

**EN003891**

# **RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Direction régionale du Bas-Saint-Laurent**

**(VERSION DÉPERSONNALISÉE)**

**Accident mortel survenu à un travailleur  
le 4 juillet 2010 à l'entreprise 9173-3543 Québec inc.  
(Les Entreprises C.F. Chicoine)  
au 64, route Lauzier à Val-Brillant**

**Inspecteurs :**

\_\_\_\_\_

**Rémi Dufour**

\_\_\_\_\_

**Véronique Vezeau, ing.**

**Date du rapport : 24 octobre 2011**

**Rapport distribué à :**

- Monsieur «... », « ... », 9173-3543 Québec inc. (Les Entreprises C.F. Chicoine)
  - Docteur Jean-François Dorval, coroner
  - Docteur Robert Maguire, directeur de la santé publique et des soins de santé primaires
-

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b><u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u></b>	<b>3</b>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	3
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	3
<b>3</b>	<b><u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u></b>	<b>4</b>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	4
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	5
3.2.1	TRAVAIL EFFECTUÉ PAR LE TRAVAILLEUR ACCIDENTÉ	5
3.2.2	DESCRIPTION DU CAMION À BENNE BASCULANTE	5
3.2.3	MODE DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME DE LEVAGE DE LA BENNE BASCULANTE	6
3.2.4	DESCRIPTION DU CONTENU DE LA BENNE BASCULANTE	8
<b>4</b>	<b><u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u></b>	<b>9</b>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	DISPOSITIFS DE COMMANDE DU MOUVEMENT DE LA BENNE BASCULANTE	9
4.2.2	DESCRIPTION DE LA PIÈCE DE BOIS TROUVÉE SUR LES LIEUX	10
4.2.3	OBSERVATIONS SUPPLÉMENTAIRES	10
4.2.4	FORMATION DU TRAVAILLEUR ACCIDENTÉ	10
4.2.5	RAPPORT D'EXPERTISE CAMTECH CONSULTANTS INC.	11
4.2.6	SÉQUENCE D'ÉVÈNEMENTS, CSST	11
4.2.7	RÈGLES DE L'ART	12
4.2.7.1	ASSOCIATION SECTORIELLE TRANSPORT ENTREPOSAGE (ASTE)	12
4.2.7.2	NORME CSA Z460-05 MAITRISE DES ÉNERGIES DANGEREUSE : CADENASSAGE ET AUTRES MÉTHODES	12
4.2.7.3	OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA)	12
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	14
4.3.1	LE TRAVAILLEUR EFFECTUE L'ENTRETIEN HEBDOMADAIRE DANS UNE ZONE DE COINCEMENT, SOIT ENTRE LE CHÂSSIS DU CAMION ET LA BENNE BASCULANTE.	14
4.3.2	LA BENNE BASCULANTE S'ABASSE BRUSQUEMENT LORSQUE LA PIÈCE DE BOIS QUI LA RETIENT CÈDE ET GLISSE.	14

4.3.3	LA MÉTHODE UTILISÉE POUR BLOQUER LA BENNE BASCULANTE EN POSITION LEVÉE ENTRAÎNE UN DANGER D'ÉCRASEMENT.	14
-------	--	----

---

<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>16</b>
----------	-------------------	-----------

5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	16
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	16
5.3	SUIVIS À L'ENQUÊTE	16

**ANNEXES**

ANNEXE A :	Accidenté	17
ANNEXE B :	Liste des personnes rencontrées	18
ANNEXE C :	Rapport d'expertise CAMTECH Consultants inc.	19
ANNEXE D :	Séquence d'évènements, CSST	29
ANNEXE E :	Références bibliographiques	61

---

**SECTION 1****1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Lors de l'entretien hebdomadaire d'un camion à benne basculante, le travailleur est écrasé mortellement entre le châssis et la structure de la benne.

**Conséquence**

Le travailleur décède.



Photo 1 : Camion à benne basculante  
Source : CSST

**Abrégé des causes**

- Le travailleur effectue l'entretien hebdomadaire dans une zone de coincement, soit entre le châssis du camion et la benne basculante.
- La benne basculante s'abaisse brusquement lorsque la pièce de bois qui la retient cède et glisse.
- La méthode utilisée par le travailleur pour bloquer la benne basculante en position levée entraîne un danger d'écrasement.

**Mesures correctives**

Le 4 juillet 2010, par le biais du rapport d'intervention RAP0592114, une décision est rendue interdisant l'accès, lors des travaux d'entretien, entre le châssis du camion et la structure de la benne, dû au danger d'écrasement.

Le 17 août 2010, par le biais du rapport d'intervention RAP0597137, l'employeur est informé de la réalisation de l'expertise effectuée par la compagnie CAMTECH Consultants inc. sur le système de levage de la benne basculante du camion.

Le 19 août 2010, par le biais du rapport d'intervention RAP0597138, la décision rendue le 4 juillet 2010 est permanente parce que l'entreprise cesse ses opérations et les équipements sont mis en vente. De plus, une décision d'autorisation d'utilisation et de vente du camion est rendue parce que le dispositif de levage de la benne basculante du camion est fonctionnel et ne présente pas de défectuosité mécanique. De plus, la responsabilité d'élaborer et d'appliquer une procédure de travail sécuritaire pour entretenir le camion appartiendra au nouveau propriétaire.

*Le présent résumé n'a pas comme tel de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il ne remplace aucunement les diverses sections du rapport d'enquête qui devrait être lu en entier. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.*

## SECTION 2

### 2 ORGANISATION DU TRAVAIL

#### 2.1 Structure générale de l'établissement

Les Entreprises C.F. Chicoine inc. est une entreprise familiale appartenant à « ... » et « ... » et « ... ». Elle a commencé ses activités en 2006 et se spécialise dans le déneigement, le transport en vrac et l'excavation.

La gestion et la réalisation des contrats sont effectuées principalement par « ... ». « ... » aide à l'obtention des contrats. Un travailleur est embauché l'hiver pour conduire le camion de déneigement.

#### 2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

##### 2.2.1 Mécanismes de participation

Il n'y a aucun mécanisme de participation tel qu'un comité de santé et de sécurité, ni de représentant à la prévention. L'entreprise ne fait pas partie d'une mutuelle de prévention.

##### 2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'employeur n'a pas de programme de prévention. « ... » procède à un entretien annuel des équipements au printemps. De plus, il effectue un entretien de base hebdomadaire du camion à benne basculante. Il inscrit sur un bout de papier les réparations à effectuer. Il n'y a pas de programme d'inspection, ni de programme d'entretien écrit. Le mode de fonctionnement est informel. Enfin, un mécanicien qualifié chez un mandataire de la Société d'assurance automobile du Québec effectue la vérification mécanique annuelle obligatoire de ce camion.

## SECTION 3

### 3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

#### 3.1 Description du lieu de travail

L'entreprise loue un garage à la municipalité de Val-Brillant pour entreposer et effectuer l'entretien mécanique des équipements. Le garage est situé sur un territoire agricole. La cour du garage est utilisée pour l'entretien mécanique, le stationnement des équipements lourds et l'entreposage des matières premières. Elle est en gravier durci et sa surface est unie. Elle a une pente d'environ 3,5 % vers l'est et d'environ 3 % vers le nord. Il n'y a pas de système pour éclairer la cour.

Le camion est stationné dans la cour du côté est du garage municipal. Le travailleur stationne habituellement son camion à cet endroit.

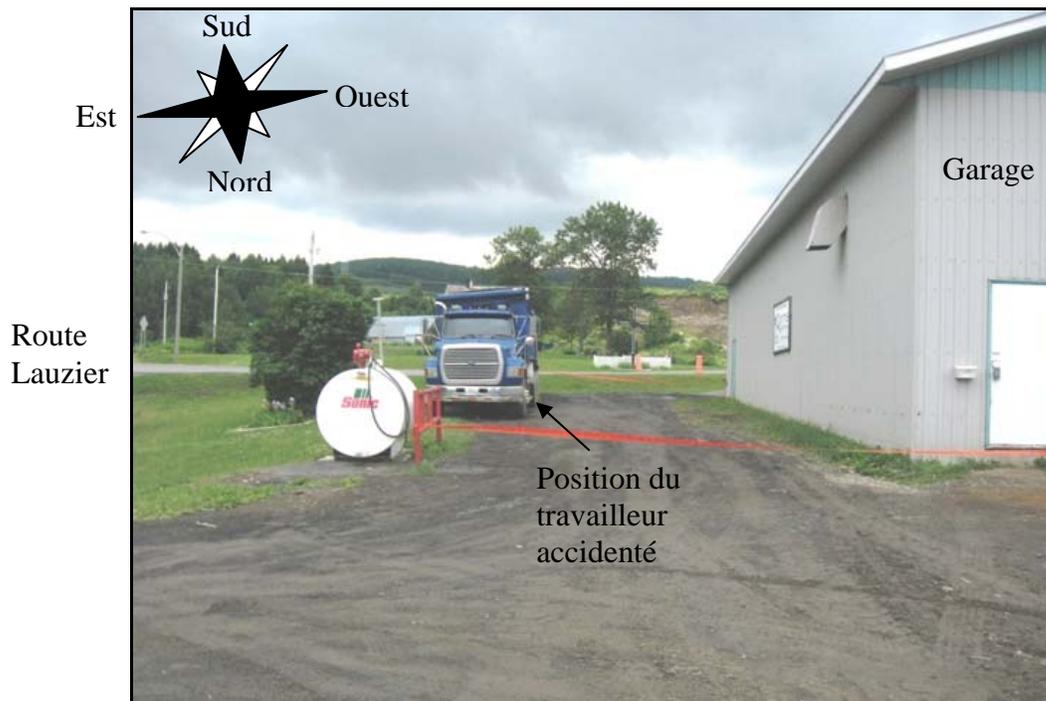


Photo 2 : Lieu de l'accident, vue vers le sud  
Source : CSST

L'accident est survenu du côté conducteur, en avant du premier essieu arrière.

La journée de l'accident, Environnement Canada mesure à 5 h, à Amqui (environ 10 km au sud-est de Val-Brillant), une température de 17,4 °C avec une humidité relative de 97 %. Au cours de la nuit du 3 au 4 juillet 2010, des averses de pluie sont tombées dans la région.

Le Conseil national de recherches du Canada indique que le lever du soleil est à 4 h 34 le 4 juillet 2010.

## **3.2 Description du travail à effectuer**

### **3.2.1 Travail effectué par le travailleur accidenté**

Lors de l'accident, le travailleur accidenté effectue l'entretien hebdomadaire du camion à benne basculante dans la cour du garage. L'entretien hebdomadaire n'est pas effectué selon un horaire fixe, mais plutôt à un moment qui lui convient. Cet entretien inclut le graissage de certaines pièces mécaniques à l'aide d'un pistolet graisseur. Les points de graissage sont situés à divers endroits sur le camion : sous le capot, sous le camion, à l'intérieur du cadre de châssis, etc. Pour y accéder, le travailleur doit lever le capot du moteur et lever la benne basculante.

L'horaire de travail du travailleur accidenté varie en fonction des contrats obtenus.

### **3.2.2 Description du camion à benne basculante**

Le camion impliqué dans l'accident est un camion à benne basculante (« 10 roues ») de marque Ford, modèle COL (L-9000), 1995, ayant pour numéro d'immatriculation « ... » (voir photo 3). À l'origine, ce camion servait pour attacher une remorque avec sellette. Il a été transformé en camion porteur en y ajoutant une benne basculante. L'entreprise a fait l'achat de ce camion au mois d'août 2008. À ce moment, le camion est déjà muni d'une benne basculante.

La benne basculante a les dimensions extérieures suivantes : 4,83 m (16 pi) de long par 2,44 m (8 pi) de largeur par 1,22 m (4 pi) de hauteur. Le travailleur accidenté a abaissé les côtés supérieurs de la benne basculante d'environ 20 cm (8 po) le 1<sup>er</sup> juin 2010 afin de faciliter le chargement avec la pelle mécanique de l'entreprise. Cette modification a été effectuée avec la collaboration d'une entreprise de la région. La capacité de chargement indiquée sur la benne est de 15,28 t. Elle est supportée sur toute sa longueur par deux poutrelles en acier espacées de 70 cm. Ces poutrelles ont une largeur de 8,5 cm.

Une pelle mécanique est installée sur une remorque attachée à l'arrière du camion.



Photo 3 : Camion à benne basculante, vue côté conducteur  
Source : CSST

### 3.2.3 Mode de fonctionnement du système de levage de la benne basculante

Le système hydraulique pour soulever la benne basculante comprend un réservoir, une pompe, un vérin et une valve. Le système est commandé à l'aide de deux dispositifs de commande pneumatiques : la commande de la prise de force et celle du vérin de la benne basculante. Ces dispositifs sont situés à la gauche du siège du conducteur (voir photo 4).

L'utilisation du système de levage de la benne basculante nécessite d'abord le démarrage du camion à l'aide de la clé de contact. Il y a trois positions possibles pour la clé de contact du camion à benne basculante, soit la position « accessoire », la position « OFF » et la position de mise en marche « start ». En mettant la clé à la position de mise en marche et en pesant sur le bouton de démarrage, le moteur démarre.

Afin d'utiliser les dispositifs de commande, il faut attendre que la pression pneumatique augmente à un niveau permettant leur opération.

Puis, il est nécessaire d'augmenter la pression hydraulique dans le système en mettant en opération la pompe hydraulique. Pour ce faire, il faut peser sur la pédale d'embrayage avant de placer le dispositif de commande de la prise de force à la position « ON » (voir photos n<sup>os</sup> 4 et 6). Ce dispositif de commande est replacé en position arrêt « OFF » lorsque la pression hydraulique dans le système est suffisante.

Ensuite, l'opération du dispositif de commande à trois positions du mouvement de la benne basculante permet le mouvement de celle-ci. Ce dispositif contrôle une valve hydraulique à trois positions. Cette dernière contrôle le fonctionnement du vérin. En position « levée », elle laisse passer l'huile dans le vérin pour augmenter la pression permettant de soulever la benne basculante. En position « barrée », elle bloque l'écoulement d'huile afin de maintenir la benne basculante à la hauteur désirée. En position « descente », elle laisse écouler l'huile vers le réservoir pour réduire la pression afin que la benne basculante redescende.

Le vérin hydraulique installé sur le camion est un modèle télescopique à trois sections et à simple action, c'est-à-dire qu'il travaille que pour soulever la benne. Les tiges du vérin se rétractent par l'effet de la gravité (poids de la benne). Le diamètre de la section principale du vérin est de 12,7 cm (5 po).

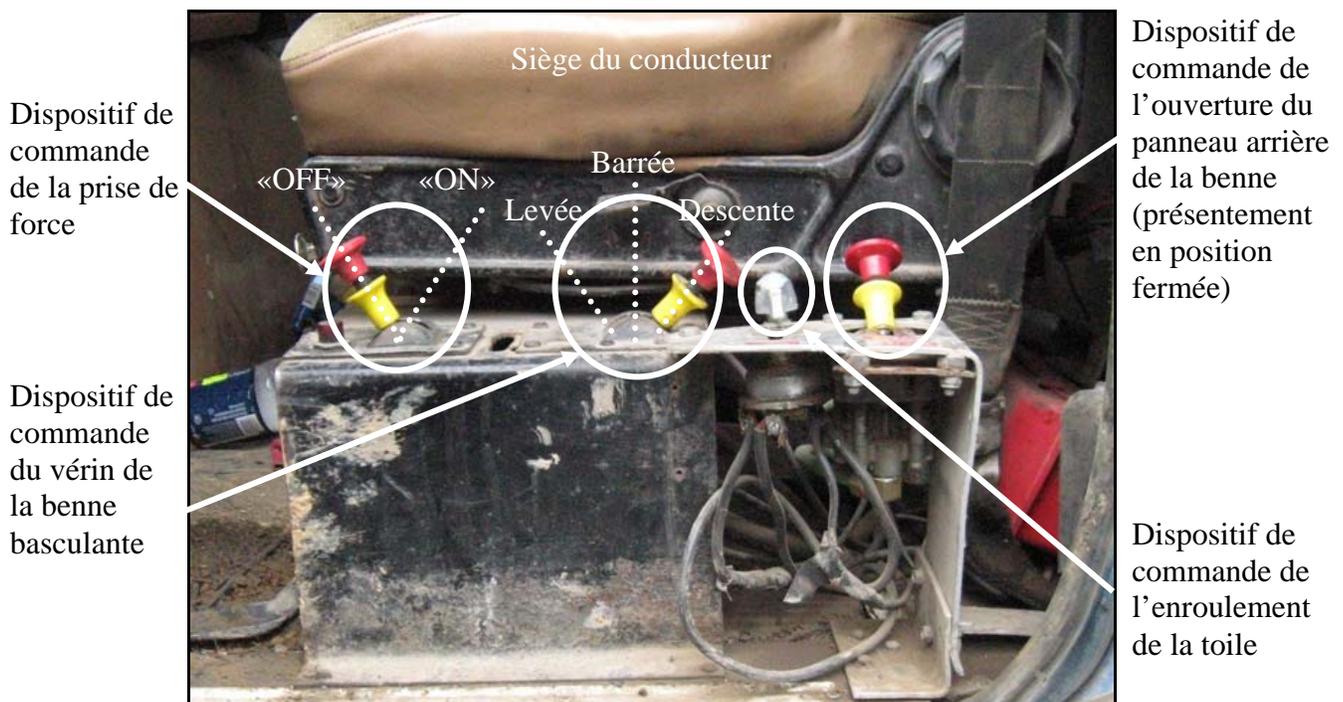


Photo 4 : Dispositifs de commande  
Source : CSST

### 3.2.4 Description du contenu de la benne basculante

La benne est remplie de pierre concassée 0-20B (voir photo n°5). La masse de pierre concassée telle que pesée le 16 août 2010 est d'environ 10 075 kg (22 200 lb).



Photo 5 : Contenu du camion à benne basculante  
Source : CSST

## SECTION 4

### 4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

#### 4.1 Chronologie de l'accident

Le jeudi 1er juillet 2010, le travailleur accidenté effectue quatre voyages de pierre concassée 0-20B provenant d'une carrière de Val-Brillant. Le travailleur accidenté a effectué le dernier voyage à 16 h 46 avec 14 090 kg (31 000 lb) de pierre concassée 0-20B. La carrière est fermée pour le reste de la fin de semaine en raison du congé férié.

Le dimanche 4 juillet 2010, vers 4 h 30 du matin, le travailleur accidenté quitte le domicile d'un ami habitant le rang 2 pour se rendre au garage de l'entreprise où il commence le graissage du camion à benne basculante. Avant d'accéder aux éléments mécaniques situés sous la benne basculante en position levée, il coince une pièce de bois entre le châssis du camion et la benne. Vers 6 h 47, une amie trouve le travailleur écrasé entre le cadre de châssis du camion et la benne basculante. Elle appelle immédiatement le 911. Une fois libéré de sa position par les pompiers du Service incendie de la MRC de La Matapédia, le travailleur est transporté à l'hôpital d'Amqui où son décès est constaté.

#### 4.2 Constatations et informations recueillies

##### 4.2.1 Dispositifs de commande du mouvement de la benne basculante

Au moment de l'accident, la clé de contact du camion est en position « OFF ». Le dispositif de commande de la prise de force est en position « OFF » et le dispositif de commande du mouvement de la benne basculante est en position « descente » (voir photo n°6).

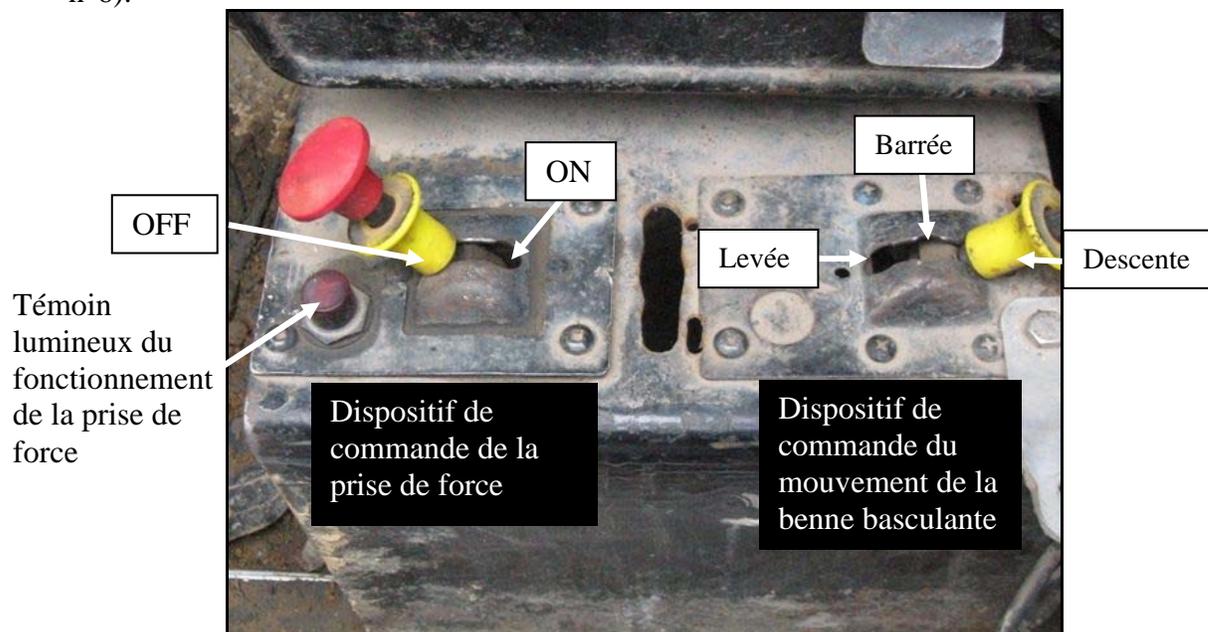


Photo 6 : Dispositifs de commande

Source : CSST

#### 4.2.2 Description de la pièce de bois trouvée sur les lieux

Une pièce de bois de 86 mm par 86 mm par 1720 mm de longueur (environ 3,5 po par 3,5 po par 68 po) est coincée entre le cadre de châssis et la structure de la benne. La pièce de bois présente plusieurs marques autant sur les extrémités que sur les faces. L'examen de ces différentes marques permet de conclure que la pièce de bois s'est retrouvée dans la position illustrée à la photo n°7.

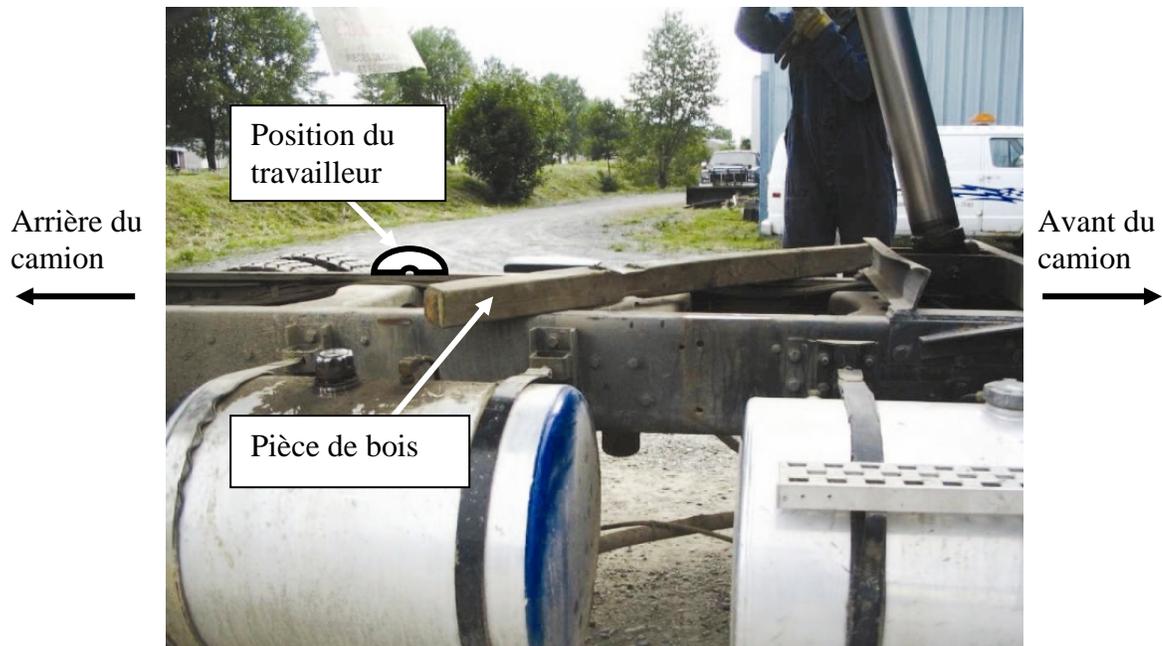


Photo 7 : Reconstitution de la position de la pièce de bois sur le châssis du camion après la chute de la benne  
Source : CSST

#### 4.2.3 Observations supplémentaires

L'inspection visuelle du système hydraulique du camion et du sol sous le camion n'indique pas de fuite d'huile.

Le pistolet graisseur est écrasé entre le cadre de châssis et la benne à la hauteur du dernier essieu arrière du côté conducteur. Plusieurs points de graissage du camion sont enduits de graisse neuve.

#### 4.2.4 Formation du travailleur accidenté

Monsieur « ... » a travaillé dans une entreprise de transformation de bois avant d'obtenir son permis de conduire de classe 1 en 2003. De 2003 à 2006, il est conducteur de camion pour une entreprise de transport de Val-Brillant. En 2006, il travaille pour l'entreprise familiale de transport par camion à benne basculante. Monsieur « ... » n'a pas de

formation en mécanique. Il a appris les rudiments de la mécanique à partir d'expériences de travail.

#### **4.2.5 Rapport d'expertise CAMTECH Consultants inc.**

Une expertise a été demandée auprès de CAMTECH Consultants inc. Cette firme de génie-conseil œuvre dans le domaine des véhicules ainsi que des équipements de levage et offre des services tels que conseiller technique et essais techniques. Le mandat confié est de déterminer les causes mécaniques de l'accident, en particulier l'aspect mécanique du fonctionnement du système de levage de la benne basculante du camion (voir annexe C).

De cette expertise, nous retenons les extraits suivants :

- « Aucun bris ou problème mécanique n'a été trouvé et le système fonctionnait parfaitement lors de l'expertise. »
- « Il y a un système de sécurité sur le levier de commande pour éviter de déplacer accidentellement le levier en position descente de la benne et ce système était fonctionnel. »
- « Ce véhicule n'était pas équipé de manette de type retour automatique à la position centrale de blocage lorsque la manette est relâchée parce qu'il est trop ancien. »
- « L'accident nous apparaît avoir été causé par différents éléments très discutables dans la méthode de travail. [...] le blocage de la benne ne respectait pas les règles de l'art et celle-ci doit toujours être déchargée avant d'être relevée pour un travail sur le véhicule. »

#### **4.2.6 Séquence d'évènements, CSST**

Une analyse a été demandée auprès de monsieur Jean-Pierre Jobin, ingénieur mécanique à la CSST (voir annexe D) afin d'expliquer la séquence d'évènements provoquant la chute de la benne basculante sur le châssis du camion. Il conclut à la séquence d'évènements suivants :

« La pièce de bois a une résistance suffisante pour retenir la benne et son contenu en position élevée. Cependant, comme les forces appliquées aux extrémités ne reposent pas uniformément sur toute la surface, il y a surcharge localisée qui dépasse la capacité des fibres de bois. À l'extrémité appuyée sous la benne, ceci résultera par une marque de déformation plus importante vers le côté passager (5 mm vs 1 mm) sans autre glissement ou déplacement. Les forces appliquées à l'extrémité appuyée sur le châssis l'extrémité 1 causent une rupture des fibres toutes orientées vers l'extérieur du châssis. En estimant un coefficient de glissement près de 0,2, la rupture des fibres déplace l'extrémité 1 vers l'extérieur sans glissement. Après un certain temps, lorsque l'extrémité 1 quitte environ la moitié de sa surface d'appui sur le châssis, la force transversale devient supérieure à la résistance au glissement causant ainsi la chute abrupte de la pièce de bois par gravité. »

## 4.2.7 Règles de l'art

### 4.2.7.1 Association Sectorielle Transport Entreposage (ASTE)

Dans le guide *Les systèmes hydrauliques des bennes basculantes, Fonctionnement et entretien préventif*, l'Association Sectorielle Transport Entreposage (ASTE) donne les conseils suivants pour effectuer des interventions sous une benne basculante inclinée :

« Toute intervention obligeant une personne à se placer sous une benne inclinée doit être effectuée selon une procédure sécuritaire très stricte. [...] Une procédure de cadenassage doit être mise en place pour s'assurer que personne ne puisse abaisser la benne pendant la durée des travaux. Il est clair que la pose de pièces de bois entre la boîte et le support n'est pas sécuritaire. Selon l'angle d'inclinaison de la benne, les pièces de bois peuvent glisser et entraîner l'affaissement soudain de la benne. » (p. 25)

### 4.2.7.2 Norme CSA Z460-05 Maitrise des énergies dangereuse : cadenassage et autres méthodes

L'objet de cette norme est « de prescrire des exigences et des objectifs de rendement visant les procédures, les techniques, les conceptions et les méthodes de protection du personnel contre les blessures causées par le dégagement intempestif d'énergie dangereuse. » (Article 1.2).

L'article 7.3.3.7 de cette norme explique : « Maitrise des énergies accumulées. Qu'elles soient accumulées, résiduelles ou potentielles, toutes les énergies potentiellement dangereuses doivent être coupées, dégagées, débranchées, confinées, bloquées ou maîtrisées d'une quelconque autre façon. Si le dispositif d'isolement des sources d'énergie n'a pas été conçu pour recevoir un cadenas (p. ex., cales, tiges, caissons), des mesures supplémentaires doivent être prises pour prévenir le retrait accidentel du dispositif. »

### 4.2.7.3 Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Dans le *Safety and Health Information Bulletin, Hazards of Unintended Movement of Dump Truck Body Beds (SHIB 09-18-2006)*, l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) montre un dispositif développé par un employeur afin d'effectuer de façon sécuritaire des interventions sous une benne basculante inclinée :

« *Performing maintenance work underneath the dump body of a dump truck presents extraordinary hazards to maintenance or servicing personnel. [...] The employee could not utilize the truck's original "body prop" to support the dump body since the "body prop" would not position the dump body high enough for the employee to access the back of the truck. Consequently, employees place themselves under the elevated dump bed without proper protection.* » (p.1)

Effectuer l'entretien sous la benne d'un camion à benne basculante est très dangereux pour les travailleurs d'entretien ou de service. Les travailleurs ne peuvent pas utiliser les supports mis en place par le fabricant pour soutenir la benne en position levée parce que ces supports ne permettent pas de soutenir la benne à une hauteur suffisante pour que ceux-ci puissent accéder à l'arrière du camion. Donc, les travailleurs se placent en dessous de la benne levée sans une protection adéquate. (traduction libre)

*« [...] As a result, the employer contacted the University of Wisconsin-Madison Structures and Materials Testing Laboratory to develop truck bed brace brackets that would support loads over 47,000 lbs. This represented a significant engineering challenge and the positive outcome that resulted should be shared with other employers. » (p. 1)*

En conséquence, l'employeur a demandé à l'Université du Wisconsin de développer des supports qui peuvent supporter un poids de plus de 21 300 kg pour tenir les bennes en position levée. Ceci représente un important défi d'ingénierie et la solution retenue devrait être partagée avec d'autres employeurs. (traduction libre)

*« The following is an example of the prototype truck bed brace brackets (see figures 5 [...]) that were developed by the employer and can be used universally on any brand of dump box. » (p. 4)*

La photo n°8 illustre le prototype de supports développé par l'employeur pour tenir les bennes basculantes en position levée. Ces supports peuvent être utilisés sur n'importe quelle benne basculante. (traduction libre)



Photo 8 : Supports pour tenir les bennes en position levée.  
Source : OSHA

### 4.3 Énoncés et analyse des causes

#### 4.3.1 Le travailleur effectue l'entretien hebdomadaire dans une zone de coincement, soit entre le châssis du camion et la benne basculante.

Afin d'inspecter et d'atteindre certains points de graissage lors de l'entretien hebdomadaire du camion, le travailleur soulève la benne basculante. Il se place ensuite entre le châssis du camion et la structure de la benne, soit dans une zone de coincement. Lorsque la benne basculante descend rapidement, le travailleur s'est retrouvé coincé entre les deux structures.

Cette cause est retenue.

#### 4.3.2 La benne basculante s'abaisse brusquement lorsque la pièce de bois qui la retient cède et glisse.

Pour coincer la pièce de bois entre la structure de la benne basculante et le châssis du camion lorsque la benne basculante est en position levée, le travailleur met le dispositif de commande du mouvement de la benne basculante en position « descente ». Dans cette position, l'huile dans le vérin hydraulique revient au réservoir par gravité, ce qui coince la pièce de bois entre la benne basculante et le châssis. La force sur cette pièce de bois augmente au fur et à mesure que le vérin de levage se vide de son huile. La pièce de bois a une résistance suffisante pour retenir la benne et son contenu en position élevée. Cependant, les forces appliquées aux extrémités ne reposent pas uniformément sur toute la surface de contact. Ceci crée une surcharge localisée qui dépasse la capacité des fibres de bois causant leur rupture. La rupture des fibres de bois déplace vers l'extérieur l'extrémité en contact avec le châssis, sans causer de glissement. Après un certain temps, lorsque cette extrémité quitte environ la moitié de sa surface d'appui sur le châssis, la force transversale devient supérieure à la résistance au glissement et la pièce de bois glisse et tombe sur le châssis du camion. Parce que la pièce de bois tombe et que la benne basculante n'est plus retenue par le vérin hydraulique, la benne basculante descend rapidement coincant mortellement le travailleur.

Cette cause est retenue.

#### 4.3.3 La méthode utilisée pour bloquer la benne basculante en position levée entraîne un danger d'écrasement.

La benne basculante, chargée de pierre concassée, est bloquée en position levée à l'aide d'une pièce de bois qui se retrouve coincée entre le châssis du camion et la structure de la benne basculante. En laissant le dispositif de commande du mouvement de la benne basculante en position « descente », la pièce de bois finit par soutenir tout le poids de la benne basculante incluant son contenu.

Afin de travailler de façon sécuritaire sous une benne basculante en position levée, les règles de l'art doivent être appliquées. Une de ces règles, soulignée par CAMTECH Consultants inc., est de vider la benne basculante de son contenu avant tout travail. Une

autre règle de l'art est de laisser en position « barrée » le cylindre de levage afin de permettre à celui-ci de supporter le poids de la benne. De plus, pour éviter la chute de la benne basculante sur le châssis du camion en cas de bris du système hydraulique de levage, un système de supports conçu pour soutenir celle-ci en position levée doit être installé et cadenassé. Ce système de supports ne doit pas glisser lorsqu'il est en position. Tout ceci permet d'éviter le mouvement intempestif de la benne basculante.

En somme, le travailleur utilise une méthode de travail qui ne lui permet pas de s'assurer de travailler en toute sécurité puisque le blocage de la benne repose sur l'utilisation d'une pièce de bois, de capacité inconnue, qui peut facilement glisser sur ses appuis et non sur l'utilisation d'un dispositif cadenassable conçu pour cette fonction. Un tel dispositif tient la charge de façon sécuritaire, par exemple les supports présentés par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dans une de ses publications. De plus, le travailleur ne vide pas le contenu de la benne et ne positionne pas le dispositif de commande du mouvement de la benne basculante en position « barrée ». Le travailleur utilise donc une méthode de travail qui lui est propre pour bloquer la benne basculante en position levée et qui ne respecte pas les règles de l'art. Dans ces conditions, la méthode de travail utilisée pour bloquer la benne basculante en position levée entraîne un danger d'écrasement.

Cette cause est retenue.

## SECTION 5

### 5 CONCLUSION

#### 5.1 Causes de l'accident

- Le travailleur effectue l'entretien hebdomadaire dans une zone de coincement, soit entre le châssis du camion et la benne basculante.
- La benne basculante s'abaisse brusquement lorsque la pièce de bois qui la retient cède et glisse.
- La méthode utilisée pour bloquer la benne basculante en position levée entraîne un danger d'écrasement.

#### 5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 4 juillet 2010, par le biais du rapport d'intervention RAP0592114, une décision est rendue interdisant l'accès, lors des travaux d'entretien, entre le châssis du camion et la structure de la benne, dû au danger d'écrasement.

Le 17 août 2010, par le biais du rapport d'intervention RAP0597137, l'employeur est informé de la réalisation de l'expertise effectuée par la compagnie CAMTECH Consultants inc. sur le système de levage de la benne basculante du camion.

Le 19 août 2010, par le biais du rapport d'intervention RAP0597138, la décision rendue le 4 juillet 2010 est permanente parce que l'entreprise cesse ses opérations et les équipements sont mis en vente. De plus, une décision d'autorisation d'utilisation et de vente du camion est rendue parce que le dispositif de levage de la benne basculante du camion est fonctionnel et ne présente pas de défektivité mécanique. De plus, la responsabilité d'élaborer et d'appliquer une procédure de travail sécuritaire pour entretenir le camion appartiendra au nouveau propriétaire.

#### 5.3 Suivis à l'enquête

La Commission informera l'Association nationale des camionneurs artisans des circonstances de cet accident afin que celle-ci sensibilise ses membres à l'importance d'utiliser une méthode de travail sécuritaire qui élimine les dangers d'écrasement lors de tout entretien des camions à benne basculante.

Dans le cadre de son partenariat avec la CSST visant l'intégration de la santé et de la sécurité au travail dans la formation professionnelle et technique, le Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport diffusera à titre informatif et à des fins pédagogiques le rapport d'enquête dans les établissements de formation qui offrent les programmes d'étude [Mécanique d'engins de chantier](#) (5055 et 5331), [Mécanique de véhicules lourds routiers](#) (5049 et 5330), [Mécanique agricole](#) (5070), [Conduite d'engins de chantier](#) (5220), [Conduite de machinerie lourde en voirie forestière](#) (5273), [Transport par camion](#) (5291). L'objectif de cette démarche est d'aider les établissements de formation et les enseignants dans leurs actions pédagogiques afin qu'ils puissent informer leurs étudiants des risques auxquels ils seront exposés et des mesures préventives nécessaires pour les éviter.

**ANNEXE A**

## Accidenté

**ACCIDENTÉ**

**Nom, prénom** :

Sexe : Masculin

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident : Conducteur de camion

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat : Non

## **ANNEXE B**

### Liste des personnes rencontrées

**9173-3543 Québec inc. (Les Entreprises C.F. Chicoine)**

« ... », « ... »

« ... », « ... »

« ... », « ... »

**Autre personne rencontrée**

Monsieur Philippe Audet, enquêteur, Sureté du Québec

## ANNEXE C

### Rapport d'expertise CAMTECH Consultants inc.

**CAMTECH  
Consultants inc.**

---

Expertise

**CSST**

Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec

# dossier : DPI4137115

**EXPERTISE DU SYSTÈME DE LEVAGE D'UNE BENNE  
BASCULANTE SUR UN CAMION 10 ROUES**

**Val-Brillant**

**4 juillet 2010**

Jean Grandbois, ing.,

**Octobre 2010**

**REÇU  
01 DEC. 2010  
C.S.S.T.-RIMOUSKI**

**Siège social :**  
1356, Saint-Laurent, Saint-Nicolas (Québec) G7A 4K3 Canada  
Téléphone : 418 836-0315 • Télécopieur : 418 836-5379  
[www.camtechconsultants.ca](http://www.camtechconsultants.ca)

**Beauce :**  
1145, 87<sup>e</sup> Rue, Saint-Georges (Québec) G5Y 7C8 Canada  
Téléphone : 418 221-1246 • Télécopieur : 418 222-0005

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION .....	1
2. DESCRIPTION DU VÉHICULE ET DE LA BENNE BASCULANTE .....	1
3. LE SYSTÈME DE LEVAGE DE LA BENNE ET SON ÉTAT MÉCANIQUE .....	2
4. CHARGEMENT DE LA BENNE ET VITESSE DE DESCENTE.....	4
5. DISCUSSION SUR LE DÉROULEMENT POSSIBLE DE L'ACCIDENT.....	5
5.1 Informations reçues.....	5
5.2 Discussion.....	6
6. CONCLUSION.....	7

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1: Véhicule impliqué .....	1
Photo 2: Commande du système de levage .....	2
Photo 3: Position réelle du morceau de bois après l'accident.....	5
Photo 4: Blocage du bois sous la benne .....	6
Photo 5: Marque en diagonale sous le renfort inférieur de la benne .....	8
Photo 6: Chargement de pierre concassée dans la benne.....	8

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

## 1. INTRODUCTION

Ce rapport concerne l'aspect mécanique d'un accident impliquant un camion 10 roues équipé d'une benne basculante. L'accident est survenu à Val-Brillant, près de Rimouski, le 4 juillet 2010. Le numéro de dossier de la CSST est le DPI4137115. La benne basculante, relevée pour effectuer des opérations d'entretien de routine, est descendue soudainement et a écrasé le mécanicien qui effectuait les travaux. L'expertise a été effectuée le 16 août 2010 à Rimouski par M. Jean Grandbois, ing., secondé de M. Denis Boulanger, technicien, tous deux de Camtech Consultants inc. Les points suivants sont traités dans le rapport: description de l'équipement, description du fonctionnement du système de levage de la benne et de son état mécanique, les constatations au sujet des charges de la benne et de sa vitesse de descente, les informations reçues au sujet de l'accident ainsi qu'une discussion sur les résultats de l'expertise mécanique et finalement la conclusion sur les causes mécaniques de l'accident.

## 2. DESCRIPTION DU VÉHICULE ET DE LA BENNE BASCULANTE

Les coordonnées de l'entreprise propriétaire et exploitant du véhicule impliqué sont les suivantes:

Les Entreprises C.F. Chicoine, inc.  
Val-Brillant (Québec)

Les caractéristiques de base du véhicule sont les suivantes:

Type:	Camion 10 roues à benne basculante de 16'
Marque:	Ford
Modèle:	L9000
# série:	
Année - modèle:	1995
Année de fabrication:	1994



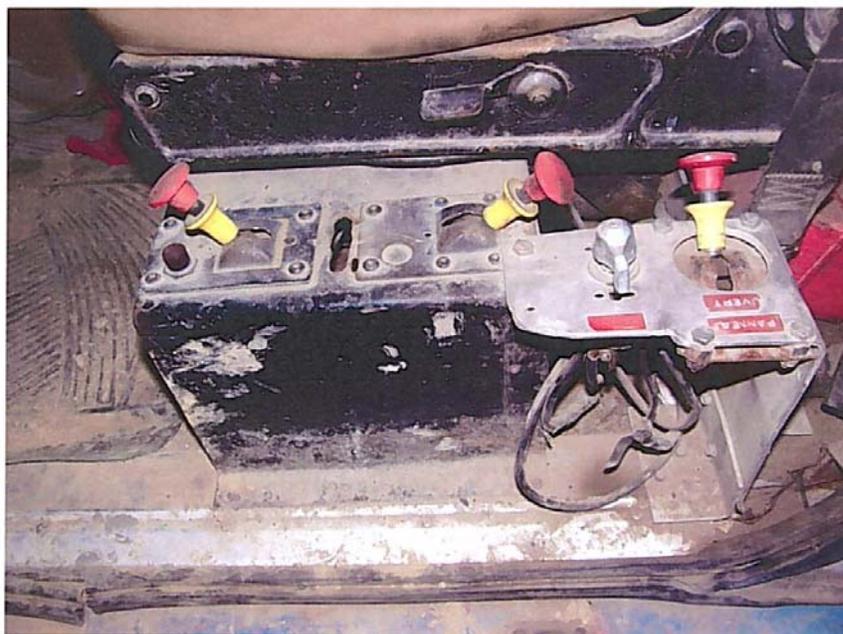
Photographie 1 : Véhicule impliqué

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

Immatriculation:  
Masse à vide: 12 525 kg  
Empattement: 5.23 m  
Benne: longueur de 4.33 mesurée (16 pieds nominal)  
Cylindre: simple, 3 sections, à simple action  
Modèle: B-02-23  
096-1003-0 fabriqué au Canada  
Pression: 2000 psi maximum  
Diamètre du cylindre: 5" (section principale)  
Contrôle: pneumatique, 3 positions (levée, barrée et descente)

**3. LE SYSTÈME DE LEVAGE DE LA BENNE ET SON ÉTAT MÉCANIQUE**

Le système de levage de la benne basculante est très simple et très commun. Il y a une prise de puissance (PTO) qui permet de faire fonctionner la pompe hydraulique qui alimente le cylindre de montée de la benne. La commande de prise de puissance peut être engagée seulement si l'embrayage du véhicule n'est pas engagé (il faut donc peser sur la pédale pendant que le levier est déplacé). Cela peut se faire s'il y a de l'air dans le système pneumatique, peu importe la position de la clé. Une lumière s'allume lorsque la prise de force s'engage si la clé est sur accessoire ou marche.



Photographie 2: Commande du système de levage

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

Le système de levage est composé d'un cylindre simple action, c'est à dire qu'il travaille seulement dans un sens, soit dans ce cas pour la montée de la benne. La commande du cylindre est pneumatique et elle a trois positions. Elle fonctionnera donc elle-aussi s'il y a de l'air dans le système pneumatique, sans égard à la position de la clé.

Le levier positionné vers l'avant correspond à la position pour faire lever la benne. La commande pneumatique envoie le signal pour ouvrir la valve qui permet à l'huile hydraulique sous pression d'entrer dans le cylindre et d'étirer celui-ci, ce qui lève la benne.

Le levier positionné au centre correspond à la position barrée. Aucune valve n'est activée et l'huile hydraulique est prisonnière du cylindre. La longueur du cylindre ne change pas et la benne ne peut pas bouger.

Le levier positionné vers l'arrière correspond à la position de descente. La commande pneumatique envoie le signal pour ouvrir une valve permettant à l'huile de s'échapper du cylindre pour retourner dans le réservoir. Le poids de la benne exerce une force vers le bas (gravité) qui permet de rétracter le cylindre au fur et à mesure que l'huile sort de celui-ci.

Les leviers de commande de la prise de force et du cylindre de levage sont équipés d'une sécurité. Ils ne peuvent être déplacés sans relever la partie jaune du levier vers le haut. Ces leviers ne peuvent donc pas être déplacés par accident. Ce mécanisme était parfaitement fonctionnel. Les commandes plus récentes exigent que le levier soit maintenu en position levée ou descente sans quoi il revient en position de blocage mais ce véhicule n'était pas équipé d'une telle commande.

Il n'y avait aucun bris au système de commande ou de levage de la benne lors de l'inspection, pas plus qu'à aucune partie mécanique. Tout fonctionnait parfaitement et aucune fuite n'a été détectée, ni sur le système pneumatique ni sur le système hydraulique. Les trois positions du levier de levage fonctionnaient très bien et la benne est restée parfaitement immobile durant plus de 20 minutes en position relevée et en charge à la position centrale barrée durant l'expertise.

Dans son ensemble, le camion est apparu en bon état mécanique. Une lumière de frein arrière côté passager était brûlée et un pneu arrière intérieur côté conducteur du tandem était dégonflé ou crevé. Ces points peuvent être survenus après l'accident lors du remorquage et ils n'ont aucun rapport avec l'accident lui-même.

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

#### 4. CHARGEMENT DE LA BENNE ET VITESSE DE DESCENTE

Le véhicule a été pesé de manière axiale et simultanément à l'aide de 6 balances portatives avec son chargement lors de l'accident et à vide.

La pesée du véhicule en charge a donné les résultats suivants:

	Côté gauche	Côté droit	Total par essieu
Essieu directeur:	3250 kg	3600 kg	6850 kg
Tandem moteur avant	3750 kg	4300 kg	8050 kg
Tandem moteur arrière:	3400 kg	4300 kg	7700 kg
<b>En charge:</b>	Masse totale pesée:		22 600 kg

La pesée du véhicule à vide a donné les résultats suivants:

	Côté gauche	Côté droit	Total par essieu
Essieu directeur:	2500 kg	2900 kg	5400 kg
Tandem moteur avant	1850 kg	1675 kg	3525 kg
Tandem moteur arrière:	1850 kg	1750 kg	3600 kg
<b>À vide:</b>	Masse totale pesée:		12 525 kg

Le chargement de pierre pesait donc 10 075 kg. Le centre de gravité de la charge est à 2.39 m (7.84') du devant de la benne.

La vitesse de descente de la benne a été évaluée avec et sans charge en effectuant directement le test à plusieurs reprises. Les tests ont été effectués avec la benne à 20 degrés dans tous les cas. Avec la charge dans la benne lors de l'accident, le temps de descente moyen est de 4.2 s. À vide, le temps de descente moyen est de 8.6 s.

Le chargement ne s'est pas déplacé avant d'atteindre un angle d'environ 40 degrés lors du déchargement. Le délai entre l'expertise et l'accident peut cependant contribuer à augmenter cet angle puisque l'assèchement de la cargaison peut avoir formé une sorte d'amas de pierres concassées compactées et liées.

Le bloc de bois de dimensions 4"34"368" trouvé entre le châssis et la benne a une résistance en compression limitée par le flambage à 7350 lbf pour une poutre de 3½"33½" ou de 9600 lbf pour une poutre de 4"34". De toute manière, le bloc n'a pas cédé.

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

## 5. DISCUSSION SUR LE DÉROULEMENT POSSIBLE DE L'ACCIDENT

### 5.1 Informations reçues

L'accident est survenu sur un terrain relativement plat, formé de pierres concassées compactées. Il n'y avait aucune trace d'huile quelconque sur les lieux de l'accident. L'accident est survenu très tôt le matin.

Selon les informations reçues pour la position des commandes lors de l'accident, nous pouvons confirmer à la suite de notre expertise que cela correspond aux positions suivantes: la clé de contact en position arrêt, la prise de puissance (PTO) en position arrêt et la commande de levage de la benne en position descente.

Un morceau de bois franc de la dimension 4"34 "nominal" ayant une longueur de 68" a été trouvé placé en travers entre le châssis et la benne, quasiment perpendiculairement à ceux-ci. Il n'était pas supposé avoir été déplacé mais notre expertise a démontré le contraire.



Photographie 3 : Position réelle du morceau de bois après l'accident

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

## 5.2 Discussion

L'expertise mécanique a permis de démontrer qu'il n'y avait aucun bris mécanique au système de levage ni de fuite hydraulique ou pneumatique. Ce type de bris ou fuite ne peut être intermittent. Les possibilités pour expliquer l'accident se limitent donc à deux possibilités et il n'est pas dans notre mandat de déterminer laquelle est survenue. La première implique la présence d'une deuxième personne pour actionner la manette de levage et ne demande pas plus d'explication. La seconde demande plusieurs actes et faits qui conjointement provoqueront l'accident. C'est cette deuxième possibilité que nous développerons.

Un bloc de bois a été trouvé entre le châssis et la benne. L'examen de ce bloc, du châssis et du dessous de la benne a démontré des marques montrant que le bloc de bois avait été positionné entre les deux de manière à bloquer la benne en position relevée. Une simulation lors de l'expertise a donné un angle de benne d'environ 25 degrés. L'angle des écrasements aux deux bouts du bloc de bois et les marques sur le véhicule correspondent. Il apparaît que la victime aurait levé la benne à cet angle environ, aurait remis le levier en position barrée, puis serait descendue pour coincer le bout de bois. Elle aurait alors embarqué à nouveau dans la cabine pour activer le levier en position descente pour bloquer plus solidement le bloc de bois. Malheureusement, elle aurait oublié de remettre le levier en position blocage, au centre. La benne chargée était alors uniquement retenue par le bloc en angle. La victime est allée travailler sous la benne et le bloc a glissé. La benne est alors descendue très rapidement puisqu'elle était chargée et la victime n'a pas eu le temps de s'écarter. Il est possible que le garde-boue à l'avant du tandem moteur ait retardé la victime pour se dégager.



Photographie 4 : Blocage du bois sous la benne

*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*

## 6. CONCLUSION

L'expertise mécanique portait sur le système de levage de la benne basculante. Le cylindre de levage et le circuit hydraulique ont été vérifiés. La commande pour activer le circuit est pneumatique et elle a elle-aussi été vérifiée. Aucun bris ou problème mécanique n'a été trouvé et le système fonctionnait parfaitement lors de l'expertise.

Il y a un système de sécurité sur le levier de commande pour éviter de déplacer accidentellement le levier en position de descente de la benne et ce système était fonctionnel. Ce véhicule n'était pas équipé de manette de type retour automatique à la position centrale de blocage lorsque la manette est relâchée parce qu'il est trop ancien.

L'accident nous apparaît avoir été causé par différents éléments très discutables dans la méthode de travail. En plus des autres facteurs humains, le blocage de la benne ne respectait pas les règles de l'art et celle-ci doit toujours être déchargée avant d'être relevée pour un travail sur le véhicule.

RAPPORT COMPLÉTÉ À ST-NICOLAS,  
LE TRENTE ET UNIÈME JOUR D'OCTOBRE DEUX MILLE DIX.



Jean Grandbois, ing.



*CSST- Expertise sur le système de levage d'une benne basculante montée sur un camion*



Photographie 5 : Marque en diagonale sous le renfort inférieur de la benne



Photographie 6 : Chargement de pierre concassée dans la benne

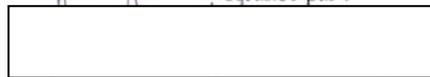
**ANNEXE D**

Séquence d'évènements, CSST

**Expertise concernant le mode de  
glissement d'une pièce de bois  
retenant une benne basculante**

Demandée par Mme Véronique Vézeau, ing., inspectrice, direction  
régionale Bas-Saint-Laurent, CSST

Réalisé par :



Jean-Pierre Jobin, ing.

# 41407

7 juillet 2011

1

**Sommaire :**

Une pièce de bois retient une benne basculante lors de son entretien. Soudainement après avoir débuté l'entretien, la pièce de bois quitte son appui et la benne basculante s'affaisse. L'expertise consiste à décrire le mode de glissement de la pièce de bois et d'évaluer sa capacité à retenir la charge.

**Descriptifs :**

L'expertise est faite à partir des données suivantes :

- 197 photos fournies par l'inspectrice responsable de l'enquête
- Données du rapport d'expertise préliminaire du système de levage hydraulique effectuée par Camtech consultant inc.
- Informations fournies par l'inspectrice responsable de l'enquête.

**Caractéristiques de l'emplacement, du camion-benne et son chargement :**

Il s'agit d'un camion 10 roues à benne basculante « si après nommée benne ». Ce camion-benne est sur une pente descendante d'arrière vers l'avant de 35 mm sur 1mètre de moyenne et sur une pente descendante conducteur vers passager d'environ 23 mm sur 1 mètre de moyenne (schéma 1).

Pente de la cour

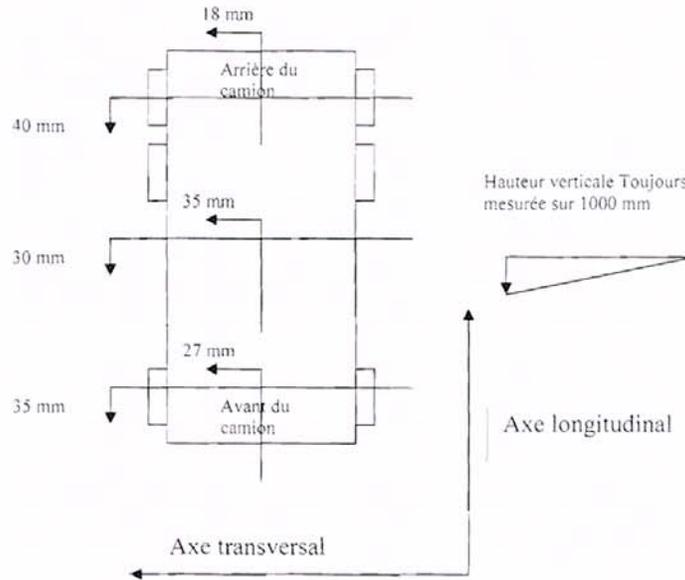


Schéma 1 source CSST ajout d'annotation des axes



Photo 1 source CSST

La benne mesure 4,83 m(mesurée) (16 pi nominal) de longueur par 2,44 m (8 pi) de largeur et 1,22 m (4 pi) de hauteur. La masse de la benne vide est estimée à 6 338 kg. La distance entre l'axe de rotation de la benne et l'attache du cylindre hydraulique est de 4,4 m (173 po). L'attache du cylindre hydraulique est située à l'avant de la benne. Pour retenir l'attache en place, deux poutres en « U » sont soudées transversalement sur un montage de plaque d'acier et angle. L'ensemble est boulonné aux deux poutres en « C » qui forment le châssis du camion. La surface horizontale des poutres en « C » est d'environ 8,89 cm(3,5 po) incluant un rayon de 1,27 cm (0,5 po). Ceci permet un appui de 7,62 cm (3 po) sur le châssis. Deux plaques unissent les poutres en U pour retenir la base du cylindre hydraulique. Le montage permet la rotation du vérin hydraulique dans le sens longitudinal du camion Voir photo 2



photo 2 sources CSST

La benne contient de la pierre concassée dont la masse est de 10 075 kg. Le centre de gravité de la pierre concassée est à 2,39 m du devant de la benne. La hauteur de centre de gravité ainsi que sa position transversale ne sont pas spécifiées. Cependant, certaines photos nous montrent que le

chargement n'est pas centré par rapport à l'axe transversal. La masse du chargement de pierre concassée est plus importante du côté passager par rapport à l'axe longitudinal.



Photo 3 source CSST



Photo 4 source CSST



photo 5 source CSST

L'expertise de Camtech a démontré que le système de levage de la benne fonctionne parfaitement. Le levier de commande du vérin hydraulique est à la position descente. À cette position, le vérin ne retient aucune charge, seule la pièce de bois soutient la benne en position relevée.

**Montage de la pièce de bois :**

La pièce de bois mesure 1,72 m de long et une section de 86 mm par 86 mm. Selon l'information obtenue par l'inspectrice responsable de l'enquête, l'essence de la pièce de bois est du pin rouge à 95% de certitude sinon du pin jaune. Cette pièce de bois est d'un seul morceau, elle n'a donc pas cédé sous la charge. Pour positionner la pièce de bois, l'opérateur incline la benne jusqu'à un certain angle (environ 25 degrés ou légèrement plus. Un niveau d'angle installé sur la benne sert à prendre la mesure) à l'aide du système de levage. Il insère et coince la pièce de bois sur sa longueur entre le châssis du camion et le dessous de la benne. Il actionne le levier de commande du vérin en position descente afin de bloquer solidement la pièce de bois en compression. Comme certaines photos fournies montrent que des points de graissage sont complétés, on peut affirmer que la pièce de bois est installée dans une position qui assure une stabilité temporaire puisqu'elle ne glisse pas dès le début de son chargement par compression. Avant d'entreprendre des calculs sur la capacité de la pièce de bois à retenir la benne et le mode de glissement, il faut trouver un ou des emplacements qui répondent aux critères suivant : la position de la pièce de bois après l'affaissement, les marques et déformations des extrémités et une stabilité géométrique.



photo 6 Source CSST niveau d'angle

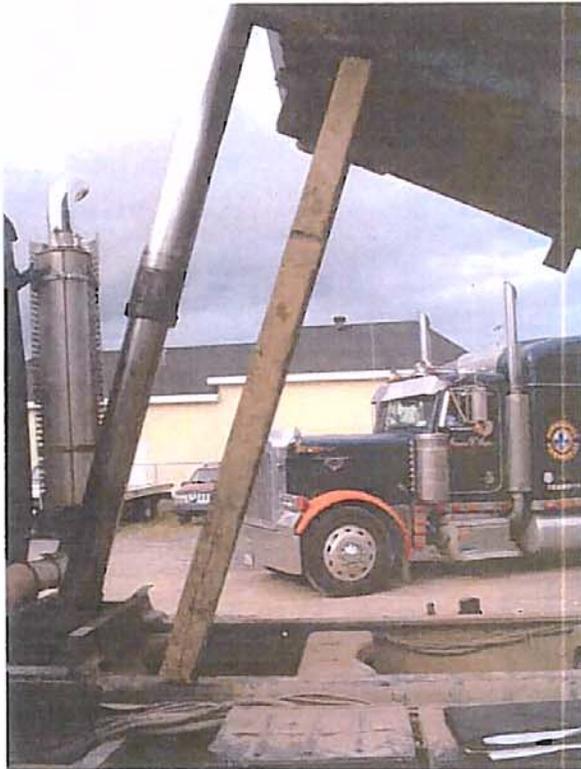


photo 7 source CSST simulation effectuée par les inspecteurs chargés de l'enquête et Camtech de l'installation de la pièce de bois



photo 8 source CSST point de graissage



photo 9 source CSST point de graissage



photo 10 point de graissage

**Position de la pièce de bois après l'affaissement de la benne :**

Une simulation de la position finale de la pièce de bois a été effectuée par les inspecteurs chargés de l'enquête et Camtech. Cette simulation a été possible par la présence des marques localisées sur la pièce de bois. Les marques correspondent au châssis du camion et la structure sous la benne. La pièce de bois se trouve comprimée entre le châssis du camion et le dessous de la benne. La masse de la benne et son contenu exerçant une compression par gravité sur la pièce de bois.



photo 11 source CSST

Cette position finale suggère que la pièce de bois ait glissé et tombé par gravité et que l'extrémité identifiée '1' est installée sur le châssis et l'autre extrémité sous la structure de la benne du côté conducteur. Deux hypothèses de glissement peuvent également expliquer la position finale de la pièce de bois, soit l'extrémité sur le châssis glisse vers l'extérieur du camion ou l'extrémité sous la benne glisse vers l'intérieur du camion.

**Les marques et déformations des extrémités et études de la stabilité géométrique:**

L'analyse des marques et déformations des extrémités permet d'apporter plus de précision sur l'emplacement de la pièce de bois. Pour ce faire, l'inspectrice responsable du dossier a pris soin d'identifier par une lettre A-B-C-D chaque face longitudinale de la pièce de bois.

**Appui côté châssis :**

Sur les photos montrant les faces châssis B et D qui sont opposées par rapport à leur identification, on voit des sections de fibres pliées de la même forme géométrique (courbe asymptotique). Comme les faces sont opposées, il faut tourner la pièce de bois pour prendre les photos. Les fibres pliées sont donc orientées dans le même sens. Ceci nous indique que cette extrémité a soit : pliée sous la charge, glissée, ou une combinaison des deux.

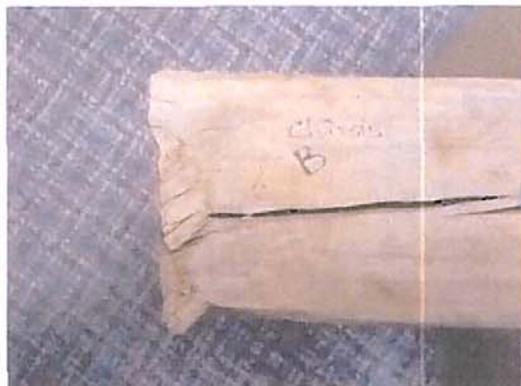


photo 12 source CSST



photo 13 source CSST

Il faut également que la pièce de bois repose sur toute sa superficie pour que les faces B et D soient déformés de façon presque identique. On pourrait envisager que la pièce de bois ait été insérée debout sur le châssis. Cependant, la photo suivante montre qu'une partie de la section près de la face D comporte un enfoncement de près de 7 mm et la partie centrale semble intacte.

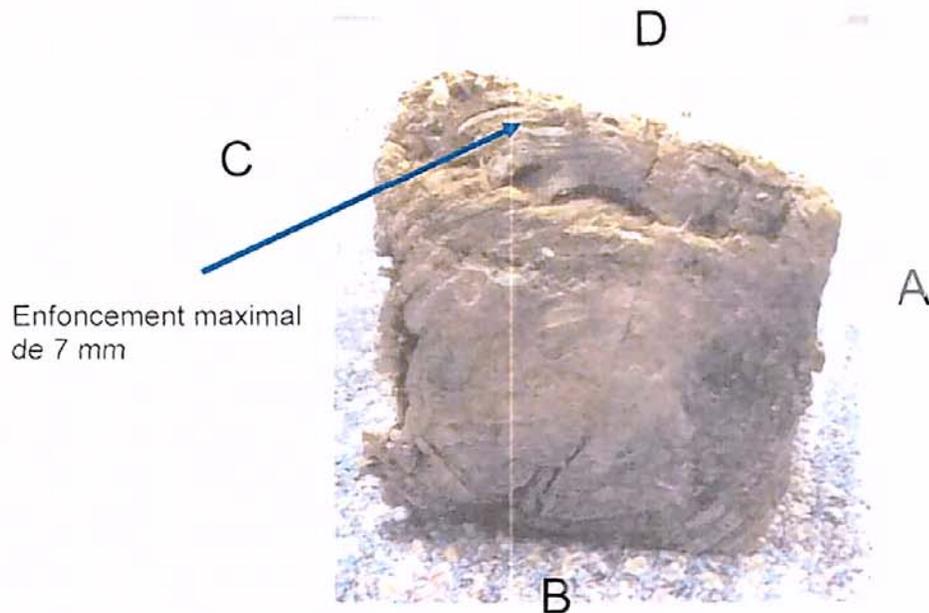


Photo 14 source CSST

Comme le châssis est uniforme en surface lorsque la pièce de bois est à la position debout, il est impossible d'obtenir ce genre de marque. De plus, il est difficile d'obtenir la stabilité géométrique de ce montage lorsque la benne comprime la pièce de bois. En effet, la pièce de bois aura tendance à glisser dès l'application de la masse de la benne par gravité. Un endroit peut correspondre à ce genre de marque, il s'agit de l'intersection du châssis et de la poutre en U soudée transversalement sur une plaque d'acier-angle et servant de structure à la base du vérin hydraulique. Cette position empêche la pièce de bois de glisser longitudinalement sur la structure du châssis. Pour expliquer le glissement et la reconstitution de la position finale de la pièce de bois, il faut que la face D soit orientée vers l'avant du camion.

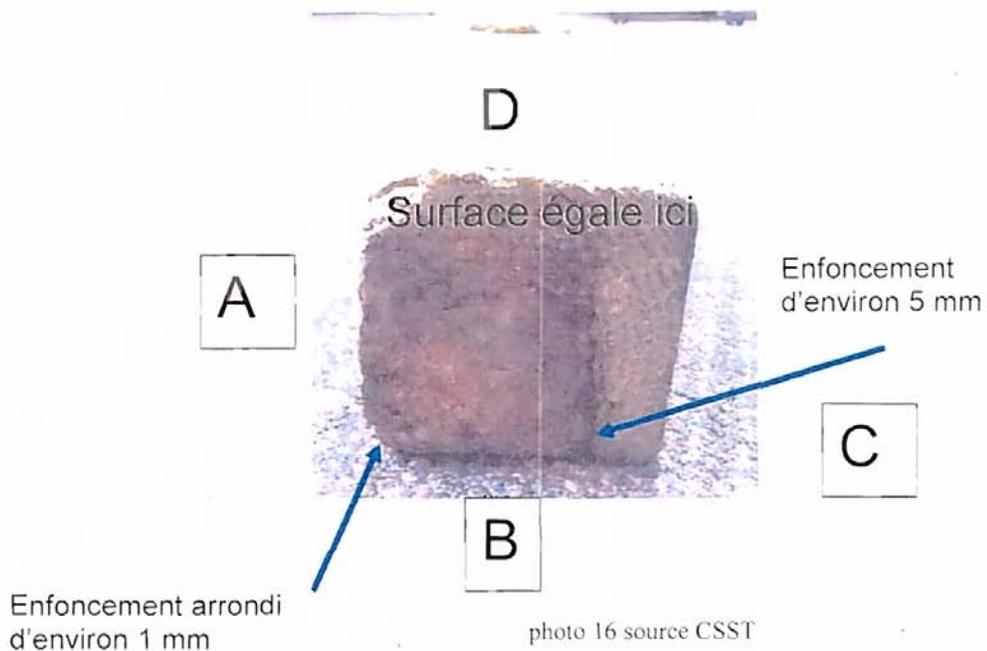


Emplacement  
de  
l'extrémité' 1'

Photo 15 source CSST annotées

**Appui côté benne :**

L'extrémité appuyée sous la structure de la benne comporte également une marque distinctive. À partir de la photo 16 on note que l'enfoncement est plus important près de la face A à droite que vers la gauche (5mm vs 1mm). Il faut donc une pression plus élevée dans la zone de l'écrasement du 5 mm.



Or, la pièce de bois est placée sous la structure de la benne du côté chauffeur et le centre de gravité de l'ensemble à retenir est du côté passager par rapport à l'axe longitudinal. Ceci provoquera une torsion dans la benne qui résultera d'un abaissement de la partie supérieure du côté passager. Cette torsion accentue la marque sur l'extrémité de la pièce de bois vers le côté passager. Il n'y a pas d'indice visible sur la photo de l'extrémité de la pièce de bois montrant une orientation de glissement.

Selon le rapport de Camtech, la plaque soudée sous la structure de la benne et servant de buter sur le châssis du camion, semble correspondre avec la marque de cette extrémité de la pièce de bois. En fonction de la marque et de la torsion de la benne, deux positions sont possibles pour expliquer cette déformation soit la face C vers l'avant ou soit la face D vers l'avant. Or l'extrémité de la pièce de bois reposant sur le châssis du camion ne permet qu'une seule position pour expliquer à la fois un glissement et la reconstitution de sa position finale, soit la face D vers l'avant. Dans cette position, la face C est côté passager ce qui est cohérent avec les observations du paragraphe précédent.

**Résumé des hypothèses de configuration**

	Stabilité géométrique	Reconstitution pièce de bois après affaissement	Marques et déformations aux extrémités de la pièce de bois	conclusion
Extrémité '1' de la pièce de bois sous la benne	Possible	Pour que l'extrémité '1' se retrouve du côté du chauffeur, la pièce de bois tombera à l'extérieur du châssis .	Il n'y a pas d'endroit sous la benne pour reproduire ces marques. De plus, le rapport de Camtech ne propose pas cette configuration	Non possible
Extrémité '1' de la pièce de bois perpendiculaire au châssis du camion. (Verticale)	Instabilité du montage, aucun délai de temps avant la chute de la pièce de bois	Pas d'événement	Ne concorde pas avec les marques à l'extrémité '1'	Non possible
Extrémité '1' appuyée sur la poutre en U face A vers l'avant	Possible	Non possible	La marque de l'extrémité sous la benne ne correspond pas au mode de chargement. Les marques de déformation à l'extrémité '1' ne permettent pas le glissement dans cette orientation	Non possible
Extrémité '1' appuyée sur la poutre en U face B vers l'avant	Possible	Non possible	La marque de l'extrémité sous la benne ne correspond pas au mode de chargement. Les marques de déformation à l'extrémité '1'	Non possible

			permettent le glissement vers l'intérieur du camion	
Extrémité 1 appuyée sur la poutre en U face C vers l'avant	Possible	Non possible	La marque de l'extrémité sous la benne est possible. Les marques de déformation à l'extrémité 1 ne permettent pas le glissement dans cette orientation	Non possible
Extrémité 1 appuyée sur la poutre en U face D vers l'avant	Possible	Possible	La marque de l'extrémité sous la benne est possible les marques sur l'extrémité 1 permettent le glissement vers l'extérieur du camion	<b>Possible</b>

**Estimation des forces et capacité à retenir la charge :**

En positionnant une extrémité de la pièce de bois à la base de la poutre en « U » et l'autre extrémité sous la plaque soudée sur la benne, l'angle calculé correspond à environ 25 degrés (23.4). L'angle que fait l'extrémité de la pièce de bois avec la benne correspond à 89,6 degrés. Comme on retrouve presque un angle droit, le montage est géométriquement très stable. À cet angle, le vérin développe une force d'environ 55,8 kN. À partir du moment que le vérin n'assume plus aucune force, la pièce de bois devient chargée en compression et retient à elle seule la benne. Comme la pièce de bois est située à une distance moindre de l'axe de rotation de la benne par rapport au vérin, elle aura à assumer une force en compression supérieure. Cette force est de l'ordre de 62,3 kN. Le bois possède des caractéristiques mécaniques différentes selon le sens dans lequel les forces sont appliquées. De plus, les caractéristiques varient selon les imperfections de la pièce de bois (nœuds, moisissures, etc.) et le pourcentage d'humidité dans le bois. En analysant les propriétés physico-mécaniques des essences de bois, je constate que la résistance mécanique augmente de l'état vert à un taux de 12% d'humidité. Comme la pièce de bois ne me semble pas à l'état vert selon les photos fournies, la résistance mécanique de la pièce de bois est évaluée selon les données à 12% d'humidité. Dans le cas présent, la pièce de bois est chargée en compression, dans le sens parallèle aux fibres. Compte tenu de la section de la pièce de bois et de l'essence, elle pourrait supporter environ 173,9 kN (résistance non pondérée). Normalement la pièce de bois devrait être en mesure de supporter la charge de la benne sans rupture. Cependant, ceci suppose que toute la charge est uniformément répartie sur la section de la pièce de bois. Or, une faible partie de l'aire de l'extrémité de la pièce de bois repose sur le châssis du camion, ceci a pour effet d'augmenter localement la contrainte dans les fibres (voir photo 17 )



Photo 17 source CSST

Sur la partie exposée de l'extrémité de la pièce de bois, on note qu'une faible superficie est appuyée sur le châssis. Elle est représentée par la couleur brun pâle. La partie brun foncée ne présente pas d'usure par frottement ou glissement et l'on peut penser que cette couleur est due à de la moisissure de surface ou peut être la présence d'huile.

Comme identifiée à la photo 14, une partie de cette surface de contact s'enfonce d'environ 7mm. On peut donc assumer qu'au moment de l'appui de la benne par gravité, cette surface prend la majorité de la charge. La contrainte dans les fibres sera de l'ordre de 51,9 MPa. Or les essences identifiées sont du pin rouge ou à défaut du pin jaune. Les limites de contraintes maximales en compression et fibres parallèles sont de 37,9 MPa et 49,2 MPa respectivement à 12 % d'humidité. Pour ces deux types d'essences de bois, les fibres ne peuvent supporter la charge, il y a rupture des fibres localement. Normalement, on devrait s'attendre que les fibres cèdent dans tous les sens, cependant les photos 12 et 13 montrent que les fibres sont tout orientées dans le même sens. Ceci est dû à la configuration du montage, l'application des forces sur la pièce de bois et la pente du terrain transversalement.

**Mode de glissement et déplacement :**

En positionnant la pièce de bois par rapport aux marques, je constate une légère inclinaison par rapport à l'axe transversal. Ceci aura pour effet d'induire une force transversale sur l'extrémité '1' dirigée vers l'extérieur du châssis. Le camion-benne est dans une pente descendante dans l'axe transversal du côté conducteur vers le côté passager qui augmentera la force transversale sur l'extrémité '1' dirigée vers l'extérieur du châssis. À l'extrémité de la pièce de bois sous la benne l'enfoncement du côté du 5 mm permet de déduire que la benne ne transmet pas sa charge selon l'axe neutre de la pièce de bois. Ceci aura pour effet de créer une force transversale sur l'extrémité '1' dirigée vers l'extérieur du châssis. Enfin, même si la pièce de bois sous la benne est simplement appuyée, ceci ne constitue pas une rotule parfaite. Compte tenue de la position du centre de gravité de la benne et de la pierre concassée, il y a un couple de torsion induit à la pièce de bois par la benne. Ceci est visible sur la photo 4 où on voit l'effet de torsion sur la benne. Bien que la majeure partie de cette torsion est reprise par la benne, une composante de torsion est assumée par l'extrémité de la pièce de bois sous la benne. Cette partie est difficile à évaluer compte tenu qu'il faudrait faire l'analyse de la résistance de la benne avec l'angle produit par la déformation de l'extrémité de la pièce de bois sous la benne. À défaut de cette analyse, l'estimation de la torsion transmise est estimée à partir de l'angle produit par la déformation de la pièce de bois à l'extrémité sous la benne. Cette torsion crée une force transversale à l'extrémité '1' dirigée vers l'extérieur du châssis.

L'ensemble de ces éléments crée des forces qui lorsqu'elles sont décomposées selon les axes ont toutes une composante appliquée transversalement poussant l'extrémité '1' vers l'extérieur du châssis. Seule la résistance au frottement entre le châssis et la pièce de bois retient l'ensemble en place. Selon la littérature consultée, le coefficient de frottement statique variera de 0,2 à 0,3 entre du bois et de l'acier peinturé. Avec un film d'huile entre les pièces, le coefficient de frottement statique est de 0,1. À partir des photos fournies, rien n'indique ou ne certifie la présence d'huile, cependant le châssis n'est pas exempt de saleté. En effet, plusieurs photos montrent une accumulation de poussière sur le châssis. Ceci aura pour effet d'abaisser le coefficient de frottement statique, mais pas au point d'atteindre la combinaison avec un film d'huile. Deux

autres raisons militent pour prendre une valeur moyenne du coefficient statique près de 0,2, les imperfections du cordon de soudure entre la plaque d'acier et la poutre en « U » où la pièce de bois s'appuie est loin d'être une surface lisse et le travailleur a eu le temps de procéder au graissage de certains points avant la chute de la pièce de bois. En reprenant le montage initial et les forces impliquées j'obtiens pour un coefficient statique de 0,2 une résistance au glissement de 11 400 N, tandis que la composante transversale est de l'ordre 7 500 N. Il faut donc que les fibres cèdent avant qu'il y ait glissement. Ce faisant, comme toutes les fibres sont orientées dans le même sens, l'extrémité '1' se déplacera vers l'extérieur du châssis par rupture des fibres et non par glissement. Au fur et à mesure que l'extrémité '1' quitte le châssis, il n'y a plus de rupture de fibre dans cette région. Ceci est visible sur les photos 12 et 13 où l'on voit le début de rupture des fibres suivre une courbe asymptotique.



photo 13 source CSST annoté courbe asymptotique de la zone de rupture des fibres

On atteint la limite de résistance au glissement lorsque l'extrémité '1' de la pièce de bois quitte environ la moitié de sa surface théorique d'appui du châssis.

#### Forces transversales

Position de l'extrémité '1'	Résultante de la torsion de la benne (N)	Application de la charge sous la benne à 2,3 cm de l'axe neutre (N)	Force due à l'angle correspondant de la pièce de bois avec la verticale (N)	Total des forces transversales appliquées à l'extrémité '1' (N)
Position initiale	2052	1557	3857	7466
Déplacement de l'extrémité '1' de 2 cm	2052	2282	5288	9622
Déplacement de l'extrémité '1' de 4 cm	2052	3006	6729	11787

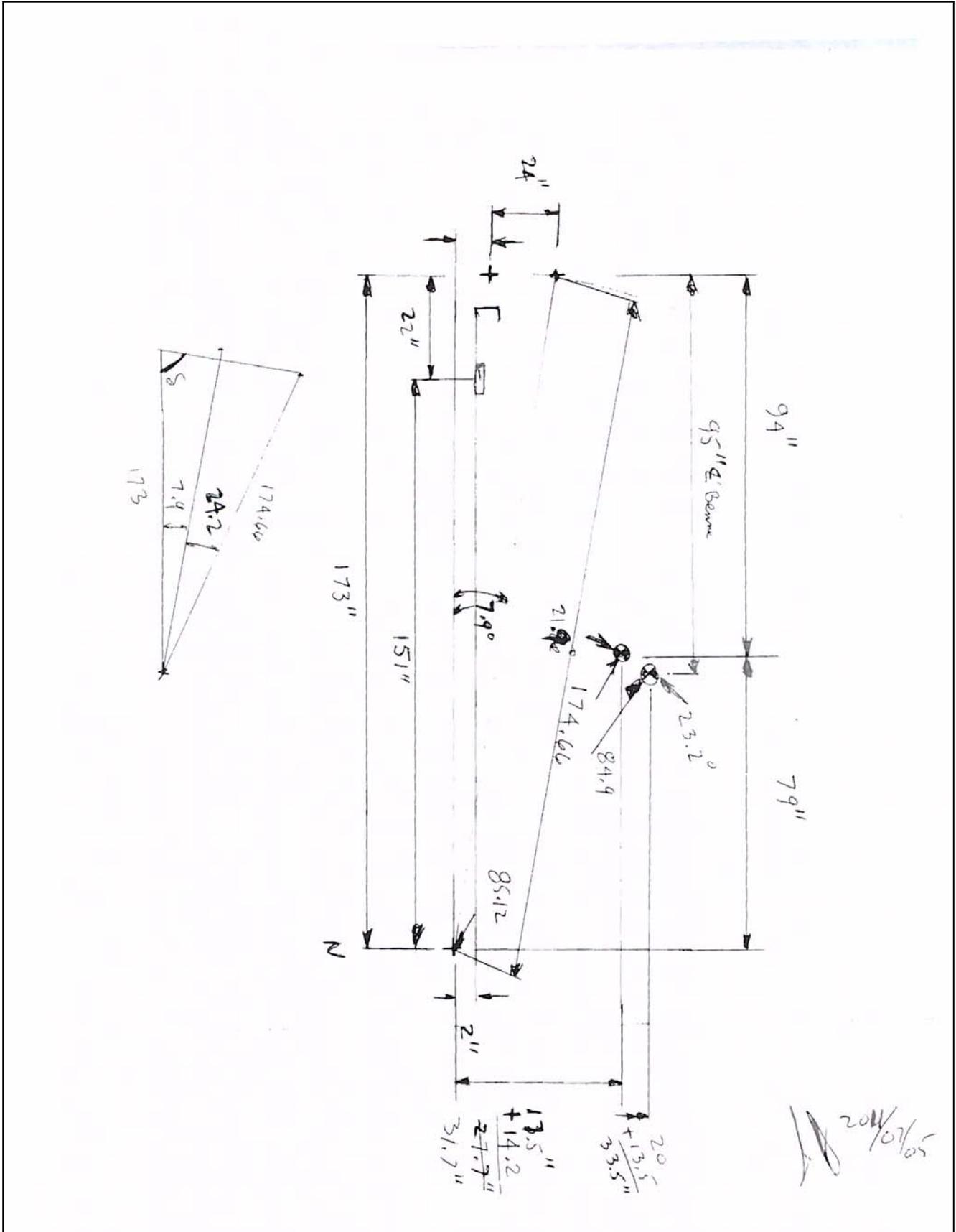
**Conclusion :**

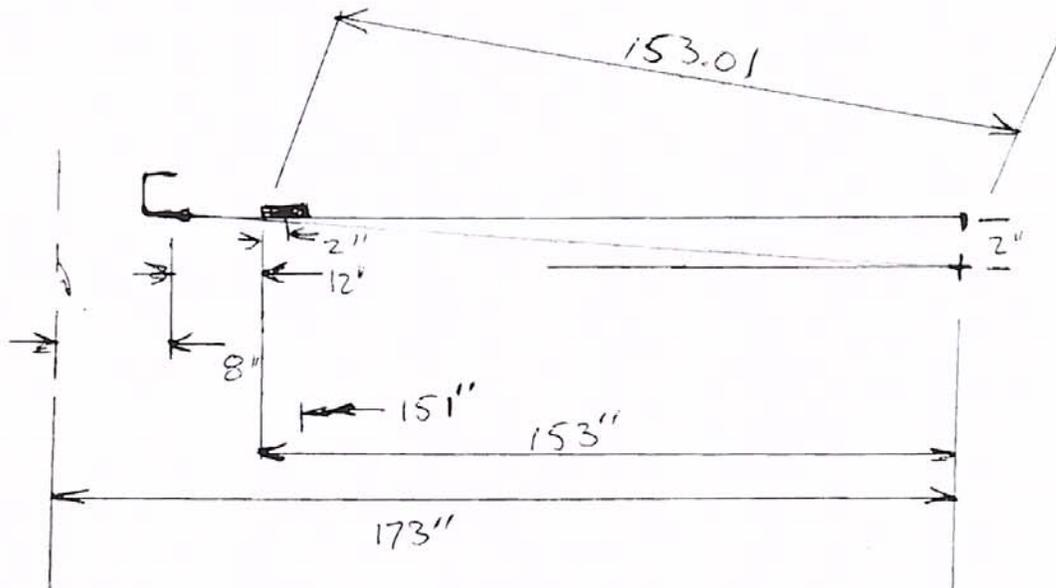
La pièce de bois a une résistance suffisante pour retenir la benne et son contenu en position élevée. Cependant comme les forces appliquées aux extrémités ne reposent pas uniformément sur toute la surface, il y a surcharge localisée qui dépasse la capacité des fibres de bois. À l'extrémité appuyée sous la benne, ceci résultera par une marque de déformation plus importante vers le côté passager (5mm vs 1mm) sans autre glissement ou déplacement. Les forces appliquées à l'extrémité appuyée sur le châssis « l'extrémité 1 ' » causent une rupture des fibres tout orientées vers l'extérieur du châssis. En estimant un coefficient de glissement près de 0,2 , la rupture des fibres déplace l'extrémité 1 ' vers l'extérieur sans glissement. Après un certain temps, lorsque l'extrémité 1 ' quitte environ la moitié de sa surface d'appui sur le châssis, la force transversale devient supérieure à la résistance au glissement causant ainsi la chute abrupte de la pièce de bois par gravité.

**Bibliographie**

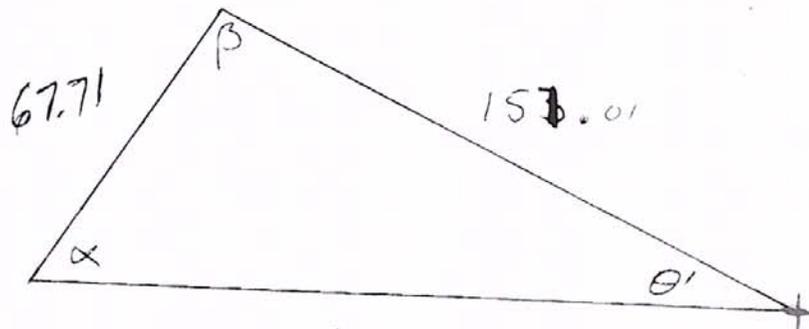
Manuel de calcul des charpentes en bois, 2007 centre de documentation CSST MO 015669

Friction in temporary works , University of Birmingham for the health and safety executive 2003, research report 071





$$\theta = \arctan \frac{2}{153} = .76^\circ$$



$$\theta' = \arccos \left( \frac{165.01^2 + 153.01^2 - 67.71^2}{2 * 165.01 * 153.01} \right) = 24.2^\circ$$

l'angle réel de la beam  $24.2 - .76 = 23.44^\circ$

2011/07/05

Longueur Mesurée benne de camion 4,33m (16 pieds américains)

Position de la pièce de bois selon analyse de déformations

Longueur 1,72m. (67.72 po)  
pièce de bois

L'axe de rotation 4,4m (173 po)

estimer à partir de photos l'axe à 5cm sous l'axe longitudinal de la benne (2 po)  
Ref. l'axe longitudinal étant la surface supérieure de la structure du camion  
point de pivot inférieur du Verin hydraulique

10cm au dessus de l'axe longitudinal (4 po)

point de pivot supérieur 61cm au dessus de l'axe longitudinal (24 po)

angle que fait la benne avec la pièce de bois installée.

$$24.2 - 0.76 = 23.44^{\circ}$$

2011/07/0  
bll

angle de la pièce de Bois et la benne

$89.59^{\circ}$ , nous sommes très fiers d'un angle droit

Donc nous sommes assurés de la stabilité géométrique

angle de la benne par rapport à l'axe Pivot  
24,2°

Force déployée par le Verin à l'embouso avec la pièce de bois installée.

$$\Sigma M_N = 0$$

$$10075 \text{ kg} \times 9.81 = 98836 \text{ N} \quad \text{pièce boisée}$$

$$6338 \text{ kg} \times 9.81 = 62176 \text{ N} \quad \text{Benne.}$$

$$62176 \times 84.9 \times \cos(23.2 + 24.2) + 98836 \times 85.12 \times \cos(21.9 + 24.2) \\ = 9406588 \text{ N}\cdot\text{po}$$

FORCE DU VERIN

$$9406588 / 174.66 = 53856.6 \text{ N}$$

$$C^2 = (174.66)^2 + (173)^2 - 2 \times 174.66 \times 173 \cos 32.1 \\ C = 96.13 \text{ po.}$$

$$\delta = \arccos \frac{(173)^2 + (96.13)^2 - (174.66)^2}{2 \times 173 \times 96.13} = 74.9^\circ$$

2011/07/

Force Réel du Verin  $\frac{53856.6}{\sin 74.9} = 55782.6 \text{ N} \Rightarrow 12540 \text{ kg}$   
 $\approx 12500 \text{ kg.}$

Extremite sur le chassis

$$6'' = .086 m$$

$$4.75 = .068 m$$

$$5'' = .086$$

$$3.75 = .065 m \quad \times 2.5 cm \quad .025 m$$

$$+ \begin{array}{r} 4.5 \times 6.8 / 2 \\ 6.5 \times 2.5 \end{array} \quad \begin{array}{r} .0015 \\ .0016 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1.53 \times 10^{-5} \\ 1.625 \times 10^{-5} \end{array}$$

Surface de contact  $.0032 \quad 3.155 \times 10^{-5}$

$$62295 / \begin{array}{r} 3.155 \times 10^{-5} \\ .0032 \end{array} = \begin{array}{r} 1974 \\ 19.7 \end{array} \text{ MPA}$$

à la prise de contact entre la piece de Bois et le chassis on obtient une contrainte en compression de l'ordre de 19.7 MPA

Tout juste inferieur à la limite proportionnel de 23.5 MPA  
l'ecart Type = 23%

au fur et a mesure que les fibres plies se contractent en compression augmente pour dépasser la limite proportionnel puisqu'il y a moins de Surface en contact. // 2011/07/05

à la position de la pièce de bois le veni exerce une force d'environ 12500 lbs.

Comme la pièce de bois est à l'intérieur elle exerce une force plus élevée.

$$55 - 9406588 / 151 = 62295 N$$

$$62295 N \Rightarrow 14004 \text{ lbs} \approx \underline{14000 \text{ lbs}}$$

$$\text{Section } 0,086 \text{ m} \times 0,086 \text{ m} = 0,0074 \text{ m}^2$$

Contrainte en compression dans la pièce de bois

$$62295 / 0,0074 = 8,4 \text{ MPA}$$

référé à Sur Type de Bois

Pin Rouge à 95% certitude

Pin Douce à 5%

Contrainte en compression  
sans du Fil perpendiculaire  
37,4 MPa. 23,5

**49,2 MPA.**

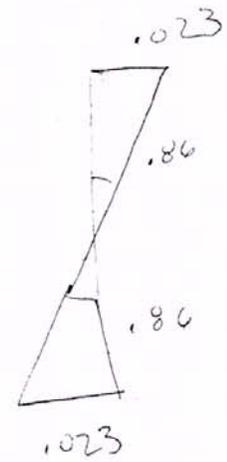
Donc, pour les deux cas Normalement la pièce de bois résiste à au moins 173900 N ou 39000 lbs.

*[Signature]* 2011/07/05



F. glissement  
 $62295 \times .2 =$   
 12459 N.

angle  $66.9^\circ \Rightarrow 92\%$   
 $12459 \times .92 = 11462 \text{ N}$



$\sin \frac{0.023}{0.86} = 1.55^\circ$

$\sin \frac{0.043}{0.86} = 2.87^\circ$

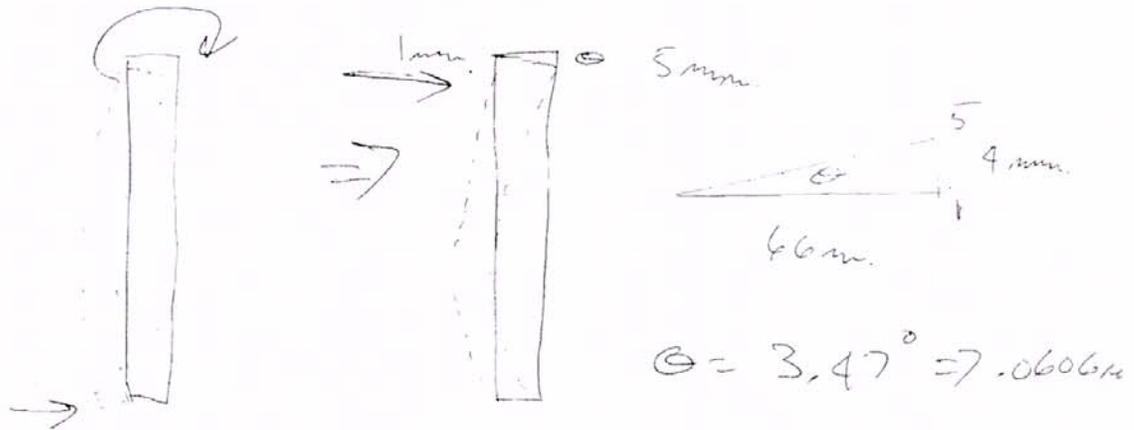
$\sin \frac{0.063}{0.86} = 4.2$   
 + environ 2° partie du terrain

⊖ Départ 1.55

+2cm	2.87	$62295 \times \sin 1.55 + 2 = 3857 \text{ N}$
+4cm	4.2	$62295 \times \sin 2.87 + 2 = 5288 \text{ N}$
		$62295 \times \sin 4.2 + 2 = 6729 \text{ N}$

1/1 2011/07/05

Estimation moment genere par la torsion  
de la barre sur le pied de Bois



$$\theta = 3,47^\circ \Rightarrow 0,0606 \text{ rad}$$

$$M_0 = \frac{EI \theta_m}{nc}$$

$$E = 9,38 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{(68 \times 10^{-3})^4}{12}$$

$$M_0 = \frac{9,38 \times 10^9 \times 5,35 \times 10^{-6} \times 0,0606}{1,72 \text{ m}} = 1765 \text{ Nm}$$

$$F = \frac{2EI}{(nc)^2} \theta F = 2052 \text{ N}$$

2011/07/05



62295 \* .043  
.063  
.083  
+2cm  
+4cm / 1.72m

	M <sub>o</sub> Bonne	Force appliquée à l'antenne	angle Pneu de Bois
initial	2052 N	1557 N	3857
+2cm	2052 N	2282 N	5288
+4cm	2052 N	3006 N	6729

	Total
initial	7446 N
+2cm	9622 N
+4cm	11787 N

glissant  
≈ 11400 N

LA 2011/07/05

MANUEL DE FORESTIERIE

Tableau 1  
Propriétés physico-mécaniques des principaux bois du Québec : Conifères:

Espèce	Densité		Retrait total				Flexion longitudinale				Compression longitudinale				Compression transversale				Durcis Janka				
	anhydre	à 12 % H	D <sub>12</sub>	D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	E	E <sub>10</sub>	E <sub>20</sub>	E <sub>30</sub>	E <sub>40</sub>	E <sub>50</sub>	E <sub>60</sub>	E <sub>70</sub>	E <sub>80</sub>	E <sub>90</sub>	E <sub>100</sub>	K <sub>N</sub>	K <sub>S</sub>	
<i>Pinus strobus</i>	0,310	0,457	0,450	4,8	11,9	7,4	3,2	11,3	13,5	53,4	86,6	13,6	34,1	50,1	6,01	9,53	3,05	2,09	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
<i>Pinus resinosa</i>	0,303	0,322	0,334	6,9	3,2	11,3	10,4	44,6	10,4	44,6	78,3	12,3	30,3	43,5	4,25	6,65	3,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43
<i>Pinus banksiana</i>	0,425	0,401	0,380	7,5	3,0	11,1	11,0	46,5	11,0	46,5	71,5	12,5	25,4	38,5	3,77	5,2	3,70	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
<i>Thuja occidentalis</i>	0,344	0,508	0,405	6,2	2,0	11,2	9,38	54,6	9,38	54,6	76,6	10,5	27,8	44,8	6,15	9,0	3,47	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
<i>Abies balsamea</i>	0,384	0,369	0,394	6,3	2,5	8,2	8,36	41,5	8,36	41,5	65,0	9,72	25,3	36,2	3,39	6,1	2,63	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
<i>Pinus contorta</i>	0,454	0,444	0,421	5,9	4,0	9,6	20	17	20	17	16	22	24	37	29	13	20	21	20	21	20	21	20
<i>Pinus canadensis</i>	0,410	0,401	0,382	6,3	3,7	9,6	16	30	16	30	14	23	39	48	11	20	3,54	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
<i>Pinus strobus</i>	0,447	0,427	0,404	6,7	3,5	11,2	18	34	18	34	12	23	22	34	27	15	38	2,06	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
<i>Pinus strobus</i>	0,367	0,350	0,335	7,5	2,7	10,7	9,65	30,5	9,65	30,5	56,3	9,72	22,9	34,3	3,14	6,25	2,08	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
<i>Thuja occidentalis</i>	0,308	0,302	0,299	3,0	1,7	6,4	4,38	24,9	4,38	24,9	42,3	4,82	15,7	24,6	2,60	6,53	2,63	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36

Exemple: 135,0 moyenne à 12 % H,  
18 écart type relatif (%),  
(110,9) moyenne à l'état vert.

Table 4-3a. Strength properties of some commercially important woods grown in the United States (metric)<sup>a</sup>—con.

Common species names	Moisture content	Specific gravity <sup>b</sup>	Static bending			Impact bending (mm)	Compression parallel to grain (kPa)	Compression perpendicular to grain (kPa)	Shear parallel to grain (kPa)	Tension perpendicular to grain (kPa)	Side hardness (N)
			Modulus of rupture (kPa)	Modulus of elasticity <sup>c</sup> (MPa)	Work to maximum load (kJ/m <sup>3</sup> )						
Cedar—con.											
Port-Orford	Green	0.39	45,000	9,000	51	530	21,600	2,100	5,800	1,200	1,700
	12%	0.43	88,000	11,700	63	710	43,100	5,000	9,400	2,800	2,800
Western redcedar	Green	0.31	35,900	6,500	34	430	19,100	1,700	5,300	1,600	1,200
	12%	0.32	51,700	7,700	40	430	31,400	3,200	6,800	1,500	1,600
Yellow	Green	0.42	44,000	7,900	63	690	21,000	2,400	5,800	2,300	2,000
	12%	0.44	77,000	9,800	72	740	43,500	4,300	7,800	2,500	2,600
Douglas-fir <sup>d</sup>											
Coast	Green	0.45	53,000	10,800	52	660	26,100	2,600	6,200	2,100	2,200
	12%	0.48	85,000	13,400	68	790	49,900	5,500	7,800	2,300	3,200
Interior West	Green	0.46	53,000	10,400	50	660	26,700	2,900	6,500	2,000	2,300
	12%	0.50	87,000	12,600	73	810	51,200	5,200	8,900	2,400	2,900
Interior North	Green	0.45	51,000	9,700	56	560	23,900	2,500	6,600	2,300	1,900
	12%	0.48	90,000	12,300	72	660	47,600	5,300	9,700	2,700	2,700
Interior South	Green	0.43	47,000	8,000	55	380	21,400	2,300	6,600	1,700	1,600
	12%	0.46	82,000	10,300	62	510	43,000	5,100	10,400	2,300	2,300
Fir											
Balsam	Green	0.33	38,000	8,600	32	410	18,100	1,300	4,600	1,200	1,300
	12%	0.35	63,000	10,000	35	510	36,400	2,800	6,500	1,200	1,800
California red	Green	0.36	40,000	8,100	44	530	19,000	2,300	5,300	2,600	1,600
	12%	0.38	72,400	10,300	61	610	37,600	4,200	7,200	2,700	2,200
Grand	Green	0.35	40,000	8,600	39	560	20,300	1,900	5,100	1,700	1,600
	12%	0.37	61,400	10,800	52	710	36,500	3,400	6,200	1,700	2,200
Noble	Green	0.37	43,000	9,500	41	480	20,800	1,900	5,500	1,600	1,300
	12%	0.39	74,000	11,900	61	580	42,100	3,600	7,200	1,500	1,800
Pacific silver	Green	0.40	44,000	9,800	41	530	21,600	1,500	5,200	1,700	1,400
	12%	0.43	75,800	12,100	64	610	44,200	3,100	8,400	—	1,900
Subalpine	Green	0.31	34,000	7,200	—	—	15,900	1,300	4,800	—	1,200
	12%	0.32	59,000	8,900	—	—	33,500	2,700	7,400	—	1,600
White	Green	0.37	41,000	8,000	39	560	20,000	1,900	5,200	2,100	1,500
	12%	0.39	68,000	10,300	50	510	40,000	3,700	7,600	2,100	2,100
Hemlock											
Eastern	Green	0.38	44,000	7,400	46	530	21,200	2,500	5,900	1,600	1,800
	12%	0.40	61,000	8,300	47	530	37,300	4,500	7,300	—	2,200
Mountain	Green	0.42	43,000	7,200	76	810	19,900	2,600	6,400	2,300	2,100
	12%	0.45	79,000	9,200	72	810	44,400	5,900	10,600	—	3,000
Western	Green	0.42	46,000	9,000	48	560	23,200	1,900	5,900	2,000	1,800
	12%	0.45	78,000	11,300	57	580	49,000	3,800	8,600	2,300	2,400
Larch, western	Green	0.48	53,000	10,100	71	740	25,900	2,800	6,000	2,300	2,300
	12%	0.52	90,000	12,900	87	890	52,500	6,400	9,400	3,000	3,700
Pine											
Eastern white	Green	0.34	34,000	6,800	36	430	16,800	1,500	4,700	1,700	1,300
	12%	0.35	59,000	8,500	47	460	33,100	3,000	6,200	2,100	1,700
Jack	Green	0.40	41,000	7,400	50	660	20,300	2,100	5,200	2,500	1,800
	12%	0.43	68,000	9,300	57	690	39,000	4,000	8,100	2,900	2,500
Loblolly	Green	0.47	50,000	9,700	57	760	24,200	2,700	5,900	1,800	2,000
	12%	0.51	88,000	12,300	72	760	49,200	5,400	9,600	3,200	3,100
Lodgepole	Green	0.38	38,000	7,400	39	510	18,000	1,700	4,700	1,500	1,500
	12%	0.41	65,000	9,200	47	510	37,000	4,200	6,100	2,000	2,100
Longleaf	Green	0.54	59,000	11,000	61	890	29,800	3,300	7,200	2,300	2,600
	12%	0.59	100,000	13,700	81	860	58,400	6,600	10,400	3,200	3,900
Pitch	Green	0.47	47,000	8,300	63	—	20,300	2,500	5,900	—	—
	12%	0.52	74,000	9,900	63	—	41,000	5,600	9,400	—	—

**Section 3  
Dimensions**

**COMPONENTS**

This section includes detail drawings and charts showing particular vehicle components with dimensions in inches and (millimeters). They illustrate important measurements critical to designing bodies of all types. See the "Table of Contents" at the beginning of the manual to locate the drawing that you need.

**Frame Rail Configurations - T170/270/370**

**Note:** Bottom of frame rail is a reference point that you can use to determine estimated heights of components and ground clearances.

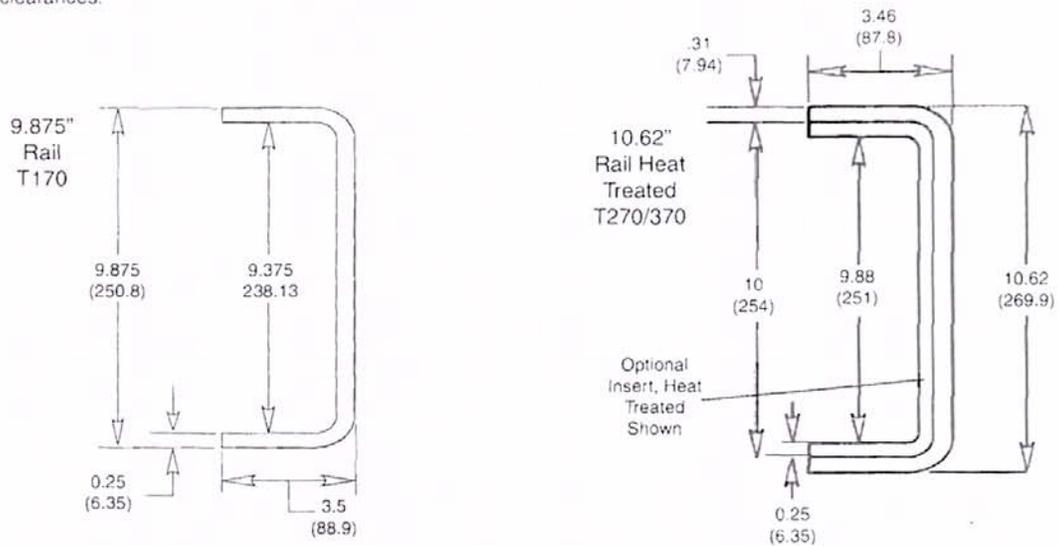


FIGURE 3-4.1. Frame Rail Dimensions and Properties [inches (mm)]

TABLE 3-6.1. Frame Rail Properties

Frame Rail	9.875" Heat Treated	10.62" Heat Treated	10.62" Rail with Insert, Both Heat Treated
Model	T170	T270/370	T270/370
Yield Strength, PSI	120,000	120,000	120,000
Section Modulus, Cubic Inches	9.88	14.8	24.37
RBM, lbs-Inch	1,254,767	1,776,000	2,925,000
Weight per inch per pair, lbs	2.1	2.9	4.9

**ANNEXE E**

## Références bibliographiques

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Maitrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes*, Mississauga, ACNOR, 2005. (Z460-05)

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. *Hazards of Unintended Movement of Dump Truck Body Beds*, [Washington, D.C.], OSHA, 2006, 5 p.

TARTRE, A et al. *Les systèmes hydrauliques des bennes basculantes, Fonctionnement et entretien préventif*, Montréal, ASTE, 1998, 26 p.