

1998

Évaluation de la résistance à la coupure des bottes de protection pour les travailleurs forestiers

Denis Turcot
IRSST

Renaud Daigle
IRSST

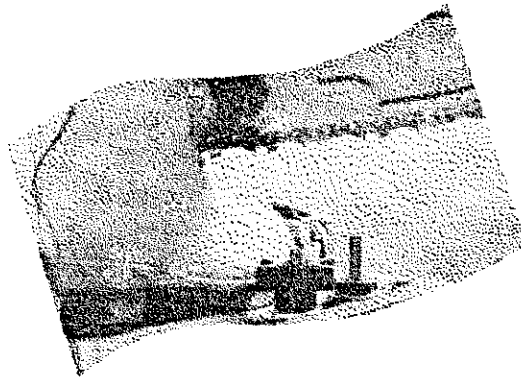
Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Turcot, D. et Daigle, R. (1998). *Évaluation de la résistance à la coupure des bottes de protection pour les travailleurs forestiers* (Rapport n° R-187). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

**Évaluation de la résistance
à la coupure
des bottes de protection
pour les travailleurs forestiers**



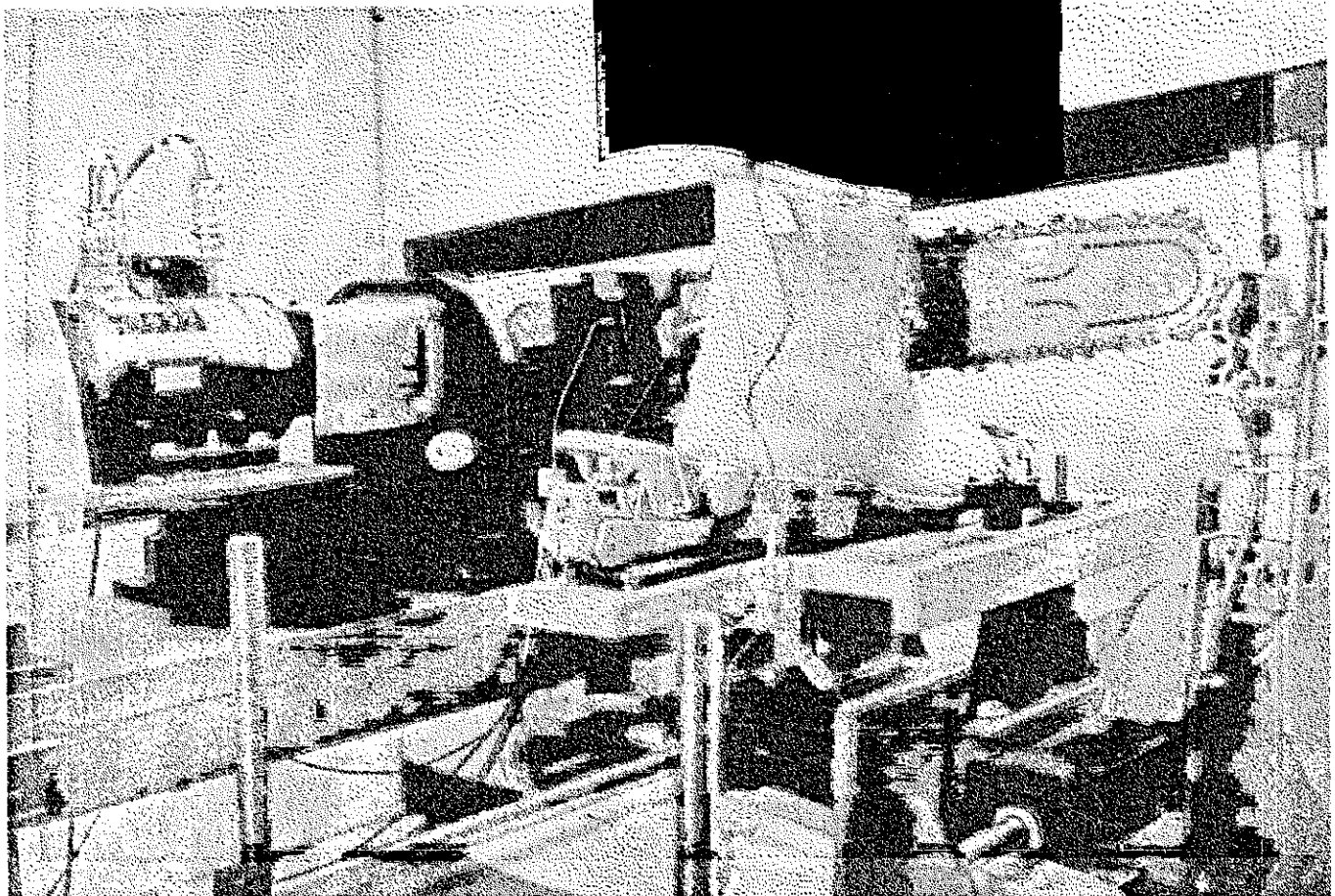
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Denis Turcot

Avril 1998

R-187

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**Évaluation de la résistance
à la coupe
des bottes de protection
pour les travailleurs forestiers**

Denis Turcot et Renaud Daigle
Programme sécurité-ingénierie, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

RÉSUMÉ

Le travail avec une scie à chaîne comporte des risques de blessures. Les relevés d'accidents survenus au Québec entre 1991 et 1994 ont permis de recenser 75 blessures aux pieds causées par une scie à chaîne. Ces accidents ont occasionné en moyenne une perte de travail d'environ huit semaines. Pour se protéger des blessures causées par des scies à chaîne, les travailleurs portent des équipements de protection dont l'efficacité n'est pas toujours bien établie.

La présente étude visait à évaluer la résistance à la coupure de différents modèles de bottes disponibles sur le marché québécois et utilisés par les travailleurs forestiers. Cette évaluation a été réalisée en laboratoire à l'aide de la méthode d'essai avec volant d'inertie mise au point par l'IRSST. Cette méthode consiste à mesurer l'énergie nécessaire pour couper l'équipement de protection avec une scie à chaîne. L'énergie est alors utilisée comme critère de performance pour classer les bottes évaluées : plus l'énergie requise pour couper la botte est grande, plus l'équipement est performant. Les bottes sont évaluées à deux endroits : près de l'embout de protection et sur la face avant de la tige de la botte. Pour un même modèle de botte, les résultats peuvent différer selon l'endroit du test. Ainsi, le classement obtenu pour les essais réalisés près de l'embout peut différer de celui obtenu pour les essais sur la tige des bottes.

Sur la base de leur performance et selon l'endroit testé, les bottes ont été regroupées en trois classes, la classe 1 correspondant aux performances les plus faibles et la classe 3 représentant une efficacité supérieure en termes de protection.

Règle générale, les résultats d'essais ont montré que pour les bottes de protection évaluées, celles fabriquées entièrement de caoutchouc offrent une protection supérieure tant au niveau de la tige que de l'embout. Elles sont supérieures aux bottes fabriquées en cuir que ces dernières incorporent ou non des matériaux textiles tels le nylon et le kevlar. L'évaluation des bottes sur la face avant de la tige indique que les modèles de bottes avec des tiges de cuir comprenant des matériaux textiles se classent dans la catégorie la moins performante.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	i
1. INTRODUCTION	1
2. MÉTHODE D'ESSAI AVEC VOLANT D'INERTIE	3
2.1 Description du banc d'essai	3
2.2 Conditions d'essais	6
3. DESCRIPTION DES BOTTES ÉVALUÉES	9
4. RÉSULTATS	11
5. CONCLUSION	17
LISTE DES RÉFÉRENCES	17
ANNEXE 1 - PROCÉDURE D'ESSAI	19

1. INTRODUCTION

Le travail avec une scie à chaîne comporte des risques de blessures, qu'on soit bûcheron professionnel ou occasionnel. En effet, les fichiers d'accidents de la Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec (CSST), pour les années de 1991 à 1994, contiennent un peu plus de 700 accidents occasionnés par une scie à chaîne. Plus de la moitié (56 %) de ces accidents provient du secteur de la forêt. En tout, 75 blessures aux pieds sont causées par une scie à chaîne et entraînent en moyenne une perte de travail d'environ huit semaines.

Pour se protéger des blessures causées par les scies à chaîne, les travailleurs portent des équipements de protection.

Pour évaluer la résistance à la coupure des bottes de protection, l'IRSST a mis au point une méthode d'essai. Cette méthode d'essai consiste à mesurer l'énergie nécessaire pour couper l'équipement de protection avec une scie à chaîne. Dans cette méthode d'essai, un moteur est utilisé pour entraîner un volant qui agit comme réservoir d'énergie et qui entraîne la chaîne. Une fois la vitesse d'essai atteinte, le moteur est désengagé et le volant est alors la seule source d'énergie qui entraîne la chaîne. La scie à chaîne tombe alors librement sur la botte. Un capteur installé entre le volant et la scie à chaîne permet de déterminer l'énergie requise pour la coupure de l'équipement évalué.

Cette méthode d'essai a été validée en réalisant des essais sur des matériaux plus homogènes que les bottes de protection des travailleurs forestiers. Les résultats de ces premiers travaux sont publiés dans un rapport [1] et ont fait l'objet d'une recherche plus approfondie [2].

Ce rapport présente le résumé d'une campagne d'essai réalisée sur les bottes de protection pour les travailleurs forestiers. Les bottes évaluées sont toutes en vente sur le marché québécois. Parmi les huit modèles évalués, quatre sont fabriqués au Québec. De plus, aux fins de comparaison, une botte de construction sans protection spécifique contre les scies à chaîne a été évaluée. Le classement des bottes à l'aide de la méthode d'essai avec volant d'inertie a pour objectif de faciliter le choix de cet équipement de protection pour les utilisateurs de scie à chaîne. La méthode d'essai permet, chiffres à l'appui, de constater la différence entre une botte sans protection spécifique contre les scies à chaîne et une botte avec de la protection.

Les bottes de protection ont été évaluées à deux endroits : près de l'embout de protection, à 1 cm de l'embout d'acier, et sur la face avant de la tige de la botte, à 15 cm du talon. Les bottes sont évaluées à ces deux endroits, car la base de la botte diffère souvent de sa tige.

Les résultats obtenus sont propres à la méthode d'essai et ne reflètent pas nécessairement des valeurs reliées aux accidents se produisant sur le terrain. En effet, puisqu'il n'existe pas d'accident typique, la méthode d'essai développée en est une de laboratoire, dont les conditions d'opérations sont bien définies et permet d'effectuer des essais identiques d'une fois à l'autre et d'obtenir des résultats répétitifs.

Les conditions d'essais suivantes sont contrôlées durant les essais : la vitesse initiale d'essai, la hauteur de chute du guide-lame, l'alimentation de l'huile pour la chaîne, la charge statique appliquée par la chaîne sur l'échantillon, l'angle de contact entre le guide-lame et l'échantillon, et l'état d'échauffement des composantes mécaniques du banc d'essai. Pour les essais, un type de chaîne équivalant au modèle Oregon 73 LP a été utilisé durant les essais.

Les paramètres mesurés pendant les essais sont les suivants : le couple nécessaire pour entraîner la chaîne, la vitesse et la durée de l'essai. Ces données permettent de calculer l'énergie requise pour couper au travers de l'échantillon. Plus l'énergie pour couper la botte est grande, plus la performance de l'équipement évalué l'est aussi.

Dans le chapitre qui suit, la méthode d'essai est décrite brièvement. Les quatre parties composant le banc d'essai sont présentées ainsi que le déroulement des essais. Par la suite, le chapitre 3 décrit les spécimens évalués. Le dernier chapitre présente l'analyse des résultats de la campagne d'essai. Finalement, la conclusion résume les points saillants de cette étude.

2. MÉTHODE D'ESSAI AVEC VOLANT D'INERTIE

Le récent développement de la méthode d'essai avec volant d'inertie a permis de valider le choix de l'énergie nécessaire pour couper un échantillon, comme critère de performance. L'utilisation du banc d'essai avec volant d'inertie rend possible la mesure de l'énergie de coupure d'une botte. La description du banc d'essai avec volant d'inertie et du déroulement des essais illustre la méthode utilisée pour comparer les différentes bottes de protection.

2.1 Description du banc d'essai

Le banc d'essai est composé essentiellement de quatre parties : le système d'entraînement de la chaîne, le système de contrôle, le système d'acquisition et de traitement des données, et finalement le support d'échantillon.

Systeme d'entraînement de la chaîne

La photographie du montage montre les différentes composantes du système d'entraînement (figure 2.1). Ces figures illustrent, de gauche à droite, le moteur (1) à vitesse variable, l'unité d'embrayage (2), le volant d'inertie (3), l'appareil de mesure du couple et de la vitesse (4), et finalement la scie à chaîne (5). La précision de montage de ces pièces est telle qu'il est possible d'effectuer des essais à des vitesses de rotation de plus de 8000 tours/minute.

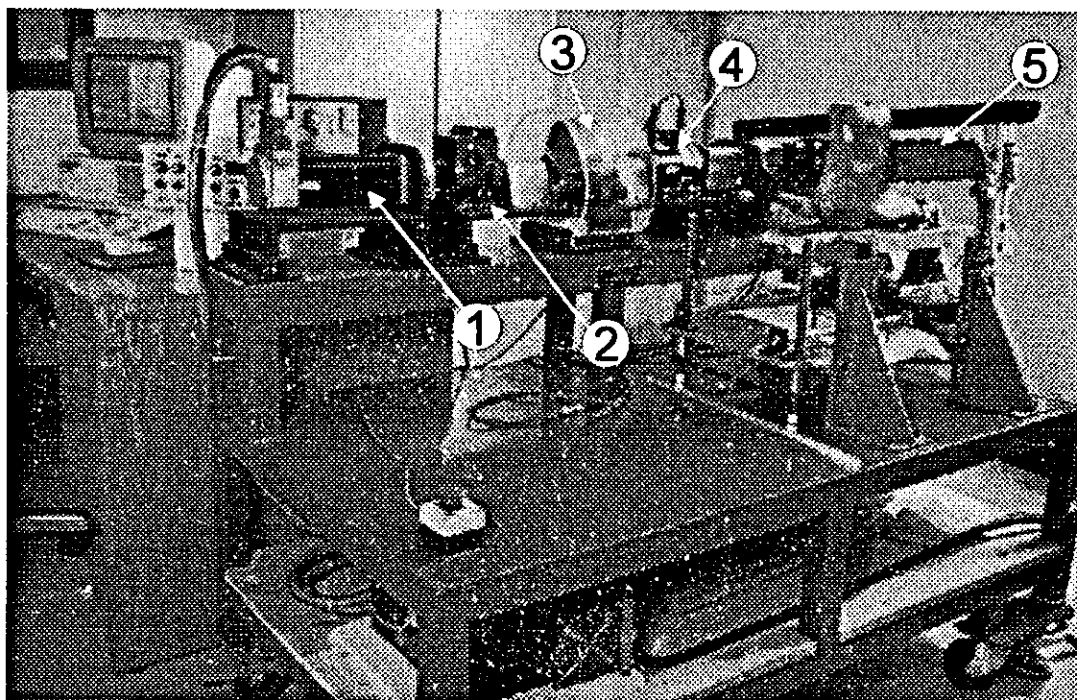


Figure 2.1 Banc d'essai à volant d'inertie

L'unité d'embrayage (2) permet de découpler le moteur du reste du système d'entraînement une fois la vitesse d'essai atteinte, laissant le volant agir comme seul réservoir d'énergie.

Le volant d'inertie (3) consiste en un disque d'acier monté sur l'arbre d'entraînement. Il est situé entre l'unité d'embrayage et l'appareil de mesure du couple. Son diamètre est de 20,3 cm et son épaisseur est de 2,54 cm.

L'arbre qui supporte le pignon d'entraînement de la chaîne est fabriqué en deux sections de même diamètre; l'une des sections a une partie qui se visse dans l'autre. Cet arrangement permet l'entretien et le changement de la chaîne et du guide-lame. L'axe de l'arbre d'entraînement de la chaîne est le même que l'axe de rotation du guide-lame. Le plateau qui supporte le guide-lame peut donc basculer librement en entraînant la scie vers l'échantillon à couper et à évaluer.

Le déplacement d'un poids fixé sous ce plateau permet d'ajuster la charge que le guide-lame applique sur l'échantillon. De plus, un mécanisme à gâchette permet de maintenir le plateau légèrement incliné pour assurer une chute de 3,2 cm entre la chaîne et l'échantillon, à l'endroit spécifié. La gâchette qui libère le plateau est actionnée lorsque la vitesse d'essai désirée est atteinte.

Le type de chaîne utilisée pendant les essais, le modèle 73 LP de marque Oregon, est un des modèles couramment utilisés par les bûcherons professionnels et classé par le fabricant comme une chaîne à rendement élevé. Cette chaîne est installée sur un guide-lame Oregon de 40,6 cm.

La lubrification de la chaîne, lors des essais, est assurée par une pompe à déplacement positif qui fournit un débit constant de 6,3 ml/min. Il s'agit du débit recommandé par le fabricant de scies à chaîne pour des travaux très exigeants.

Le guide-lame est maintenu par deux supports fixés sur un plateau. Intégré à même ces supports, un mécanisme à vis permet d'ajuster la tension dans la chaîne en éloignant ou en rapprochant le guide-lame par rapport à l'arbre d'entraînement, et donc de régler la tension dans la chaîne. Un capteur de force installé sur ce mécanisme d'ajustement permet de mesurer indirectement la tension dans la chaîne avant les essais. Une fois la tension ajustée, le guide-lame est bloqué en position par deux boulons, comme sur une scie à chaîne à essence.

Systeme de contrôle

Le système de contrôle permet de régler la vitesse du moteur pour l'essai, d'enclencher ou non le mécanisme d'embrayage et de relâcher la gâchette de retenue du plateau servant de support au guide-lame. Il règle également le débit de l'huile pour la chaîne. Il permet aussi de vérifier l'intégrité du circuit électrique de mesure de la traversée de l'échantillon par la chaîne. Il filtre les signaux de durée de l'essai et de la vitesse de rotation du système d'entraînement.

Le système de contrôle est complètement pris en charge par l'ordinateur. De cette façon, les caractéristiques des périodes de réchauffement du banc d'essai sont programmées : la durée totale de réchauffement, les différentes vitesses de fonctionnement et leur temps d'application respectif, l'accélération pour passer d'une vitesse à l'autre et les périodes d'huilage de la chaîne. Cela permet de répéter le même processus de réchauffement d'une fois à l'autre.

Le système de contrôle assure aussi la sécurité par un mécanisme d'interverrouillage de la garde mobile située au-dessus du guide-lame. Ce mécanisme empêche le démarrage du système d'entraînement de la chaîne, si la garde n'est pas en position au-dessus du guide-lame.

Système d'acquisition et de traitement des données

Ce système est composé d'une unité de conditionnement des signaux (Vishay Measurement 2000), d'un ordinateur compatible IBM et d'une carte d'acquisition TEAM490. La fréquence d'échantillonnage est de 5 kHz (5000 enregistrements/s pour chaque variable). Les données suivantes sont enregistrées en continu pendant l'essai :

- la durée de l'essai;
- la vitesse de rotation du système d'entraînement;
- le couple agissant sur l'arbre entre le volant et la chaîne.

La durée de l'essai ou temps de traversée lorsqu'il y a lieu, correspond au temps écoulé pour couper l'échantillon de part en part. Deux bandes de papier d'aluminium, l'une collée sur le dessus de l'échantillon et l'autre à l'intérieur, permettent de détecter le contact avec la scie à chaîne. Le chronomètre est déclenché par le contact de la scie à chaîne avec l'échantillon à évaluer, et il est arrêté par le contact de la scie à chaîne avec le papier d'aluminium collé à l'intérieur de l'équipement à évaluer. La précision du système de détection de contact est de $\pm 2 \mu\text{s}$.

L'analyse des résultats est complétée à l'aide d'un logiciel de traitement des signaux et permet de déterminer :

- le temps de traversée;
- la vitesse au moment du contact entre la scie à chaîne et l'échantillon;
- la vitesse finale de la chaîne à l'instant où l'échantillon est coupé;
- l'énergie cumulée pendant la durée de la coupure;
- la valeur maximum du couple pendant la coupure.

Le support d'échantillon

Le support d'échantillon sert à maintenir en place l'échantillon à évaluer lors de l'essai. Sa flexibilité permet de placer l'échantillon selon différentes positions de façon à pouvoir l'évaluer à différents endroits. Des éprouvettes de bois, de forme demi-cylindrique, utilisées comme matériaux de référence ainsi que les bottes ont été testées. Deux plateaux sont utilisés à tour de rôle pour maintenir

solidement chaque type de spécimen. Les éprouvettes de bois sont retenues par deux blocs en forme de « U » inversé, placés de part et d'autre de la scie à chaîne.

Dans le cas des bottes de protection, le système permet l'ajustement en hauteur de l'échantillon, le déplacement longitudinal (axe parallèle à celui reliant le talon aux orteils) ainsi que la variation de l'angle entre la semelle et l'horizontale. Il est possible d'évaluer des bottes de pointure 8 à 13 et de pied gauche ou droit. Dans la présente série d'essais, deux endroits sont retenus, à savoir, sur le pied de la botte, à 1 cm de l'embout de protection et sur la face avant de la tige de la botte, à 15 cm de la semelle du talon (figure 2.2). La botte est maintenue en place par une fixation de bottine de ski.

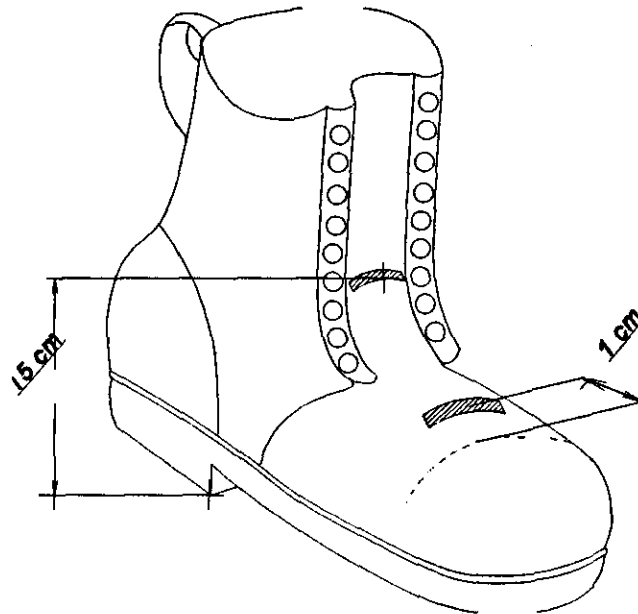


Figure 2.2 Positions d'essais pour l'évaluation des bottes

2.2 Conditions d'essais

Les conditions suivantes sont contrôlées lors des essais :

- la vitesse de rotation du moteur (0-8000 tours/min);
- la hauteur de chute du guide-lame (3,2 cm);
- l'alimentation de l'huile pour la chaîne (6,3 ml/min);
- la charge statique appliquée par la chaîne sur l'échantillon ($15,0 \pm 0,5$ N);
- l'angle de contact entre le guide-lame et l'échantillon (90°);
- le temps de fonctionnement à vide avant chaque essai.

Cette dernière condition, le temps de fonctionnement à vide, permet de s'assurer que le banc d'essai présente les mêmes caractéristiques de fonctionnement d'une fois à l'autre et permet de contrôler le banc d'essai. Les essais à vide consistent à amener le volant à une vitesse de rotation déterminée, à

désengager le moteur et à laisser la chaîne tourner librement. La vitesse de rotation diminue alors graduellement et le temps que prend le système pour s'arrêter complètement, soit le temps d'arrêt à vide est noté. La perte de vitesse dans un essai à vide provient du frottement dans les roulements, dans les joints d'accouplement, dans l'appareil de mesure du couple, entre la transmission du mouvement de l'arbre à la chaîne, dans le nez du guide-lame (pignon) et entre la chaîne et le guide-lame.

Cette mesure du temps d'arrêt à vide permet de s'assurer que les caractéristiques du banc d'essai sont les mêmes d'une fois à l'autre.

Pour vérifier que les conditions d'essais ne changent pas, des essais sur des matériaux de référence sont effectués avant et après chaque série d'essais réalisée sur un même modèle de botte. Ces essais permettent aussi de vérifier que le tranchant des dents de la scie à chaîne ne se détériore pas en cours d'essai. La chaîne est changée si les résultats obtenus avec les matériaux de référence, avant et après l'évaluation d'un modèle de botte, sont différents.

Déroulement des essais

Les bottes de protection sont évaluées en respectant le mode opérationnel suivant :

- phase programmée de réchauffement du banc d'essai;
- test à vide (sans échantillon) pour vérifier que le temps d'arrêt du système est sensiblement le même d'une fois à l'autre, pour une même vitesse initiale d'essai;
- essais sur des matériaux de référence, soit les éprouvettes de bois en pin et en érable;
- essais sur un même modèle de botte (3 à 9 échantillons) à un des deux endroits spécifiés;
- essais à nouveau sur les matériaux de référence;
- test à vide (sans échantillon).

Ce processus est répété pour chaque modèle de botte évaluée. L'annexe 1 décrit la procédure d'essai pour évaluer les bottes de protection.

3. DESCRIPTION DES BOTTES ÉVALUÉES

Les huit modèles de bottes évaluées sont tous disponibles sur le marché québécois. Quatre de ces modèles sont fabriqués au Québec. Pour les besoins de comparaison, une botte de construction sans protection spécifique contre les scies à chaîne a été évaluée. De plus, un prototype de botte qui n'est pas disponible sur le marché a été inclus dans les essais.

Toutes les bottes évaluées sont de pointure 9, et les pieds gauches et droits sont évalués sans distinction. Pour chaque modèle évalué, de trois à neuf essais sont réalisés et au moins deux vitesses initiales d'essai différentes sont considérées.

Les bottes de protection sont évaluées à deux endroits : près de l'embout de la botte, à 1 cm de l'embout d'acier et sur la face avant de la tige de la botte, à 15 cm du talon (figure 2.2). Les vitesses initiales d'essais retenues sont comprises entre 3500 et 7500 tours/minute.

Le tableau 3.1 décrit les différents modèles de bottes évalués. L'identification et la description du modèle proviennent du fournisseur dans presque tous les cas. La description incluse dans le tableau ne sert qu'à présenter les caractéristiques qui ont un lien avec la protection contre les scies à chaîne et non l'ensemble des caractéristiques de chacun des modèles.

Tableau 3.1 Descriptions des bottes de protection évaluées

Fabricant	Modèle	Description
Acton International inc.	Maxbois	Botte tout en caoutchouc avec textile intégré (2 plis Kevlar™ + 1pli nylon)
Acton International inc.	Norbois	Botte tout en caoutchouc
Acton International inc.	Québois	Tige en cuir + 3 plis de nylon, base en caoutchouc + 2 plis Kevlar™ et 1pli nylon
Nokia	Timber	Tige en cuir + coussinet (fibres synthétiques) et base en caoutchouc
Nokia	Logger	Botte tout en caoutchouc
Viking	VW-58	Botte tout en caoutchouc
L.P. Royer	Forestier	Botte en cuir lacée + 2 plis de nylon (langue) et 3 plis de nylon ailleurs dans la botte
Kaufman	Kingtread	Botte de nylon résistant à l'abrasion
Terra	Lite	Botte de construction en cuir sans protection contre les scies à chaîne
Prototype		Tige en cuir + Nylon et Kevlar™, base en caoutchouc

4. RÉSULTATS

Dans les essais effectués, l'énergie nécessaire à la coupure des bottes de protection est le critère retenu pour classer les bottes en termes de performance contre les scies à chaîne. Dans une étude antérieure, il a été démontré que la méthode d'essai mise au point, basée sur l'énergie absorbée durant la coupure, permet d'évaluer la performance des matériaux contre une scie à chaîne. Les résultats obtenus avec les matériaux évalués dans cette étude, sont répétitifs et permettent de classer les différents matériaux selon l'énergie requise pour les couper. La dispersion des résultats obtenue lors de la mesure de l'énergie, nécessaire à la coupure des matériaux évalués, est égale ou moindre à celle obtenue pour le temps de traversée. Ces observations montrent l'avantage à utiliser l'énergie comme critère de performance pour évaluer la résistance à la coupure des bottes de protection.

Les tableaux 4.1 et 4.2 présentent les résultats des essais réalisés, près de l'embout de protection et sur la face avant de la tige des bottes respectivement, pour l'ensemble des bottes évaluées. Les deux premières colonnes de chaque tableau permettent d'identifier les bottes de protection. La troisième colonne indique le numéro de fichier attribué à chaque essai. La quatrième colonne indique s'il y a eu traversée ou non de l'échantillon évalué. La colonne cinq présente le temps de traversée enregistré pour chaque essai. Lorsque la botte évaluée n'a pas été traversée de part en part au bout de 6,25 s environ, la colonne précédente indique conséquemment qu'il n'y a pas eu de traversée. Ce temps correspond à la durée maximale d'acquisition des signaux enregistrés pendant les essais. La sixième colonne donne la vitesse initiale de la chaîne, c'est-à-dire la vitesse de la chaîne au moment du contact avec la botte évaluée. Cette vitesse est évaluée en tours/minute, soit la vitesse de rotation du pignon d'entraînement de la chaîne. Les vitesses initiales d'essais retenues sont comprises entre 3500 et 7500 tours/minute. La septième colonne indique la vitesse finale, soit la vitesse de la scie au moment où la chaîne a coupé au travers de la botte évaluée ou bien la vitesse à la fin de la période d'acquisition lorsqu'il n'y a pas eu traversée. Finalement, la dernière colonne présente l'énergie nécessaire pour couper au travers de l'équipement évalué.

Tableau 4.1 Essais près de l'embout de protection des bottes

Manufacturier	Modèle de botte	Identification fichier	Traversée	Temps de traversée (s)	Vitesse initiale (tours/min)	Vitesse finale (tours/min)	Énergie (Joules)
Acton International	Maxbois	BOTACMAX.002	OUI	2,867	4834	3588	1991
		BOTACMAX.003	OUI	3,377	4839	3506	2111
		BOTACMAX.001	OUI	1,255	5795	5109	1419
		BOTACMAX.007	OUI	3,889	5822	4124	3204
		BOTACMAX.008	OUI	0,899	5836	5336	1058
		BOTACMAX.006	OUI	1,941	5840	4899	1918
		BOTACMAX.009	OUI	1,622	6814	5992	1996
Acton International	Norbois	BOTACNOR.008	OUI	2,421	4823	3890	1542
		BOTACNOR.007	OUI	0,614	4882	4595	516
		BOTACNOR.002	OUI	2,056	5827	4964	1767
		BOTACNOR.003	OUI	1,786	5840	5036	1659
		BOTACNOR.004	OUI	0,341	5913	5676	521
		BOTACNOR.005	OUI	0,384	6802	6585	551
		BOTACNOR.006	OUI	1,745	6851	5959	2165
Acton International	Québois	BOTACQUE.002	OUI	2,925	4837	3763	1752
		BOTACQUE.001	OUI	2,688	4858	3812	1721
		BOTACQUE.007	OUI	1,140	5860	5287	1212
		BOTACQUE.006	OUI	2,389	5863	4899	1968
		BOTACQUE.008	OUI	2,987	5866	4696	2344
		BOTACQUE.005	OUI	1,374	6843	6119	1781
		BOTACQUE.004	OUI	0,781	6844	6420	1066
Nokia	Timber	BOTNOTIM.001	OUI	5,590	4932	2802	3124
		BOTNOTIM.006	OUI	2,031	6831	5860	2337
		BOTNOTIM.002	OUI	2,592	6843	5674	2776
		BOTNOTIM.005	OUI	1,793	7289	6405	2296
		BOTNOTIM.003	OUI	1,319	7304	6627	1789
		BOTNOTIM.004	OUI	2,482	7379	6158	3135
Nokia	Logger	BOTNOLOG.001	NON	6,255	6871	4274	5488
		BOTNOLOG.003	NON	6,256	7333	4599	6186
Viking	VW-58	BOTVISAF.002	NON	6,251	5829	3236	4457
		BOTVISAF.001	OUI	2,868	5875	4598	2536
		BOTVISAF.003	OUI	4,249	6804	4934	4164
L.P. Royer	Forestier	BOTROFOR.002	OUI	2,184	4817	3930	1471
		BOTROFOR.001	OUI	1,492	4851	4259	1024
		BOTROFOR.005	OUI	2,048	5799	4816	1980
		BOTROFOR.003	OUI	0,464	5835	5608	492
		BOTROFOR.004	OUI	2,353	5851	4945	1856
Kaufman	Kingtread	BOTKAKIN.005	OUI	0,372	3608	3459	201
		BOTKAKIN.004	OUI	0,151	3822	3749	105
		BOTKAKIN.003	OUI	0,253	3837	3717	172
		BOTKAKIN.002	OUI	0,239	4843	4745	178
		BOTKAKIN.001	OUI	0,352	4877	4728	271
		BOTKAKIN.006	OUI	0,056	5481	5441	84
		BOTKAKIN.007	OUI	0,262	5789	5642	318
Terra	Lite	BOTTELIT.004	OUI	1,129	3864	3495	516
		BOTTELIT.003	OUI	0,186	3873	3790	121
		BOTTELIT.001	OUI	0,104	4864	4808	103
		BOTTELIT.002	OUI	0,100	4867	4814	98
Prototype		PROTOTYPE.001	NON	6,246	4880	2471	3359
		PROTOTYPE.002	NON	6,250	5867	3263	4508
		PROTOTYPE.004	NON	6,252	6791	3904	5854
		PROTOTYPE.003	NON	6,249	6822	3911	5924
		PROTOTYPE.005	NON	6,256	7290	4442	6335

Tableau 4.2 Essais sur la face avant de la tige des bottes de protection

Manufacturier	Modèle de botte	Identification fichier	Traversée	Temps de traversée (s)	Vitesse initiale (tours/min)	Vitesse finale (tours/min)	Énergie (Joules)
Acton International	Maxbois	BOACMAXT.004	OUI	5,825	4843	2860	2898
		BOACMAXT.003	OUI	4,023	4867	3426	2267
		BOACMAXT.002	OUI	2,696	5816	4683	2256
		BOACMAXT.001	OUI	1,487	5868	5250	1303
Acton International	Norbois	BOACNORT.004	OUI	4,180	4867	3369	2340
		BOACNORT.001	OUI	5,020	4874	3169	2600
		BOACNORT.003	OUI	3,232	5860	4556	2576
		BOACNORT.002	OUI	2,386	5873	4898	1991
Acton International	Québois	BOACQUET.002	OUI	0,023	3815	3804	15
		BOACQUET.003	OUI	0,157	3871	3795	111
		BOACQUET.001	OUI	0,213	4917	4753	301
Nokia	Timber	BONOTIMT.001	OUI	0,219	3854	3761	134
		BONOTIMT.002	OUI	0,501	3855	3658	281
		BONOTIMT.003	OUI	0,141	4823	4742	146
Nokia	Logger	BONOKT.001	NON	6,254	6802	4087	5607
		BONOKT.002	OUI	4,738	7296	5017	5323
		BONOKT.003	NON	6,260	7336	4576	6236
		BONOKT.004	NON	6,259	7352	4507	6398
Viking	VW-58	BOSAVIKT.001	NON	6,255	4859	2616	3181
		BOSAVIKT.002	OUI	5,657	5878	3607	4086
		BOSAVIKT.003	OUI	5,949	5881	3462	4286
		BOSAVIKT.004	OUI	3,771	6832	4860	4372
L. P. Royer	Forestier	BOROFORT.003	OUI	0,039	3817	3786	44
		BOROFORT.004	OUI	0,262	3832	3698	192
		BOROFORT.002	OUI	0,350	4848	4665	330
		BOROFORT.001	OUI	0,423	4853	4640	385
Kauffman	Kingtread	BOKAKINT.003	OUI	0,574	3843	3591	355
		BOKAKINT.005	OUI	0,947	3857	3493	507
		BOKAKINT.004	OUI	0,602	4841	4575	476
		BOKAKINT.001	OUI	0,252	4853	4727	228
		BOKAKINT.002	OUI	0,041	4860	4830	56
Terra	Lite	BOTELITT.002	OUI	0,006	3853	3849	5
		BOTELITT.001	OUI	0,008	4889	4887	4
		PROTOTYPE.002	OUI	0,480	3788	3547	336
		PROTOTYPE.003	OUI	0,211	3911	3799	163
		PROTOTYPE.001	OUI	0,168	4866	4776	164

L'analyse des résultats indique qu'il est possible de regrouper les valeurs de l'énergie en trois classes réparties de la façon suivante :

classe 1	Énergie < 500 Joules
classe 2	500 < Énergie < 1000
classe 3	1000 < Énergie

Le découpage des résultats en trois classes est basé sur l'observation des différents modèles de bottes évalués. Ainsi, les bottes qui n'offrent aucune protection spécifique contre les scies à chaîne, comme c'est le cas d'une botte de cuir utilisée dans le milieu de la construction, doivent refléter un faible niveau d'énergie requis pour la coupure de l'équipement (ici inférieur à 500 J). De même, les bottes qui ont une protection spécifique contre les scies à chaîne, comme les bottes de caoutchouc (3 à 5 mm d'épaisseur) auxquelles sont ajoutées ou non, des combinaisons de textiles (Kevlar^{MD}, nylon) déjà utilisées dans les pantalons de protection contre les scies à chaîne, doivent refléter un niveau élevé d'énergie pour la coupure de l'équipement évalué (ici supérieur à 1 000 J).

En appliquant ce type de classement à l'ensemble des bottes de protection évaluées, on obtient le tableau 4.3 indiquant la performance de chaque modèle de botte. Notons que la classe attribuée à un modèle de botte n'est pas déterminée par la valeur moyenne de l'énergie, mais plutôt par la plus faible valeur de l'énergie rencontrée.

Tableau 4.3 Synthèse des résultats d'essais

Fabricant	Modèle	Description	Embout	Tige
Acton International inc.	Maxbois	Botte tout en caoutchouc avec textile intégré (2 plis Kevlar™ + 1 pli nylon)	3	3
Acton International inc.	Norbois	Botte tout en caoutchouc	2	3
Acton International inc.	Québois	Tige en cuir + 3 plis de nylon, base en caoutchouc + 2 plis Kevlar et 1 pli nylon	3	1
Nokia	Timber	Tige en cuir + coussinet (fibres synthétiques) et base en caoutchouc	3	1
Nokia	Logger	Botte tout en caoutchouc	3 ^(a)	3
Viking	VW-58	Botte tout en caoutchouc	3	3
L. P. Royer	Forestier	Botte en cuir lacée + 2 plis de nylon (langue) et 3 plis de nylon ailleurs dans la botte	2	1
Kaufmann	Kingtread	Botte de nylon résistant à l'abrasion	1	1
Terra	Lite	Botte de construction en cuir sans protection contre les scies à chaîne	1	1
Prototype		Tige en cuir + nylon et Kevlar™, base en caoutchouc	3	1

(a) La scie n'a pas traversé les bottes évaluées.

5. CONCLUSION

Le nombre et la gravité des blessures aux pieds causées par l'utilisation des scies à chaîne démontrent l'importance pour les travailleurs de disposer de bottes de protection performantes. La résistance à la coupure par des scies à chaîne constitue l'élément central à considérer dans le choix des bottes, bien que d'autres critères d'évaluation peuvent être pris en compte.

Dans le cadre de cette étude, différents modèles de bottes de protection disponibles sur le marché québécois et utilisés par les travailleurs forestiers ont été classés selon leur résistance à la coupure par des scies à chaîne. Cette évaluation a été réalisée en laboratoire à l'aide de la méthode d'essai avec volant d'inertie mise au point à l'IRSST. La performance fut mesurée en termes de l'énergie nécessaire pour couper la botte évaluée. Les tests ont porté sur deux endroits de la botte : près de l'embout de protection et sur la face avant de la tige de la botte.

Les bottes ont été classées en trois catégories selon leur performance pour chacun des deux endroits testés. Règle générale, les résultats d'essais ont montré que les bottes de protection entièrement fabriquées de caoutchouc offrent une protection supérieure tant au niveau de la tige que de l'embout. Elles sont supérieures aux bottes fabriquées en cuir que ces dernières incorporent ou non des matériaux textiles tels le nylon et le kevlar. L'évaluation des bottes sur la face avant de la tige indique que les modèles de bottes avec des tiges de cuir comprenant des matériaux textiles se classent dans la catégorie la moins performante.

LISTE DES RÉFÉRENCES

1. Turcot, D., Arteau, J., Daigle, R. et Boutin, J., *Méthode d'essai avec volant d'inertie pour évaluer la performance d'éléments de protection contre les scies à chaîne*, Rapport R-134, IRSST, Montréal, juin 1996.
2. Turcot, D., *Développement d'une méthode d'essai pour évaluer les équipements de protection contre les scies à chaînes*, Mémoire de maîtrise, École Polytechnique, Université de Montréal, Montréal, octobre 1996.

ANNEXE 1

PROCÉDURE D'ESSAI

La première étape consiste à préparer les bottes à évaluer pour pouvoir détecter le début et la fin de la coupure. Pour ce faire, un papier d'aluminium collé sur le dessus de la botte et un second collé à l'intérieur de la botte serviront de capteurs de début et d'arrêt.

Une fois ces capteurs installés, la botte est remplie de petites « billes » (diamètre moyen de 3 mm) en polystyrène afin qu'elle garde sa forme lorsqu'elle est évaluée. Elle est ensuite installée sur le support d'échantillon et positionnée de façon à assurer que le contact avec la chaîne soit perpendiculaire. La hauteur de chute est vérifiée (3,2 cm).

Le système d'entraînement, la chaîne et le guide-lame sont nettoyés avant chaque essai. La tension dans la chaîne est vérifiée.

Le garde recouvrant le guide-lame est mis en place. Une fois le mécanisme verrouillé, le moteur pourra démarrer.

La pompe qui alimente le guide-lame avec de l'huile est mise en marche.

On laisse le système tourner à la vitesse spécifiée pendant 30 secondes. Le moteur est débrayé et la gâchette libère le plateau de support du guide-lame qui tourne librement autour de l'axe d'entraînement.

Le système d'acquisition est mis en marche par le déclenchement de la gâchette. La carte d'acquisition permet de garder un nombre de données (ex. : 200) antérieures au départ de l'acquisition (mode « pré-trig »).

La chaîne entre en contact avec le capteur et déclenche le chronomètre. L'arrêt est marqué lorsque la chaîne entre en contact avec le papier collé à l'intérieur de la botte.