dynamique : - Masse de 100 kg - Hauteur de chute = 60 cm - Installation de la corde = dynamique en double sur corde 12,5 mm 16 fuseaux	Glissement max. = 1 m Temps de suspension après l'arrêt dynamique = 10 minutes	CSA-Z259.14-01	N/A	35 mm	0 mm
				N/A	57 mm	0 mm
				N/A	38 mm	0 mm
<i>Note : Lors de la réalisation des essais, la norme Z259.2.1 exigeait une force résiduelle de 9 kN. Depuis, cette norme a été amendée et la force résiduelle est réduite à 4 kN.</i>						



\* Les noeuds de terminaisons de cordes et les épissures, doivent rencontrer les exigences de la norme CSA-Z259.2.1-98, soit : avoir une force minimale de rupture de 22 kN (~5 000 lb).



<sup>1</sup> Les cordes utilisées pour fabriquer les nœuds et les cordes verticales doivent rencontrer les exigences de la norme CSA-Z259.2.1-1998, soit : avoir une force minimale de rupture de 27 kN (~6 000 lb).



<sup>2</sup> Les dispositifs mécaniques utilisés comme coulisseaux doivent rencontrer les exigences de la norme CSA-Z259.2.1-1998, soit : avoir une force minimale de rupture de 22 kN (~5 000 lb).




## Annexe 4 : Descriptions détaillées des systèmes

Systèmes	Descriptions	Illustrations
<b>ID</b>	<p>La montée libre assurée au moyen du descendeur de type Petzl I'D, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18 et le brin libre de la corde est installé dans le descendeur qui lui est retenu au tronc (de l'arbre) à l'aide d'un connecteur de type Petzl Kador et d'une élingue de type Samson Whoopie 1/2".</p>	
<b>MB</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen d'un système d'ascension de type Mar-Bar avec lien extensible sur une installation dite statique, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le système d'ascension est installé sur les deux brins de la corde puis la partie du haut est ancrée au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18.</p>	
<b>BS-SP</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Blake en système traditionnel dit en simple et sans poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. La corde est ancrée au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18 et le nœud est fait à même la corde de travail du côté du brin libre de la corde.</p>	


Systèmes	Descriptions	Illustrations
<b>BS-P</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Blake en système traditionnel dit en simple et avec poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. La corde est ancrée au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18 et le nœud est fait à même la corde de travail du côté du brin libre de la corde. La poulie tendeur est maintenue sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire.</p>	N/D
<b>BD-SP</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Blake en système dit en double et sans poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Blue Streak 1/2" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde.</p>	
<b>BD-P</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Blake en système dit en double et avec poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Blue Streak 1/2" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde. La poulie tendeur est maintenue sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire.</p>	

Systèmes	Descriptions	Illustrations
<b>L-Long</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud mécanique de type Lock-Jack Sport avec lien multipoint (ajustement long) s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au nœud mécanique au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18, le brin libre de la corde est installé dans le nœud mécanique, qui lui est ancré au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18.</p>	
<b>L-Court</b> (ascension ramure par le bas seulement)	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud mécanique de type Lock-Jack Sport avec lien multipoint (ajustement court) s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au nœud mécanique au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18, le brin libre de la corde est installé dans le nœud mécanique, qui lui est ancré au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18.</p>	

Systèmes	Descriptions	Illustrations
<b>D-SP</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Distel en système dit en double et sans poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde.</p>	
<b>D-P</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Distel en système dit en double et avec poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde. La poulie tendeur est maintenue sous le nœud par le même connecteur que celui du nœud.</p>	

Systèmes	Descriptions	Illustrations
<b>P</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit <i>Noeud Prussien</i> sur une installation dite statique, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le <i>Noeud Prussien</i> est installée sur les deux brins de la corde puis ancrée au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue de type Samson Kernmantle 3/8".</p>	
<b>D</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit de Distel en système dit en double et sans poulie tendeur, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde.</p>	
<b>K</b>	<p>La montée auto-assurée au moyen du nœud dit <i>Klemheist</i> sur une installation dite statique, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le <i>Klemheist</i> est installé sur les deux brins de la corde puis ancré au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Le nœud est fait à partir d'une élingue de type Samson Kernmantle 3/8".</p>	



Systèmes	Descriptions	Illustrations
<b>PA</b>	La montée auto-assurée au moyen des poignées d'ascension de type Petzl avec lien multipoint (ajustement long) sur une installation dite statique, s'effectue à l'aide d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Les poignées d'ascension sont installées sur les deux brins de la corde puis ancrées au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18.	 A close-up photograph showing a person's hand in a dark jacket sleeve gripping a blue and black Petzl climbing device. The device is attached to a thick, dark rope. The background is a plain, light-colored wall.

## SYSTÈMES POUR LE TRAVAIL AVEC ÉPERONS

Systèmes	Descriptions
1	<p><b>POLE CHOKER III &amp; 2<sup>e</sup> LONGE</b></p> <p>La montée auto-assurée au moyen du système d'étranglement de poteau de type Jelco Pole Choker, s'effectue à l'aide d'éperons et d'une 2<sup>e</sup> longe pour passer les obstacles encourus.</p>
2	<p><b>POLE CHOKER &amp; CORDE DE TRAVAIL</b></p> <p>La montée auto-assurée au moyen du système d'étranglement de poteau de type Jelco Pole Choker, s'effectue à l'aide d'éperons et d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est utilisée comme 2<sup>e</sup> longe pour passer les obstacles encourus. Le nœud d'ajustement ou de friction sur la corde est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Blue Streak 1/2" ou Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde. Puis le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Une poulie tendeur est maintenue sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire.</p>
3	<p><b>I'D &amp; CORDE DE TRAVAIL</b></p> <p>La montée libre assurée au moyen du descendeur de type Petzl I'D, s'effectue à l'aide d'éperons et d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est ancrée dans une fourche (de l'arbre) à l'aide d'un protège corde absorbeur d'énergie de type Buckingham. Le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, au point d'attache central, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18 et le brin libre de la corde est installé dans le descendeur qui lui est retenu au tronc (de l'arbre) à l'aide d'un connecteur de type Petzl Kador et d'une élingue de type Samson Whoopie 1/2".</p>
4	<p><b>CORDE DE TRAVAIL EN ÉTRANGLEMENT</b></p> <p>La montée auto-assurée au moyen d'une corde de travail installée en étranglement, s'effectue à l'aide d'éperons et d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" ayant fait un tour et 2/3 autour du tronc et d'une longe pour passer les obstacles encourus. Le nœud d'ajustement ou de friction sur la corde est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Blue Streak 1/2" ou Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde. Puis le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Une poulie tendeur est maintenue sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire.</p>
5	<p><b>PROTÈGE-CAMBIUM &amp; CORDE DE TRAVAIL</b></p> <p>La montée auto-assurée au moyen d'un protège-cambium de type Buckingham 72" ajustable et d'une corde de travail, s'effectue à l'aide d'éperons et d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" passant dans les anneaux du protège-cambium entourant le tronc, ainsi qu'une longe pour passer les obstacles rencontrés. Le nœud d'ajustement ou de friction sur la corde est fait à partir d'une</p>

Systèmes	Descriptions
	<p>élingue épissée de type Samson Blue Streak 1/2" ou Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde. Puis le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Une poulie tendeur est maintenue sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire.</p>
6	<p><b>TREE-CHOKER LONGE DOUBLE</b></p> <p>La montée auto-assurée au moyen du système d'étranglement de tronc de type Buckingham Tree Choker, s'effectue à l'aide d'éperons et de la 2<sup>e</sup> longe intégrée au système pour passer les obstacles encourus.</p>
7	<p><b>TREE CHOKER &amp; CORDE DE TRAVAIL</b></p> <p>La montée auto-assurée au moyen du système d'étranglement de tronc de type Buckingham Tree Choker, s'effectue à l'aide d'éperons et d'une corde de travail de type Samson Blue Streak 1/2" qui est utilisée comme 2<sup>e</sup> longe pour passer les obstacles encourus. Le nœud d'ajustement ou de friction sur la corde est fait à partir d'une élingue épissée de type Samson Blue Streak 1/2" ou Tenex 3/8" et ancrée au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-26 du côté du brin libre de la corde. Puis le bout épissé de la corde est ancré au harnais de l'élagueur, à un point d'attache latéral opposé, au moyen d'un connecteur de type Petzl M-18. Une poulie tendeur est maintenue sous le nœud à l'aide d'un mousqueton accessoire.</p>

## **Annexe 5 : Diffusion des résultats et transfert des connaissances**

### **Projet « Travail en hauteur et protection contre les chutes pour les élagueurs #99-025 »**

#### **Comptes rendus de conférences avec comité de lecture du résumé**

2001 ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y., LANGLAIS, I. et VACHON, F. « Une série de protocoles expérimentaux relatifs à la sélection d'un harnais complet pour élagueurs ». Comptes rendus du Congrès SELF-ACE 2001 - Les transformations du travail, enjeux pour l'ergonomie. Volume 4, p.333-335., V4-063-R228-Arteau.pdf

#### **Autres conférences**

2003 ARTEAU, J., LANGLAIS, I., VACHON, F. et BEAUCHAMP, Y. (2003) « Fall Protection for Arborists - climbing systems for arborists », General Session, International Society of Arboriculture, ISA 2003, Montréal août 2003

2002 ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y., LANGLAIS, I. et VACHON, F. « Fall Protection for Arborists (part 3) : Specific mechanical tests and tree ascension experimental protocols using different climbing equipment for the selection of appropriate climbing systems arborists », Commercial Arboriculture Session, International Society of Arboriculture, ISA 2002, Seattle juillet 2002

2001 ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y., LANGLAIS, I. et VACHON, F. « A Series of Experimental Protocols for the Selection of a Full-body Harness for Arborists ». ISA 2001, International Society of Arboriculture, Research and Education Session (Arboriculture Research and Education Academy Area). Milwaukee, 15 août 2001

2001 LANGLAIS, I., ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y. et VACHON, F. « Findings of the Canadian Fall Prevention and Protection in Arboriculture ». ISA 2001, International Society of Arboriculture, Climbers' Corner. Milwaukee, 14 août 2001

2000 ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y., LANGLAIS, I. et VACHON, F. SIAQ Société internationale d'arboriculture-chapitre du Québec, septembre 2000.

2000 ARTEAU, J., BEAUCHAMP, Y. et LANGLAIS, I. « A series of experimental protocol for the selection of an appropriate full-body harness for tree trimmers », International Society of Arboriculture, ISA 2000, Baltimore, août 2000.

#### **Cours de perfectionnement**

2003 ARTEAU, J. et LANGLAIS, I. « Safe Work Methods Using Ropes and Spurs (Méthodes sécuritaires de travail avec des cordes et des éperons ». International Society of Arboriculture, ISA 2003 Tree Academy (Ateliers de formation professionnelle). Montréal, 6 août 2003 (activité annulée à cause de la faible participation suite au SRAS et à la guerre en Irak).

2002 ARTEAU, J. et LANGLAIS, I.. « Protection contre les chutes de hauteur pour les élagueurs. Méthodes sécuritaires de travail avec des cordes et des éperons », Cours intensif pour les inspecteurs de la CSST impliqués en élagage, IRSST, (12 et 13 novembre 2002).

#### **Fiche technique**

Fiche technique – Harnais pour élagueur. Document CSST DC100-1330 (02-02), téléchargeable à : [http://www.csst.qc.ca/portail/fr/publications/dc\\_100\\_1330.htm](http://www.csst.qc.ca/portail/fr/publications/dc_100_1330.htm)

### **Participation à des comités**

Comité paritaire en santé et en sécurité du travail en arboriculture : deux participants Jean Arteau et Ian Langlais.

Comité de normalisation CSA en protection contre les chutes de hauteur : deux participants Jean Arteau et Ian Langlais.