

2006

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement : étude préliminaire de l'efficacité des cales de roues utilisées pour contrer les risques de départ inopiné et de glissement de la semi-remorque lors des travaux de transbordement

François Gauthier
Université du Québec à Trois-Rivières

Laurent Giraud
IRSST, laurent.giraud@irsst.qc.ca

Réal Bourbonnière
IRSST

Sylvain Bournival
Université du Québec à Trois-Rivières

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

See next page for additional authors

Citation recommandée

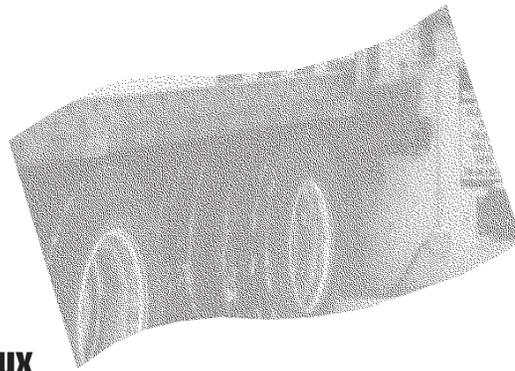
Gauthier, F., Giraud, L., Bourbonnière, R., Bournival, S., Richard, J.-G., Daigle, R. et Massé, S. (2006). *Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement : étude préliminaire de l'efficacité des cales de roues utilisées pour contrer les risques de départ inopiné et de glissement de la semi-remorque lors des travaux de transbordement : annexe H* (Annexe de rapport n° RA8-381). IRSST.

Auteurs

François Gauthier, Laurent Giraud, Réal Bourbonnière, Sylvain Bournival, Jean-Guy Richard, Renaud Daigle, and Serge Massé

**Développement d'un outil
d'évaluation des mesures
de retenue des camions
aux quais de transbordement**

**Étude préliminaire de l'efficacité
des cales de roues utilisées
pour contrer les risques
de départ inopiné et de glissement
de la semi-remorque lors des travaux
de transbordement
(Version corrigée)**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival

Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA8-381

ANNEXE





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

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 nationale du Québec
2006

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
www.irsst.qc.ca
Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
mars 2006

**Développement d'un outil
d'évaluation des mesures
de retenue des camions
aux quais de transbordement**

**Étude préliminaire de l'efficacité
des cales de roues utilisées
pour contrer les risques
de départ inopiné et de glissement
de la semi-remorque lors des travaux
de transbordement
(Version corrigée)**

François Gauthier, ing.¹, Laurent Giraud, ing. stag.², Réal Bourbonnière, ing.²,
Sylvain Bournival, ing. jr.¹, Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur³, Renaud Daigle, tech.² et Serge Massé, ing.²

¹Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,

²Sécurité-ingénierie, IRSST

³Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE H

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.

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



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

1	INTRODUCTION	2
2	MÉTHODES	2
2.1	Essais de départ inopiné.....	2
2.2	Essais de glissement.....	2
3	PARAMÈTRES DES ESSAIS	4
3.1	Localisation et conditions de sol.....	4
3.2	Tracteurs utilisés	4
3.3	Semi-remorques utilisées et charges transportées	5
3.4	Chariot élévateur utilisé.....	5
3.5	Camionneur.....	5
3.6	Descriptif des cales	6
3.7	Respect de la norme SAE J348 pour les cales de roue utilisées.....	9
4	CRITÈRES D'ÉVALUATION DES ESSAIS	9
5	RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉPART INOPINÉ	11
5.1	- Départ, asphalte sec, semi-remorque vide.....	11
5.2	- Départ, asphalte sec, semi-remorque charge partielle	11
5.3	- Départ, asphalte mouillé, semi-remorque vide.....	11
5.4	- Départ, asphalte mouillé, semi-remorque charge partielle	12
5.5	- Départ, asphalte mouillé, semi-remorque pleine charge	12
5.6	- Départ, asphalte glacé, semi-remorque vide.....	12
5.7	- Départ, asphalte glacé, semi-remorque charge partielle	13
5.8	- Départ, terre mouillée, semi-remorque vide.....	13
5.9	- Départ, terre mouillée, semi-remorque charge partielle	13
6	RÉSULTATS DES ESSAIS DE GLISSEMENT	14
6.1	- Glissement, asphalte mouillé, freins appliqués, suspension basse.....	14
6.2	- Glissement, asphalte mouillé, sans freins, suspension haute	14
6.3	- Glissement, asphalte enneigé, freins appliqués, suspension basse	14
6.4	- Glissement, asphalte enneigé, sans freins, suspension haute.....	14
6.5	- Glissement, asphalte glacé, sans freins, suspension haute	15
6.6	- Glissement, asphalte glacé, freins appliqués, suspension basse	15
7	RÉSULTATS SELON LA CALE UTILISÉE	16
7.1	Cale 1	16
7.2	Cale 2	16
7.3	Cale 3	16
7.4	Cale 4	16
7.5	Cale 5	17
7.6	Cale 6	17
7.7	Cale 7	17
7.8	Cale 8	18
7.9	Cale 9 sans plaque	18
7.10	Cale 9 avec plaque	18
8	DISCUSSIONS	19
8.1	Le départ inopiné.....	19
8.2	Le glissement de la semi-remorque	19
9	CONCLUSION	20
10	ANNEXES	21

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet PR98-023 sur la problématique des dispositifs de retenu aux quais de transbordement, les travaux ont montré l'importance de mener des essais terrain afin de déterminer l'efficacité de l'utilisation des cales de roues. Ces dispositifs sont couramment utilisés par les entreprises pour empêcher le départ inopiné d'un tracteur ou le glissement d'une semi-remorque. Généralement installé à l'avant d'un des pneus de la semi-remorque, le principe de fonctionnement repose sur le coincement de la cale de roue entre le pneu et le sol.

Une étude réalisée par le NFPA¹ a montré que les cales permettent d'empêcher un camion d'avancer sur un sol en pente. Cependant, aucune référence n'a été trouvée sur l'efficacité de ces dispositifs simples concernant leur capacité à empêcher le départ inopiné d'un camion ou le glissement de la semi-remorque sur un sol pratiquement plat. Ce sont ces conditions que les chercheurs ont tenté de recréer. Des essais préliminaires ont été réalisés avec du matériel roulant dans les installations du centre de formation en transport de Charlesbourg en mars 2003. Au total, 102 essais ont été réalisés avec 9 types de cales différentes.

2 MÉTHODES

Deux types d'essais ont été réalisés : essais de départ inopiné et essais de glissement. Ces deux situations correspondent aux problèmes rencontrés lors des opérations de transbordement et dont le risque semblait pouvoir être réduit par l'utilisation de cales de roue.

2.1 Essais de départ inopiné

Les essais de départ inopiné avaient pour but de vérifier l'efficacité des cales lorsqu'un camionneur tente de faire partir du quai l'ensemble tracteur – semi-remorque avant la fin du transbordement, mettant potentiellement en danger le cariste affecté au transbordement du camion. Les essais ont été réalisés avec trois conditions de charge de la semi-remorque et avec différentes conditions de sol. Le camionneur avait comme consigne de tenter un départ normal sans savoir si une cale était placée ou non sous une des roues de la semi-remorque. Sauf indications contraires de la part des chercheurs, le camionneur ne devait jamais « forcer » le départ au-delà des pratiques usuelles. Le départ du tracteur était réalisé en relâchant la pédale d'embrayage sans appuyer sur la pédale de l'accélérateur; le système de commande interne du moteur se chargeant de fournir la puissance nécessaire au départ du tracteur.

2.2 Essais de glissement

Les essais de glissement devaient démontrer que les cales empêchent la semi-remorque de glisser lorsqu'un chariot élévateur freine brusquement à l'intérieur de la semi-remorque pendant l'opération de transbordement. Pour cela, un chariot élévateur chargé entrainait à la vitesse d'environ 13 km/h dans la semi-remorque vide et freinait brusquement approximativement au centre de celle-ci (figure 1). La poussée créée par ce freinage devait entraîner la semi-remorque vers l'avant. Les cales positionnées sous une des roues de la semi-remorque devaient empêcher celle-ci d'avancer.

¹ Citation de l'étude NFPA sur les cales et camions de pompiers

Des travaux effectués dans le cadre du projet PR98-023 : Développement d'outils d'évaluation systématiques des dispositifs de retenue des camions aux quais de chargement, ont montré que l'utilisation de suspensions pneumatique pouvait provoquer des mouvements longitudinaux de la semi-remorque lorsque le chariot élévateur s'y introduit, compte tenu de la géométrie de la suspension. Les essais de glissement ont donc été menés avec différentes configurations de suspension. Lorsque les coussins pneumatiques du mécanisme de suspension de la semi-remorque sont pressurisés, la semi-remorque est relevée, d'où l'utilisation du terme « suspension haute » utilisée dans ce document. Inversement, lorsque les coussins de la suspension de la semi-remorque sont complètement vidés de l'air comprimé et écrasés sous le poids de la semi-remorque, celle-ci est abaissée, d'où l'utilisation du terme « suspension basse ». Cette variation de l'état de la suspension devait servir à illustrer les différences de comportement de la semi-remorque lors du chargement.

Des essais de glissement ont également été réalisés avec les freins de la semi-remorque appliqués ou relâchés afin d'évaluer les conséquences de leur utilisation lors du chargement de la semi-remorque.

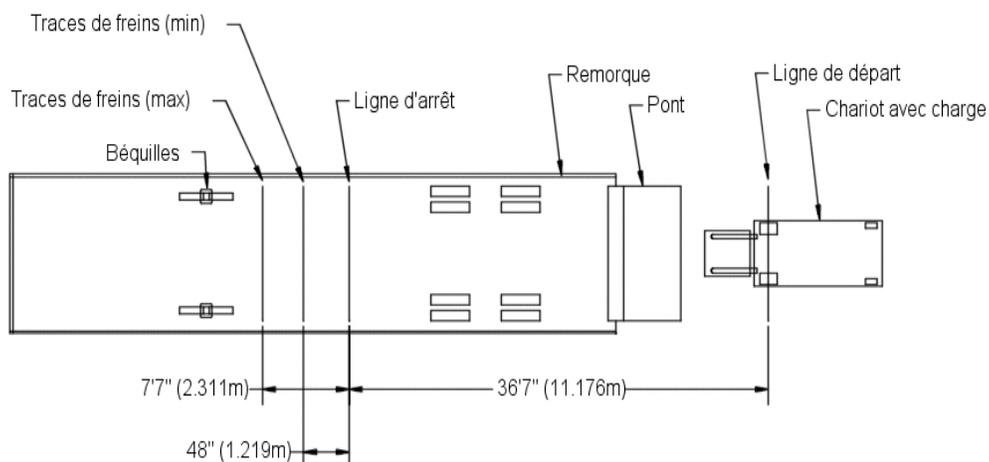


Figure 2 : Schéma des essais de glissement

Lors des essais de glissement, la semi-remorque n'était pas attelée au tracteur. Pour des raisons de sécurité, le tracteur était positionné près de l'avant de la semi-remorque (figure 2) afin d'empêcher son basculement ou un déplacement trop important.



Figure 2 : semi-remorque indépendante du tracteur lors des essais de glissement

3 PARAMÈTRES DES ESSAIS

3.1 Localisation et conditions de sol

Tous les essais de glissement ont été réalisés devant le quai de chargement numéro 12 visible à la figure 3. Les essais de départ inopinés ont été menés au quai de chargement numéro 12 ainsi que sur un terrain de terre battue situé à proximité des installations du centre. Le sol devant le quai de chargement est asphalté et inclut une dalle de béton. Les différentes conditions de sol recrées (terre mouillée, asphalté mouillé, asphalté enneigé et asphalté glacé) se prolongeaient jusque sous les béquilles de la semi-remorque (figures 4 et 5). La cour présentait une pente légèrement inclinée vers l'extérieur du quai.



Figure 3 : Quai numéro 12



Figure 4 : Sol glacé



Figure 5 : Sol enneigé

Les conditions climatiques favorisaient des essais sous plusieurs conditions de sol. Des essais de glissement ont été menés sur de l'asphalte sec, mouillé, glacé ou enneigé. Les essais de départ inopinés ont été menés sur de l'asphalte sec ou mouillé ou sur de la terre battue mouillée.

Une dalle de béton a servi à réaliser les essais avec le système de cale à plaque de retenue. Cette plaque devait être ancrée sur une surface bétonnée selon les prescriptions du manufacturier. La plaque a été installée par un représentant du fournisseur.

3.2 Tracteurs utilisés

Deux tracteurs ont été utilisés. Le premier, visible à la figure 6, a servi pour la très grande majorité des essais et le deuxième, visible à la figure 7, pour 15 essais. Selon les discussions avec les représentants du centre, ces tracteurs du type « 10 roues » sont tout à fait représentatifs de ce que l'on retrouve sur le marché Québécois du camionnage.



Figure 6 : Tracteur #1



Figure 7 : Tracteur #2

3.3 Semi-remorques utilisées et charges transportées

Sauf pour les essais de départ inopiné à pleine capacité, tous les essais ont été réalisés avec la semi-remorque numéro 1 visible aux figures 6 et 7. Il s'agissait d'un modèle à boîte fermée avec une suspension pneumatique et d'une longueur totale de 16,15 mètres (53 pieds) comportant deux essieux. Dans les essais de départ inopiné où la semi-remorque est chargée « partiellement », la charge était constituée de boîtes de papier à recycler. Ces boîtes étaient disposées uniformément sur toute la longueur de la semi-remorque (figure 8). Avec cette charge, la mesure de poids à l'essieu arrière de la semi-remorque indiquait 10 810 kg. À vide, la mesure de poids à l'essieu arrière de la semi-remorque indiquait 4 800 kg.

Dans le cas des essais de départ inopiné à pleine charge, la semi-remorque était du type « à plancher » chargée de blocs de béton (figure 9). Avec cette charge, la mesure de poids à l'essieu arrière indiquait 18 890 kg.

Figure 8 : semi-remorque #1
(charge partielle)Figure 9 : semi-remorque #2
(pleine charge)

3.4 Chariot élévateur utilisé

Tous les essais de glissement ont été réalisés avec le même chariot élévateur. Le chariot était chargé d'une boîte de 122 centimètres de profond, 102 centimètres de large et 91 centimètres de haut chargée de 540 kg de papier à recycler. Le chariot avec son conducteur et sa charge totalisaient 3 870 kg.

3.5 Camionneur

Le camionneur attiré par le centre de formation a été le même tout au long des essais. D'un naturel calme et sérieux, ce camionneur comptait 17 années d'expérience dans la conduite des tracteurs

semi-remorque. Ayant la formation et l'expérience requise, il a également été en mesure de remplir le rôle de cariste lors des essais de glissement. Les consignes du déroulement des essais lui étaient données directement, ses commentaires et appréciations des résultats ont été notés.

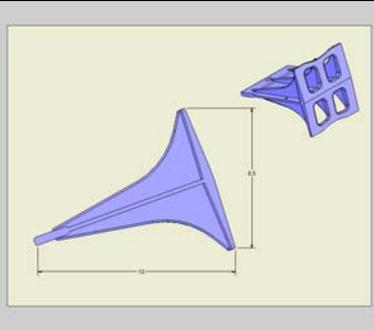
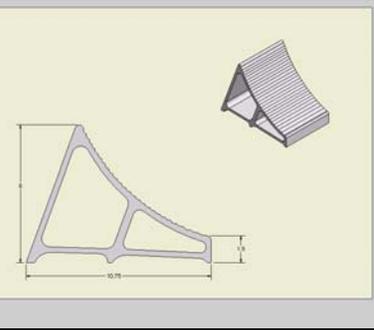
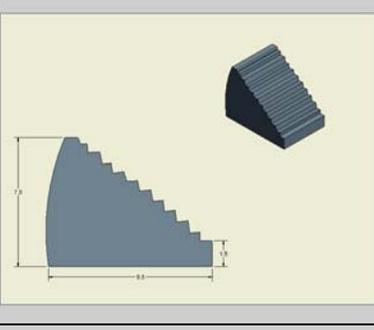
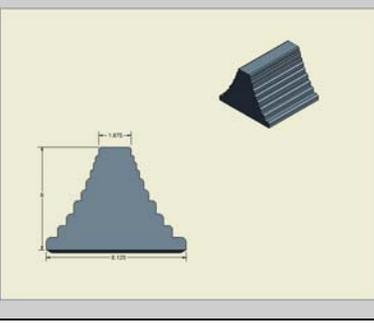
Tous les essais de départ inopiné ont été menés selon la même procédure (d'opération du tracteur). Le camionneur n'appuyait que très légèrement, ou pas du tout, sur l'accélérateur, laissant le système interne du moteur commander l'arrivée du carburant afin de compenser les forces nécessaires au départ du tracteur. Le camionneur n'avait donc qu'à relâcher l'embrayage pour permettre au tracteur de démarrer. C'est donc dire que, sauf exceptions (lors des essais de départ inopiné à pleine charge), le camionneur n'a jamais « insisté » pour passer par-dessus une cale. Le tracteur réagissait à la présence ou non des cales. Au court de tous les essais réalisés, le camionneur évaluait entre 5 et 10% l'effort maximal donné par le moteur du tracteur lors du départ inopiné.

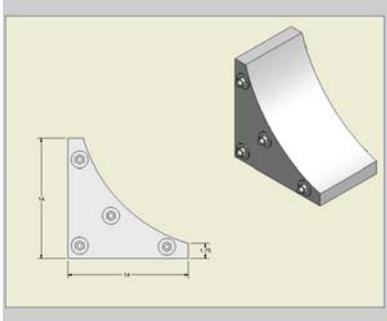
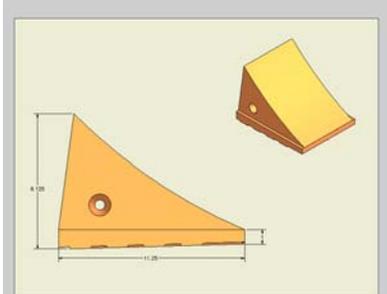
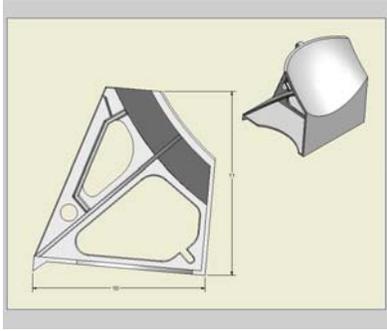
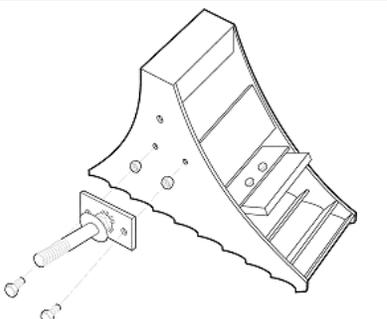
3.6 Descriptif des cales

Les cales utilisées lors des essais ont été choisies sans considérer les exigences de la norme SAE J348 sur les cales de roues². Le choix des cales que nous avons retenus était à l'image de celles qui sont utilisées dans l'industrie québécoise et ont été achetées chez un fournisseur de fournitures industrielles. Lors des essais, les cales étaient installées devant une des roues du train avant gauche ou droit de la semi-remorque, en contact avec le centre de la bande de roulement du pneu. Les 9 modèles différents de cales sont représentés dans le tableau suivant.

² Norme de la Society of Automotive Engineer's (SAE) J348, juin 1990, « Wheel chocks ».

Tableau 1
Les différents modèles de cales utilisées

#	Description	Forme	Poids	Photo	Schéma
1	Cale en acier coulé. L : 30,48 cm H : 21,60 cm	En « T »	9,82 kg		
2	Profilé d'aluminium L : 27,30 cm H : 20,32 Largeur : 24,5 cm.	Triangulaire	3,26 kg		
3	Cale en caoutchouc plein. L : 24,13 cm H : 19,05 cm	Triangulaire	5,98 kg		
4	Cale en caoutchouc évidé. L : 20,63 cm (10,32 cm par côté) H : 15,24 cm	Pyramidale	4,24 kg		

#	Description	Forme	Poids	Photo	Schéma
5	Couches de caoutchouc laminées et jointes ensembles par quatre boulons. L : 35,6 cm H : 35,6 cm	Triangulaire	18,6 4 kg		
6	Cale en uréthane L : 28,58 cm H : 20,64 cm	Triangulaire	2,34 kg		
7	Cale en acier coulé. L : 25,4 cm H : 27,94 cm	Support	12,0 2 kg		
8	Cale « placebo » Une pièce de bois de type « 2x4 » a été utilisée à quelques occasions. L : 8,89 cm H : 3,81 cm	Rectangulaire	-		Aucun schéma
9	Cale en pièces d'acier galvanisé soudées (cale à plaque de retenue)	Triangulaire	15,8 8 kg		

3.7 Respect de la norme SAE J348 pour les cales de roue utilisées

Les dimensions suivantes devaient être respectées par les cales pour satisfaire aux exigences de la norme SAE J348 de la SAE :

- Hauteur de la cale : 27,30 cm (10,75 pouces) pour un pneu de 50,8 cm (20 pouces) de rayon;
- Rapport longueur / hauteur = 1,73 ou plus;
- Longueur de la cale : au minimum 1,73 sa hauteur pour respecter le rapport longueur / hauteur, soit 47,3 cm (18,6 po) pour un pneu de 50,8 cm (20 pouces) de rayon;
- Largeur de la cale : 17,15 cm (6,75 pouces) pour un pneu de 22,9 cm (9 pouces), soit 75% de la largeur du pneu;
- Angle de la cale compris entre 35° et 45°.

Le tableau suivant récapitule pour tous les modèles de cales le respect des caractéristiques de la norme SAE J348. Il convient de noter qu'à l'exception de la cale 8 (le 2x4), aucune cale ne respecte le rapport longueur / hauteur définie dans la norme SAE.

Tableau 2

Respect des différents critères de la norme par les cales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hauteur de la cale \geq 27,3 cm (10,75 po)	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Longueur de la cale \geq 47,3 cm (18,6 po)	Non	Oui							
Respect du rapport longueur / hauteur de 1,73	Non	Oui	Non						
Largeur de la cale \geq 17,15 cm (6,75 po)	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Angle compris entre 35 et 45°	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non

4 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES ESSAIS

Il est important de noter que les résultats des essais n'ont pas été évalués selon des critères absolus. Par exemple, aucune valeur limite de la distance d'avance des cales ou de la distance de glissement n'avait été prédéterminée. L'objectif de cette étude préliminaire était de tenter de mieux connaître le comportement des cales avec des conditions d'utilisation réelles. L'interprétation des résultats n'est que qualitative et basée sur le jugement des chercheurs.

Un des critères d'interprétation des résultats est la grandeur de l'ouverture entre la semi-remorque et le quai créée par le mouvement d'avance de la semi-remorque lors des essais. L'ouverture est jugée suffisamment grande si, par exemple les roues d'un chariot élévateur peuvent s'y coincer et causer un incident lors d'une opération de transbordement suite à la chute de la lèvre du pont. C'est ainsi que pour les essais de départ intempestif ou de glissement, une avance d'environ 18 centimètres de la semi-remorque a été interprétée comme suffisante pour poser un risque pour le cariste.

Certaines situations sont plus facilement qualifiables que d'autres. Si la semi-remorque passe par-dessus une cale sans que le camionneur ne s'en rende compte, il semble clair que la protection offerte par ce moyen est faible.

5 RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉPART INOPINÉ

5.1 - Départ, asphalte sec, semi-remorque vide

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte sec	Vide	
Essais #	Cale		
6.1A cale 9 plaque courte; 6.1B cale 9 plaque courte; 6.1A cale 9	9		

La cale 9 est le seul modèle de cale à avoir été utilisé dans cette configuration³. Pour des raisons de logistique, le fournisseur a initialement proposé l'utilisation d'une plaque plus courte (démonstrateur) que la plaque normalement utilisée en supposant que son utilisation ne changerait pas les résultats des essais. Les résultats initiaux ont pourtant montré que la cale se soulevait ce qui, selon les responsables de la firme ne devait pas se produire. La plaque a donc été remplacée par le modèle normalement livré (plaque de retenue plus longue).

Les essais 6.1A et 6.1B avec plaque courte font référence aux premiers essais qui ont ainsi été menés sur une plaque plus courte. Un second essai (6.1A) a été mené avec une plaque normale. Dans les deux configurations, l'ensemble cale-plaque n'aurait pas dû permettre à la cale de se soulever comme cela c'est produit lors des essais. Bien que la semi-remorque ne soit pas passée par-dessus la cale, il est possible qu'une telle situation se produise. Dans ce cas, la semi-remorque bascule sur le côté d'environ 5 degrés et ce mouvement est clairement perçu par le camionneur. Un cariste présent à l'intérieur de la semi-remorque pendant ce basculement devrait lui aussi percevoir ce mouvement. Cela n'élimine pas la possibilité qu'un accident se produise (chute du chariot dans l'espace créé par l'éloignement de la semi-remorque du quai au moment du départ ou renversement du chariot).

5.2 - Départ, asphalte sec, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte sec	Charge partielle	
Essais #	Cale		
12.1A cale 9 plaque courte; 12.1B cale 9 plaque courte	9		

La cale 9 est le seul modèle de cale à avoir été utilisé dans cette configuration. Les essais 12.1A et 12.1B ont été menés avec la plaque courte fournie initialement par le fournisseur. Ici aussi, l'ensemble cale-plaque n'aurait pas dû permettre à la cale de se soulever comme cela c'est produit lors des essais. Les résultats de ces essais sont identiques à ceux menés dans la configuration précédente (asphalte sec, semi-remorque vide).

5.3 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque vide

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte mouillé	Vide	
Essais #	Cales		
4.1; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7; 4.11; 4.12	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8		

Les résultats de ces essais diffèrent un peu selon le type de cale utilisée. Sauf pour la cale numéro 7, où elle sera poussée par la roue sans réussir à retenir la semi-remorque, les cales rigides (acier, aluminium ou stratifié) basculent et la roue passe par-dessus. Dans le cas des cales en caoutchouc

³ Une configuration indique l'ensemble des paramètres utilisés pour un essai : type d'essai, type de sol, condition du sol, état de la semi-remorque (charge, freins et suspension).

ou en uréthane, les cales bloquent sous la roue qui passe par-dessus avec un soulèvement de la roue d'au plus 6 centimètres. Ce comportement n'empêche aucunement le départ du tracteur. Dans le meilleur des cas (cale 5), la roue est soulevée d'environ 15-16 centimètres. Du point de vue du camionneur cette situation est à peine perceptible.

5.4 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte mouillé	Charge partielle	
Essais #		Cales	
10.1; 10.2; 10.3; 10.4; 10.5; 10.6; 10.8; 10.10		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	

On observe essentiellement les mêmes résultats qu'avec la configuration précédente (- Départ, asphalte mouillé, semi-remorque vide). Lorsque la semi-remorque est partiellement chargée, les cales de caoutchouc n'empêche pas la semi-remorque de passer par-dessus (les cales sont un peu plus écrasées que précédemment). Les cales 1 et 5 ne parviennent pas à « s'accrocher » au sol et glissent sans retenir la semi-remorque. La cale 7 parvient à s'accrocher au sol mais ne réussit pas à retenir la semi-remorque car elle sera éjectée vers l'avant dès que la roue commencera à se soulever. C'est la cale 2 qui soulèvera la semi-remorque le plus à une hauteur de 6 à 8 centimètres. Dans toutes ces conditions, la perception du camionneur de la retenue de la semi-remorque par les cales est pratiquement nulle.

5.5 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque pleine charge

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte mouillé	Pleine charge	
Essais #		Cales	
18.1; 18.5b; 18.11 cale 9		1, 5, 9	

Trois essais ont été menés dans cette configuration. Le premier essai s'est soldé par l'éclatement du pneu retenu par la cale 1. Lors de l'essai, la cale 1 a été poussée par le pneu de plusieurs centimètres pour se mettre de travers, puis le pneu a éclaté lorsqu'il est monté de nouveau sur la cale. Le camionneur s'est rendu compte de l'éclatement du pneu mais la semi-remorque n'a pas été retenue. Les essais avec les cales de caoutchouc n'ont pas été réalisés, les résultats précédents n'ayant pas été concluants. La cale 5 a glissé comme avec une charge partielle. La cale numéro 9 a réussi à retenir la semi-remorque : la cale est restée accrochée à la plaque, elle n'a pas basculée et la roue ne parvient pas à passer par-dessus la cale. Les forces exercées dans cette configuration semblent très importantes compte tenu de la déformation du pneu contre la cale. Le camionneur perçoit nettement la retenue dans cette situation.

5.6 - Départ, asphalte glacé, semi-remorque vide⁴

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte glacé	Vide	
Essais #		Cales	
3.1; 3.4; 3.5; 3.7; 3.8; 3.9; 3.10		1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	

Les cales n'ont à peu près aucun effet dans cette configuration. Bien qu'elles empêchent la roue de tourner, les cales de caoutchouc n'empêchent pas la semi-remorque d'être tirée par le tracteur. Les

⁴ La cale 9 n'était pas utilisée avec la plaque lors des essais sous les conditions de sols enneigé, glacé ou de terre mouillée

cales rigides, y compris la cale numéro 9, ne parviennent jamais à s'accrocher dans la glace. Lorsqu'elles y parviennent, l'ancrage dans la glace est insuffisant pour retenir la semi-remorque. Le camionneur ne perçoit pas la présence des cales.

5.7 - Départ, asphalte glacé, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Asphalte glacé	Charge partielle	
Essais #		Cales	
9.2; 9.3; 9.4; 9.5; 9.6; 9.7; 9.8; 9.9		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	

Peu de différences avec la configuration présentée précédemment (- Départ, asphalte glacé, semi-remorque vide). Les cales sont soit éjectées, glissent ou ne retiennent pas suffisamment la semi-remorque. Bien que la retenue soit améliorée par rapport à la situation où la semi-remorque est à vide, les forces exercées par le tracteur sont nettement supérieures aux forces de retenue des cales. Le camionneur, ici aussi, ne perçoit pas la retenue des cales sur la semi-remorque.

5.8 - Départ, terre mouillée, semi-remorque vide

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Terre mouillée	Vide	
Essais #		Cales	
5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 5.6; 5.8; 5.9		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	

Les cales rigides (acier, aluminium ou stratifié) basculent toutes lorsque la roue passe par-dessus. Dans quelques cas, elles s'enfoncent de plusieurs centimètres dans le sol (15 centimètres pour la cale numéro 9). Le soulèvement le plus important (20 centimètres) a été obtenu par la cale 9. Les cales de caoutchouc ou d'uréthane glissent un peu avant d'être écrasées par la roue. Les commentaires du camionneur allaient de perception très négligeable à « je n'ai rien senti ».

5.9 - Départ, terre mouillée, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	Conditions de sol	Charge de la semi-remorque	
Départ	Terre mouillée	Charge partielle	
Essais #		Cales	
11.1; 11.2; 11.3; 11.4; 11.6; 11.7; 11.10		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	

La présence des cales en caoutchouc n'a pratiquement pas été ressentie par le camionneur. Les cales rigides s'enfoncent, la roue passe par-dessus et dans un cas (cale 7), la cale est éjectée vers l'avant. Bien qu'à certaines occasions le camionneur mentionne avoir « senti quelque chose », les cales ne retiennent pas la semi-remorque. Ces résultats sont à peine différents de la configuration précédente (- Départ, terre mouillée, semi-remorque vide). La différence principale est la profondeur à laquelle les cales s'enfoncent dans le sol.

6 RÉSULTATS DES ESSAIS DE GLISSEMENT

6.1 - Glissement, asphalte mouillé, freins appliqués, suspension basse

Type d'essai	Conditions de sol	Conditions semi-remorque	
Glissement	Asphalte mouillé	Freins appliqués, suspension basse	
Essais #		Cales	
10.2; 10.3; 10.4; 10.5; 10.6; 10.7; 10.8; 10.9; 12.1		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	

Les essais de glissement sur asphalte mouillé montrent que dans cette configuration, il n'y a pas de glissement de la semi-remorque. À deux occasions, les cales ont bougé de quelques millimètres suite aux vibrations de la semi-remorque lorsque le chariot y entre à vitesse rapide. Les cales n'ont été d'aucune utilité ici, la semi-remorque étant retenue par l'action des freins et la friction des béquilles sur le sol.

6.2 - Glissement, asphalte mouillé, sans freins, suspension haute

Type d'essai	Conditions de sol	Conditions semi-remorque	
Glissement	Asphalte mouillé	Freins non appliqués, suspension haute	
Essais #		Cales	
4.1; 4.2; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7; 4.8; 4.9; 6.1		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	

Dans cette configuration aucun glissement significatif n'a été observé. Ce résultat, qui peut surprendre, montre que les béquilles à elles seules réussissent à retenir la semi-remorque en place (les freins ne sont pas appliqués). Les cales n'ont été d'aucune utilité dans cette configuration.

6.3 - Glissement, asphalte enneigé, freins appliqués, suspension basse⁵

Type d'essai	Conditions de sol	Conditions semi-remorque	
Glissement	Asphalte enneigé	Freins appliqués, suspension basse	
Essais #		Cales	
8.1A; 8.1B; 8.2A; 8.2B; 8.2C		1	

Pas de glissement enregistré. Ici aussi le résultat est surprenant. Les freins et le contact du pneu avec la neige ont été suffisants pour empêcher le glissement sur un sol enneigé. Trois essais réalisés sans cale nous permettent de dire que les cales n'ont été d'aucune utilité dans cette configuration.

6.4 - Glissement, asphalte enneigé, sans freins, suspension haute

Type d'essai	Conditions de sol	Conditions semi-remorque	
Glissement	Asphalte enneigé	Freins non appliqués, Suspension haute	
Essais #		Cales	
2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 2.6; 2.7; 2.8		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	

Des glissements importants, de 20 à 50 cm, ont été enregistrés tout au long de ces essais. À l'exception de la cale 2, tous les essais montrent que les cales ne suffisent pas à empêcher le glissement de la semi-remorque. Cependant, toutes les cales permettent de bloquer la rotation de la roue.

⁵ La cale 9 n'était pas utilisée avec la plaque lors des essais sous les conditions de sols enneigés ou glacés

6.5 - Glissement, asphalte glacé, sans freins, suspension haute

Type d'essai	Conditions de sol	Conditions semi-remorque	
Glissement	Asphalte glacé	Freins non appliqués, suspension haute	
Essais #		Cales	
3.1; 3.2; 3.3; 3.5; 3.9; 3.10; 3.11		1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	

Des glissements importants, de 85 à 180 cm, ont été enregistrés tout au long de ces essais. Même pour la cale 9 qui, à l'aide de ses « dents » laisse plusieurs traces dans la glace, les cales ne réussissent pas à empêcher le glissement de la semi-remorque. Contrairement à la configuration précédente, la rotation de la roue n'est pas toujours bloquée par les cales.

6.6 - Glissement, asphalte glacé, freins appliqués, suspension basse

Type d'essai	Conditions de sol	Conditions semi-remorque	
Glissement	Asphalte glacé	Freins appliqués, suspension basse	
Essais #		Cales	
9.1; 9.2; 9.3; 9.4A; 9.4B; 9.4C; 9.9; 9.10A; 9.10B; 9.10C		3, 4, 5, 6, 8	

Aucun glissement n'a été enregistré lors de ces essais. Les freins et le contact du pneu avec la glace ont été suffisant pour empêcher le glissement sur un sol glacé. Trois essais réalisés sans cale nous permettent de dire que les cales n'ont été d'aucune utilité dans cette configuration.

7 RÉSULTATS SELON LA CALE UTILISÉE

7.1 Cale 1

7.1.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, mais glisse souvent sans s'accrocher sur le sol lorsque le pneu appuie dessus. Lorsque la cale bloque en avant et que la semi-remorque est vide, la cale bascule autour de son point de blocage et le pneu passe alors par-dessus. Cette cale s'est fait éjecter par le pneu lorsque la semi-remorque était pleine. Son défaut majeur est le manque d'accrochage ou le glissement prononcé.

7.1.2 Glissement

Cette cale peut être poussée par le mouvement du pneu si la suspension est haute. Effet moyen sur neige et nul sur glace.

7.2 Cale 2

7.2.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, tout en glissant moins que la cale 1. Lorsque la cale bloque en avant, elle bascule autour de son point de blocage et le pneu passe alors par-dessus. Cette cale risque de faire éclater le pneu à cause de ses arêtes. Son défaut majeur est son basculement même lorsque la semi-remorque est vide.

7.2.2 Glissement

Cette cale a un effet nul sur la glace et son essai sur la neige n'est pas significatif.

7.3 Cale 3

7.3.1 Départ inopiné

Cette cale bloque souvent la rotation de la roue mais glisse peu compte tenu de la nature de son matériau (caoutchouc). Dès que la cale bloque, elle s'écrase sous le poids du pneu et le pneu passe alors par-dessus sans que le centre de la roue ne se soulève beaucoup. Son défaut majeur est son écrasement sous le pneu même lorsque la semi-remorque est vide. Ses effets semblent négligeables pour le départ inopiné.

7.3.2 Glissement

Effet moyen sur la neige malgré son écrasement marqué.

7.4 Cale 4

7.4.1 Départ inopiné

Même commentaires que pour la cale précédente (cale 3). Ses effets semblent négligeables pour le départ inopiné.

7.4.2 Glissement

Cette cale a un effet nul sur la glace ou la neige.

7.5 Cale 5

7.5.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, mais glisse souvent sans s'accrocher sur le sol lorsque le pneu appuie dessus fortement (plus la semi-remorque est chargée, plus le glissement est prononcé). Lorsque la cale bloque en avant, elle bascule autour de son point de blocage et le pneu passe alors par dessus même si le centre du pneu lève de façon significative. Ses défauts majeurs sont le basculement lorsque la semi-remorque est vide et le glissement lorsque la semi-remorque est chargée, ainsi que sa grande déformation lorsque la semi-remorque est pleine.

7.5.2 Glissement

Cette cale a un effet nul sur la glace ou la neige.

7.6 Cale 6

7.6.1 Départ inopiné

Cette cale glisse de la même manière que les cales 1 et 2 en bloquant la rotation de la roue. Tout comme la cale 5, elle bascule lorsque la semi-remorque est vide. Tout comme les cales 3 et 4, elle s'écrase lorsque la semi-remorque est chargée. Ses défauts majeurs sont le basculement lorsque la semi-remorque est vide et l'écrasement lorsque la semi-remorque est chargée.

7.6.2 Glissement

Cette cale peut être poussée par le mouvement du pneu si la suspension est haute. Effet moyen sur neige.

7.7 Cale 7

7.7.1 Départ inopiné

Cette cale bloque souvent la rotation de la roue mais peut avoir de la difficulté à accrocher le sol. Lorsqu'elle se bloque, elle peut basculer autour de son point avant et laisser passer le pneu par dessus ou peut être éjectée violemment vers l'avant par la rotation inverse du pneu. Ce phénomène d'éjection s'explique par la faible surface de contact entre la cale et le pneu et par la géométrie de la cale. Ce phénomène apparaît lorsque la semi-remorque est chargée, c'est à dire lorsque les efforts subit par la cale sont importants. Son défaut majeur est l'éjection violente de la cale vers l'avant lorsque la semi-remorque est chargée.

7.7.2 Glissement

Cette cale a un effet moyen sur la neige et nul sur la glace.

7.8 Cale 8

7.8.1 Départ inopiné

Cette cale, un 2x4 posé au sol, n'améliore en aucun cas la situation. La roue passe par-dessus sans aucune difficulté et le camionneur ne ressent jamais sa présence.

7.9 Cale 9 sans plaque

7.9.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, et peut glisser en s'enfonçant légèrement sur sols tendres (terre battue, glace). Lorsque la cale bloque, elle bascule autour de son point avant et le pneu passe alors par-dessus même si le centre du pneu lève de façon significative. Son défaut majeur est le glissement sur certains terrains tendres.

7.9.2 Glissement

Cette cale a un effet moyen sur la neige et nul sur la glace.

7.10 Cale 9 avec plaque

7.10.1 Départ inopiné

Cette cale, utilisée avec sa plaque, bloque toujours la rotation de la roue et ne glisse pas du tout. Lorsque le pneu appuie sur la cale, semi-remorque vide ou mi-chargée, celle-ci bascule autour de son point avant et le pneu passe alors par-dessus même si le centre du pneu se soulève de façon significative. Son défaut majeur est le basculement vers l'avant. Cependant, c'est la seule cale qui soit efficace pour le départ inopiné à pleine charge. Elle est d'autant plus efficace que la semi-remorque est chargée mais pourrait faire éclater le pneu à cause de ses arêtes vives.

7.10.2 Glissement

Cette cale empêche totalement le glissement lorsqu'elle est en contact avec sa plaque.

8 DISCUSSIONS

8.1 Le départ inopiné

Les essais ont montré que l'utilisation des cales ne réduit pas substantiellement les probabilités de départ inopiné du tracteur. Les forces exercées par la traction du tracteur sont énormes et les caractéristiques des cales mises à l'essai ne sont pas adaptées à cette situation. Les cales basculent, glissent ou sont écrasées sous le poids de la semi-remorque. Seul le modèle de cale 9 a réussi, sous certaines conditions, à empêcher le départ de la semi-remorque.

Certains types d'essais ont été menés en simulant la présence d'une cale alors qu'il n'y avait rien sous la roue de la semi-remorque. L'objectif, tel qu'expliqué au camionneur, était de tenter de reproduire une situation normale où le camionneur ne sait pas s'il y a ou non une cale installée. Cette démarche n'a pas été poursuivie tout au long de la campagne pour des raisons d'efficacité. Cette approche n'apportant pas suffisamment d'information pertinente au projet. Dans les cas où des essais « placebo » ont été réalisés (18 au total), la réaction du camionneur allait de surprise (1 fois), à « Pas de cale » (2 fois) en passant par « Clair qu'il n'y avait rien » (1 fois). Ces affirmations catégoriques semblent nous indiquer qu'il faudrait prendre avec circonspection certains commentaires recueillis (« Rien senti ») lorsque les cales étaient effectivement utilisées.

Il est donc possible de croire que le chauffeur a une certaine perception de la présence des cales malgré les piètres performances répertoriées. Sans empêcher le départ du tracteur, cette perception du camionneur pourrait être utilisée, à tort, afin de réduire les conséquences d'un tel départ inopiné. Il faut être conscient des limites importantes qu'offre cette protection car, dans plusieurs cas, il semble que le camionneur ne ressentira aucune retenue. Une telle approche ne serait donc pas recommandée.

8.2 Le glissement de la semi-remorque

Les résultats des essais de glissements montrent que dans les conditions qui favorisent un glissement (sol enneigé ou glacé, freins relâchés), les cales donnent des résultats négligeables et ne réussissent pas à empêcher le glissement de la semi-remorque. Les risques de glissement ne sont donc pas réduits significativement. Au contraire, lorsque les conditions ne favorisent pas le glissement (sol sec, freins actionnés), il a été impossible de faire glisser la semi-remorque et les cales n'ont donc été d'aucune utilité. En effet, sur un sol sec ou mouillé, lorsque les freins sont relâchés, la seule friction des béquilles a été suffisante pour empêcher la semi-remorque de glisser.

Pendant les essais de glissement, la cale 9 a été mise à l'essai sur les surfaces enneigées et glacées. Les résultats de ces essais montrent que dans cette situation, la cale 9 ne réduit pas substantiellement les risques de glissement en se comportant similairement aux autres modèles de cale. Il faut cependant noter que ces essais ne reflètent pas une utilisation normale de cette cale. En effet, le fabricant stipule que l'efficacité optimale de son produit ne sera atteinte que lorsque la plaque sur laquelle repose la cale est complètement dégagée. On doit donc veiller à ce que dans les périodes d'enneigement ou d'accumulation de glace, les plaques fassent l'objet d'un entretien adéquat.

On doit aussi noter que pour des raisons de sécurité, le tracteur était toujours présent à l'avant la semi-remorque afin de réduire les risques de basculement de la semi-remorque. Dans cette configuration, l'avance maximale de la semi-remorque était limitée par la présence du tracteur, ce qui a modifié les distances maximales de glissement mesurées lors des essais.

9 CONCLUSION

Globalement, l'utilisation des modèles de cales de roue utilisées lors des essais pour réduire les risques des accidents causés par un départ inopiné du tracteur ou un glissement de la semi-remorque ne donne pas de résultats significatifs. La lecture des tableaux récapitulatifs montre que, à l'exception des cales 9 utilisées avec la plaque, ces cales n'empêchent pas un départ inopiné ou un glissement de la semi-remorque.

Il est important de mentionner que cette étude avait comme but de vérifier de façon rudimentaire les performances des cales en tentant de reproduire les configurations couramment rencontrées aux quais de transbordement. À titre d'exemple, aucune de ces cales n'est conforme à la norme SAE J348 et elles n'ont jamais été utilisées par paire (une cale de chaque côté de la semi-remorque). Le fait que de nombreuses cales basculent sous le pneu est cohérent avec le non-respect du rapport longueur / hauteur tel que défini dans la norme SAE J348. Des cales plus longues auraient alors moins tendance à basculer vers l'avant et à laisser passer le pneu par-dessus.

Il serait faux de conclure que toutes les cales disponibles sur le marché présentent un aussi bas niveau de protection. Cependant, les résultats de cette étude préliminaire sont décevants et nous recommandons aux utilisateurs des cales de roues de s'assurer que des moyens de protection complémentaires (procédures, autres dispositifs mécaniques de retenue, etc.) soient utilisés pour limiter les risques de départ inopiné et de glissement.

D'autres études sont nécessaires afin de vérifier de façon plus exhaustive les performances et les modes d'utilisation des cales de roues.

10 ANNEXES

ANNEXE H.1 : MATRICE SYNTHÈSE - DÉPART INOPINÉ

■ Retenue □ Effet moyen (Hau > 10 ou Gli < 10) □ Glissement, écrasement, éjection

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 + plaque
Asphalte sec vide										RB, Basc, Hau 26-36, Arrêt, Gli 3-5
Asphalte sec partielle										RB, Basc, Gli 14-16, Basc, Hau 18-23, Arrêt
Asphalte mouillé à vide	RB, Gli 10, Basc, Hau 13	RB, Gli 10, Basc, Hau 14	RB, Gli 2, Écr + Basc, Hau 8	RB, Gli 8, Écr + Basc, Hau 2	RB, Gli 4, Basc, Hau 15	RB, Gli 15, Basc, Hau 6	RB + RL, Gli + Pou > 100	Passage par-dessus, Hau 1		
Asphalte mouillée partielle	RB, Gli > 70	RB, Gli 10, Basc, Hau 7, Arrêt	Gli 5, Écr + Basc, Hau 1	RL, Écr, Hau 1	RB, Gli > 100	RB, Gli 15, Écr + Basc, Hau 5	RB, Gli 10, Basc, Éje	RL, passage par-dessus, Hau 1		
Asphalte mouillée pleine	RB, Gli 5, Éje, RB, Gli 15, Éje puis pneu éclate				RB, Gli 120					RB, retenue
Terre battue à vide	RB, Gli 16, Enf 7, Basc, Hau 8	RL, Gli 6, RB, Gli 17, Enf 5, Basc, Hau 10	RB, Gli 5, Écr + Basc, Hau 1	RL + RB, Gli 2, Écr, Hau 1	RB, Gli 150, Enf 5, Basc, Arrêt	RB, Gli 20, Basc, Hau 11	RB, Gli 18, Enf 3, Basc, Hau 16		RB, Gli 50, Enf 15, Basc, Hau 20	
Terre battue partielle	RB, Gli 15, Enf 10, Basc, Arrêt	RB, Gli 20, Enf 5-6, Basc, Hau 5	RB, Écr + Basc, Hau 4-5	RL, Écr, Hau 1	RB, Gli 40, Enf 5-6, Basc, Hau 10	RL, Écr + Basc, Hau 10	RB, Gli 30, Enf 5-6, Basc, Éje			
Asphalte glacé vide	RL, Gli,	RB, Pou	RB, Gli >	RB, Gli >	RB, Gli >		RB, Gli >		RB, Gli >	

	pas d'effet	50	100	100	100		100		100, légère accroche
Asphalte glacé partielle	RL, Gli, pas d'effet	RB et RL, Gli, légère retenue	RL et RB, Gli, légère retenue	RL, Éje, pas d'effet	RL et RB, Gli, légère retenue	RB, Gli	RL, Gli, pas d'effet		RB, Gli, bonne accroche

RB	Roue bloquée : le pneu ne tourne pas
RL	Roue libre : le pneu tourne
Gli xxx	Glissement de la cale (en cm)
Basc	Basculement de la cale autour de son point avant
Écr	Écrasement de la cale sans Basculement
Eje	Ejection de la cale par rotation inverse de la roue
Pou xxx	Cale poussée par le pneu (à xxx cm)
Hau xxx	Hauteur du centre de la roue au plus haut (en cm)
Enf xxx	Enfoncement de la cale (en cm) dans la terre battue ou dans la neige
Arrêt	Arrêt de l'essai avant la fin...

ANNEXE H.2 : MATRICE SYNTHÈSE – GLISSEMENT

■ Pas de glissement ■ Léger glissement ■ Glissement

	Sans cale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 + plaque
Asphalte mouillé, freins, suspension basse	PDG	PDG, Gli 0,5	PDG	PDG	PDG	PDG	PDG	PDG, Gli 0,3	PDG		PDG, PB
Asphalte mouillé sans freins, suspension haute		PDG, PB, Gli 1	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB, Gli 1	PDG, PB	PDG, PB		PDG, PB
Asphalte enneigé, freins, suspension basse	PDG (3 essais)	PDG (2 essais)									
Asphalte enneigé, sans freins, suspension haute		Rl, rb, Gli 37, Enf	Rl, rb, Gli 5, Enf, Arrêt par le tracteur...	Rl, rb, Gli 20, Enf, Écr (presque passage de la roue par-dessus)	Rl, rb, Gli 50, Enf, presque eje	Rl, rb, Gli 50, Enf	Rl, rb, Gli 40, Enf	Rb, Gli 32, Enf		Rb, Enf, Gli 50	
Asphalte glacé, freins, suspension basse	PDG (3 essais)			PDG	PDG	PDG	PDG		PDG (3 essais)		
Asphalte glacé, sans freins, suspension haute		Rl, Gli > 130, Arrêt par tracteur	Rl + rb, Gli 110, Rep, Arrêt par tracteur	PB	Rb, Gli 180, Arrêt par tracteur	Rb, Gli 100, Arrêt par tracteur		Rl, Gli 95, Arrêt par tracteur		Rb, Gli 85 (dents mordaient la glace)	
	PDG si la suspension à air est en position basse	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace, moyen sur neige	La plus efficace sur la neige, pas d'effet sur glace	Efficace sur glace, effet moyen sur neige	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace ou neige	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace ou neige	PDG si suspension en bas, effet moyen sur neige	PDG si suspension en bas, effet moyen sur neige		Effet moyen sur neige	PDG qqsoit le niveau de la suspension

PB	Pneu bouge : le pneu bouge légèrement suite à l'affaissement de la suspension
PDG	pas de Glissement du pneu sur le sol
Gli xxx	Glissement de la cale (en cm)
Écr	Écrasement de la cale sans basculement
Enf	Enfoncement de la cale dans la neige
Rep	Cale Repoussée par le pneu
Arrêt	Arrêt de l'essai avant la fin...

ANNEXE I.3 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

Camionneur

Expérience : 17 années d'expérience de conduite de tracteurs.

Tracteur #1

Fabricant : International

Année : 1996

Modèle : 9600 (90S)

Moteur : Detroit diesel série 60

Puissance : 430 chevaux @ 1 800 RPM

Transmission : 10 vitesses

Suspension : pneumatique

Masse : 7 810 kg net

Essieu différentiel : capacité de 40 000 lbs par essieu (2)

Essieu avant : capacité de 12 000 lbs

Pneus : 11R22.5

Numéro d'identification du centre de formation : 216

Tracteur #2

Fabricant : Freightliner

Année : 1994

Modèle : FLD120

Moteur : Detroit

Puissance : 350 chevaux

Transmission : RM10-145A

Suspension : Pneumatique

Masse : 7 950 Kg

Essieu différentiel : capacité 40 000 lbs

Essieu avant : capacité 14 600 lbs

Pneus : 11R22.5 (Michelin 11R22.5 XZE)

Numéro d'identification du centre de formation : 211

Semi-remorque #1

Fabricant : Manac Canam

Type: Boîte fermée

Longueur totale: 48 pieds

Suspension: suspension à air Neway RL228

Nombre d'essieux : 2

Capacité essieu : 25 500 lbs par essieu

Pneus : 11R22.5 (Michelin 11R22.5 XZE)

Diamètre des pneus : 40-41 pouces

Largeur des pneus (contact avec le sol) : 9 pouces

Pression des pneus : 90-95 lbs

État des pneus : 75%

Numéro d'identification du centre de formation : 321

Semi-remorque #2

Fabricant : ?

Type: plancher ouvert

Longueur totale: ?

Suspension: suspension à air

Nombre d'essieux : 2

Capacité essieu : ?

Pneus : ?

Diamètre des pneus : ?

Largeur des pneus (contact avec le sol) : ?

Pression des pneus : 90-95 lbs

État des pneus : 70%

Numéro d'identification du centre de formation : 926

Chariot élévateur

Fabricant : Yale

Modèle: GLP040AFNUAE078

Type : LP no. C436775 5021352-05

Poids: 7 024 lbs (la pesée indiquait 7 055 lbs)

Capacité max : 4 000 lbs

Total avec charge (3 740 kg) et cariste (130 kg): 3 870 kg

Charge utilisée lors des essais de glissement: 540 kg

Vitesse du chariot au moment du freinage: environ 13 km/h

Distance de freinage : 48 pouces à 92 pouces.

Numéro d'identification du centre de formation : ?