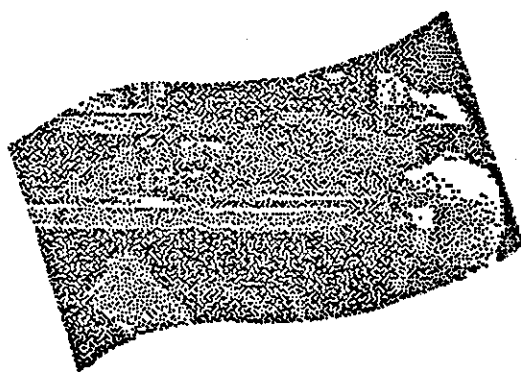


**Identification des risques
associés à la manutention
des dalles de bétonnière**



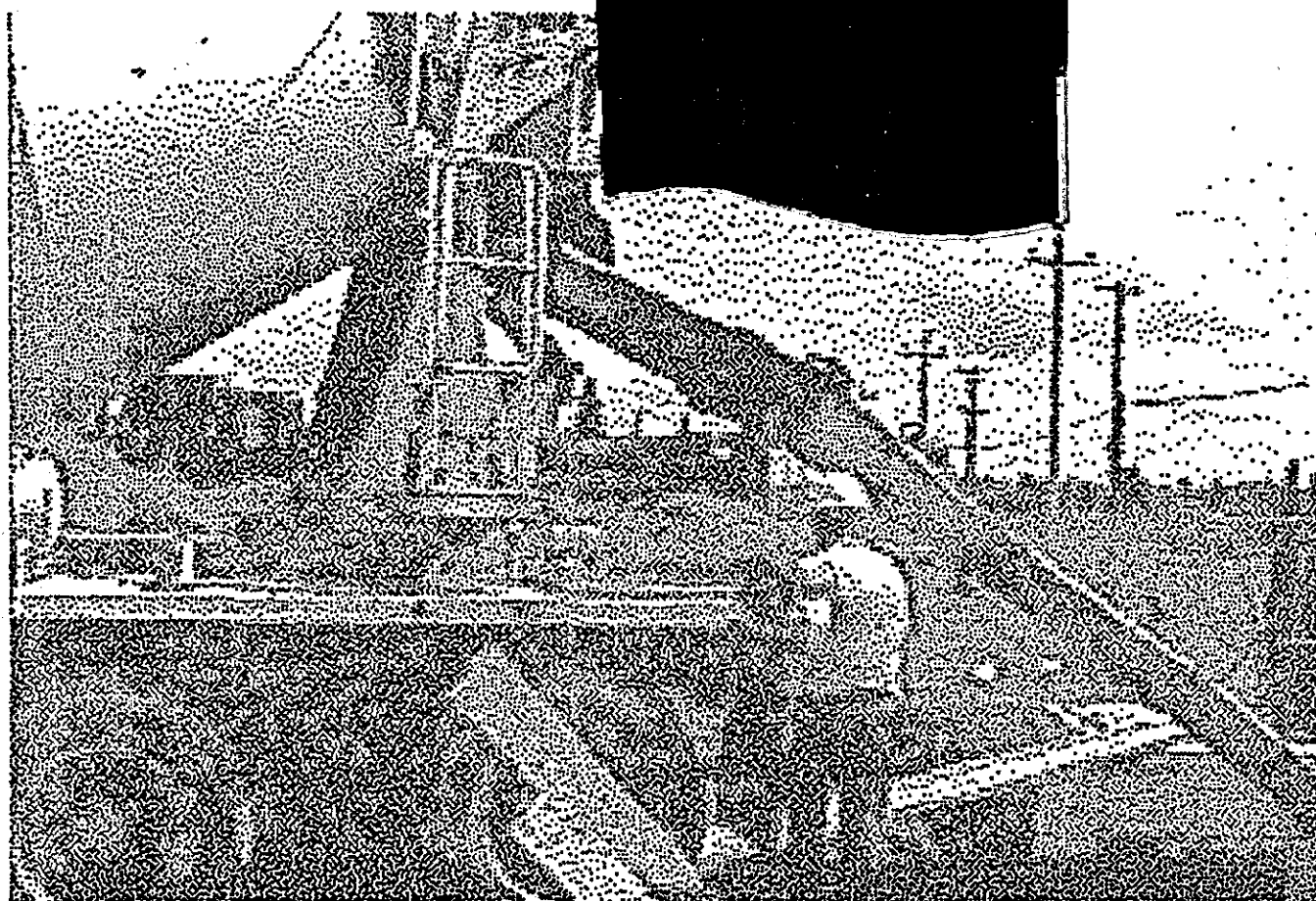
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Jean-Guy Richard

Juin 1994

R-086

RAPPORT



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

La recherche, pour mieux comprendre

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

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

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

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

ATTENTION

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

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

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

Identification des risques associés à la manutention des dalles de bétonnière

Jean-Guy Richard
Programme sécurité-ergonomie, IRSST

ÉTUDES ET
RECHERCHES

RAPPORT

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

- le Groupe Béton Québec qui, suite à sa demande à l'IRSST, a collaboré étroitement à la réalisation de ce projet, notamment, en donnant accès à ses installations et équipements ainsi qu'à son personnel;
- l'Assistant-directeur du personnel et des relations industrielles ainsi que le Surintendant des opérations;
- le syndicat du Groupe Béton Québec et plus particulièrement son président;
- l'ensemble des travailleurs qui ont collaboré de près ou de loin à la réussite de cette étude.
- les organismes suivants qui ont donné leur appui au projet :
 - Association des entrepreneurs en construction du Québec;
 - Association de la construction du Québec;
 - Association Béton Québec;
 - Direction du support conseil et de l'expertise de la CSST.

AVANT-PROPOS

Le présent document présente le volet ergonomique de ce projet. Il vise à décrire la problématique, la démarche méthodologique de recherche et les résultats des analyses de l'activité de travail associée à la manutention des dalles. Ces résultats, qui furent validés avec les représentants des utilisateurs, ont permis d'identifier les principaux facteurs de risque et conduit à l'identification de certaines pistes de solutions.

En parallèle avec cette étude ergonomique, monsieur Paul Michaud du CRIQ a documenté les aspects techniques à travers une recherche de brevets et d'informations sur les bétonnières présentement utilisées à travers le monde, une analyse des principales contraintes techniques et économiques ainsi que des calculs théoriques à partir des dalles actuelles afin de déterminer les possibilités de réduction de poids. Les résultats de ces analyses sont présentés dans un rapport intitulé "Étude de faisabilité en vue de diminuer les facteurs de risque associés à la manutention des dalles de bétonnières", Rapport technique n° RDQ-93-642, septembre 93 (130 pages).

L'intégration des volets ergonomique et technique a permis l'élaboration de certaines solutions dont quelques-unes ont fait l'objet d'une étude de faisabilité. La description de ces solutions et les données techniques qui s'y rapportent sont présentées dans le rapport du CRIQ. La section 6 du présent document pose un pronostic ergonomique sommaire sur ces solutions et présente un certain nombre d'autres possibilités susceptibles de réduire, à brève échéance, les facteurs de risque. Afin d'assurer une certaine cohérence au texte, nous reproduisons en Annexe 1 la section 3.0 du rapport du CRIQ qui porte sur les résultats ainsi que la section 4.0 qui présente les conclusions et recommandations.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
1.- INTRODUCTION.	1
1.1 Origine et historique du projet	1
1.2 Objectif du projet	1
2.- PROBLÉMATIQUE.	2
3.- DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	3
4.- LE SYSTÈME TECHNIQUE.	4
4.1 Description	4
4.2 Exigences fonctionnelles	7
4.2.1. Contrôle du point de coulée	7
4.2.2 Contrôle du flux de béton	8
4.2.3 Concentration du flux de béton	8
4.2.4 Nettoyage du système de dalles	8
4.2.5 Temps de déchargement	8
4.2.6 Résistance aux chocs	8
4.2.7 Résistance à l'usure	8
4.2.8 Possibilité de manoeuvrer le camion avec les dalles en place	8
4.2.9 Poids du système	9
5.- RÉSULTATS DE L'ANALYSE ERGONOMIQUE	10
5.1 Informations générales sur les situations de travail	10
5.2 Activité de travail (associée à la manutention des dalles) et facteurs de risque	10
5.2.1 Positionner le système "cornet de déchargement et dalle pliante"	11
5.2.2 Déplier la dalle pliante	11
5.2.3 Prendre la dalle amovible sur son support	12
5.2.3.a Défaire l'attache	12
5.2.3.b Attraper la dalle	13
5.2.4 Transport de la dalle	15
5.2.5 Accrocher la dalle	15
5.2.6 Installer l'adaptateur	16
5.2.6.a Défaire l'attache	16
5.2.6.b Attraper l'adaptateur	16
5.2.6.c Transporter l'adaptateur	17
5.2.6.d Accrocher l'adaptateur à la deuxième dalle	17
5.2.7 Prendre le tuyau, le transporter et l'accrocher à l'adaptateur	17
5.2.7.a Prendre le tuyau sur le camion	17
5.2.7.b Insérer le tuyau dans l'adaptateur	17

5.2.7.c	Accrocher le tuyau à l'adaptateur	18
5.2.8	Démonter le système	18
5.3	Activité de travail en situation réelle	19
5.3.1	Installation et démontage des dalles	19
5.3.2	Positionnement par rapport au point de coulée	20
5.3.3	Aménagement de la plate-forme et position des contrôles	23
5.3.4	Activité de nettoyage	24
5.3.5	Informations complémentaires recueillies lors des entrevues avec les chauffeurs et les responsables de chantier	25
5.4	Synthèse des résultats de l'analyse ergonomique	25
6.-	PISTES DE SOLUTIONS	26
6.1	Déploiement et rotation mécanique	26
6.2	Supports de dalles	27
6.3	Déploiement manuel	28
6.4	Autres possibilités de réduction des risques	28
	CONCLUSIONS	29
	ANNEXE 1	30

1.- INTRODUCTION

1.1 Origine et historique du projet

A l'été 1992, le Groupe Béton Québec s'adressait à l'Institut pour souligner l'importance des lésions attribuables à la manutention des dalles de bétonnière et suggérer un projet de développement de dalles plus légères. Cette demande s'appuyait sur une analyse de leurs données de SST et faisait suite à une tentative infructueuse de développement d'une dalle plus légère.

L'importance du problème devait être confirmée par la suite par l'Association Béton Québec, par l'Association des entrepreneurs en construction du Québec et par la Direction du support conseil et de l'expertise de la CSST.

Suite à l'analyse de la demande, l'IRSST acceptait de subventionner une étude préliminaire (conjointe IRSST-CRIQ) afin de documenter les activités de manutention des dalles de bétonnière de façon à pouvoir identifier les facteurs de risque d'accidents et à recueillir les informations techniques nécessaires à l'identification des solutions possibles. Le projet devait également comprendre une étude de faisabilité des solutions les plus prometteuses et des recommandations quant aux développements ultérieurs.

1.2 Objectif du projet

Les objectifs du projet étaient les suivants :

- procéder à une analyse ergonomique des activités de manutention des dalles de bétonnière afin d'identifier les facteurs de risque pour la santé et la sécurité;
- documenter la faisabilité de certaines solutions techniques.

2.- PROBLÉMATIQUE

Une recherche effectuée par le Service d'expertise et de soutien statistique de l'Institut (Hébert et Massicotte, février 1993) a montré que l'industrie du béton préparé employait 2 300 travailleurs (moyenne des 10 dernières années) dont 30 % (soit 690) étaient des chauffeurs de bétonnière. Le taux d'incidence de maladies professionnelles et d'accidents, calculés pour les camionneurs seulement, était de l'ordre de 20 % pour les années 89, 90 et 91; la durée moyenne d'indemnisation se situant autour de 9 semaines.

Une analyse détaillée des statistiques pour les années 89 à 92 montre que sur les 579 dossiers d'accidents professionnels enregistrés dans la catégorie "camionneurs" pour l'industrie du béton préparé, 304 (52 %) concernaient des lésions musculosquelettiques et ce pour un coût total de 1 382 756 \$. De ces 579 accidents, 166 (29 %) touchaient la colonne et 43 (7,4 %) les épaules. En regroupant les lésions résultants de "réaction de l'organisme à des mouvements volontaires ou involontaires" avec celles résultants "d'efforts excessifs", on obtient 191 lésions soit 33 % du total des dossiers. Finalement, dans 98 cas (17 %) la surface de travail (y compris le sol à l'extérieur) est identifiée comme agent causal.

Ces données pour l'ensemble de la province montrent clairement l'importance du problème. Par ailleurs, le Groupe Béton Québec dans son document "Projet santé sécurité, Innovation 91, sujet : dalles de bétonnières Rivemark I", conclue que malgré le nombre plutôt restreint d'accidents reliés aux dalles, ces accidents provoquent presque la moitié des jours perdus dans le secteur Béton.

Une revue de la littérature montre une absence quasi totale de publication sur ce sujet. L'O.P.P.B.T.P. (Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics) a publié en 1984 le résultat d'une analyse des enquêtes après accidents graves et mortels (pour la France). Cette étude indique que 7 % des accidents pour l'ensemble du secteur "Fabrication et transport du béton" sont reliés à l'opération des camions malaxeurs (bétonnières). Pour sa part, le National Safety Council (Ready Mixed Concrete Trucks, Data Sheet I-617-Rev. 86) indique qu'approximativement 50 % des accidents reliés à l'opération des bétonnières sont dûs à des chutes. Pour la manutention des dalles, le document mentionne les risques de maux de dos, de blessures aux doigts et aux mains (par coincement essentiellement) et les accidents causés par la rotation et les chutes de dalles.

Du point de vue technique, il y aurait de 1 000 et 1 200 camions en service au Québec. La majorité des systèmes de malaxage (y compris tout les accessoires requis) que l'on retrouve sur les bétonnières sont fabriqués et installés par deux compagnies canadiennes London et Jeager.

3.- DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Dans le cadre de l'analyse ergonomique, les activités suivantes ont été réalisées :

- analyse des données d'accidents;
- mise en place d'un groupe de travail (composé de l'assistant-directeur des ressources humaines, du surintendant des opérations, de l'ergonome, du concepteur et de trois chauffeurs de camion), présentation de la démarche et validation des résultats de l'analyse des accidents;
- simulation à l'usine des activités de manutention (ces simulations visaient à identifier les différents modes opératoires utilisés par des chauffeurs présentant des caractéristiques physiques et une histoire professionnelle différentes);
- observation (et enregistrement vidéo) des activités en situations réelles;
- analyse des facteurs de risque et de leurs déterminants;
- validation des conclusions auprès du groupe de travail;
- élaboration de repères pour la conception.

Par ailleurs, la documentation des aspects techniques a consisté en :

- une recherche de brevets sur les dalles de bétonnière;
- une recherche d'information sur les bétonnières actuelles;
- une rencontre avec les responsables des opérations chez Béton Québec pour préciser les contraintes techniques et économiques;
- les calculs théoriques de la dalle actuelle et l'analyse des matériaux qui la composent afin de déterminer les possibilités de réduction de poids;
- la recherche de solutions alternatives.
- une étude de faisabilité des solutions les plus prometteuses.

Les résultats de ces études de faisabilité furent validés avec le groupe de travail ce qui a permis d'élaborer des recommandations quant aux développements ultérieurs.

4.- LE SYSTÈME TECHNIQUE

4.1 Description

Le système technique qui nous intéresse dans le cadre de cette étude comprend l'ensemble des composantes qui permettent d'acheminer le béton de la sortie du malaxeur au point de coulée ainsi que les accessoires connexes. A partir de la sortie du malaxeur, nous retrouvons les éléments suivants (note : cette description est valable pour la presque totalité des bétonnières en opération chez **Béton Québec**).

- Le cornet de déchargement qui est fixé au châssis du camion de manière à pouvoir pivoter de 180 degrés dans le sens latéral. L'autre extrémité (la plus éloignée du malaxeur) peut être élevée ou abaissée à l'aide d'un cylindre hydraulique contrôlé par une manette située à l'arrière, coté chauffeur (Figures 1, 2). Le pivot est muni d'un système de blocage qui permet de fixer la position de l'ensemble. Il s'agit d'une cheville actionnée à l'aide d'une manette munie d'un ressort. La longueur de ce cornet est d'environ 106 cm mesurée à partir du point pivot.
- Une dalle dite "pliante" (Figure 2) qui est fixée en permanence à l'extrémité du cornet de déchargement. Elle est repliée pour les déplacements sur route et déployée pour le déchargement. Sa longueur est de 91 cm.



Figure 1



Figure 2

- Deux dalles amovibles de 122 cm de longueur (Figure 3) qui s'installent à l'extrémité de la dalle pliante. Lorsque non utilisées, elles sont fixées à l'aide d'extenseur sur des supports situés sur les ailes du camion.
- Un adaptateur de 61 cm (Figure 4) qui permet de passer des dalles conventionnelles à une section cylindrique. Cet adaptateur est utilisé pour des coulées se faisant par des ouvertures de faibles dimensions (colonnes de faibles diamètres par exemple).

Un tuyau de 20 cm de diamètre et de 183 cm de longueur (Figure 4).



Figure 3



Figure 4

Le système technique comprend également différents contrôles nécessaires aux opérations : mécanisme de blocage du positionnement latéral, contrôle de la rotation du malaxeur, contrôle de la hauteur des dalles, robinet d'alimentation en eau.

Parmi les autres accessoires on retrouve les supports et attaches pour les dalles, l'adaptateur et le tuyau, un boyau d'arrosage utilisé pour le lavage et une échelle permettant d'accéder aux différentes plates-formes situées à l'arrière du malaxeur.

La position de ces éléments et l'aménagement de la zone arrière du camion sont généralement déterminés par les fournisseurs de malaxeur. Ils varient d'un type de camion à l'autre (10 roues, 12 roues, semi-remorques et déchargement avant). Au Québec on retrouve deux types de dalles soit les "London" et les "Jeager". Leur géométrie respective varie légèrement de sorte qu'elles ne sont pas interchangeables.

Le poids de chacun des éléments qui doivent être manutentionnés a été mesuré en cour d'étude. Pour les dalles amovibles London, le poids varie de 16,6 kg à 19,8 kg avec une moyenne de 18,3 kg. Pour les Jeager, le poids varie de 16,9 kg à 20,7 kg avec une moyenne de 18,9 kg. Les figures 5 et 6 représentent la distribution des valeurs obtenues. Les variations de poids s'expliquent d'une part par le degré d'encrassement des dalles et d'autre part par l'importance des réparations qui ont été effectuées (ajout de métal).

Figure 5

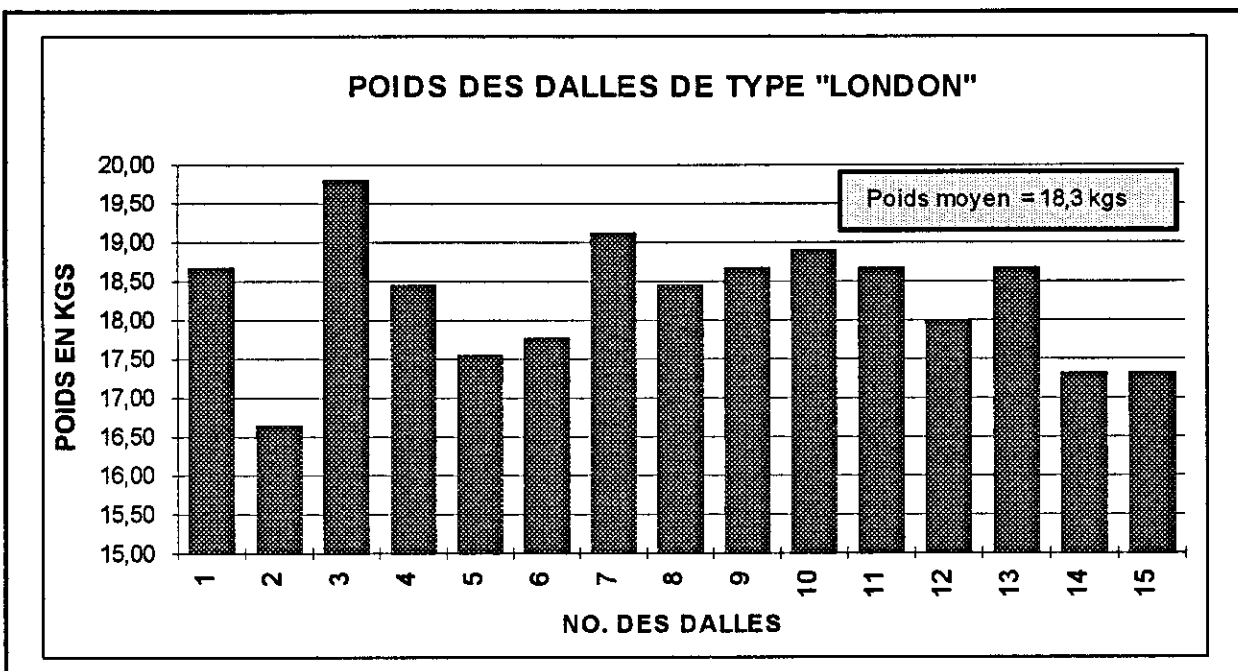
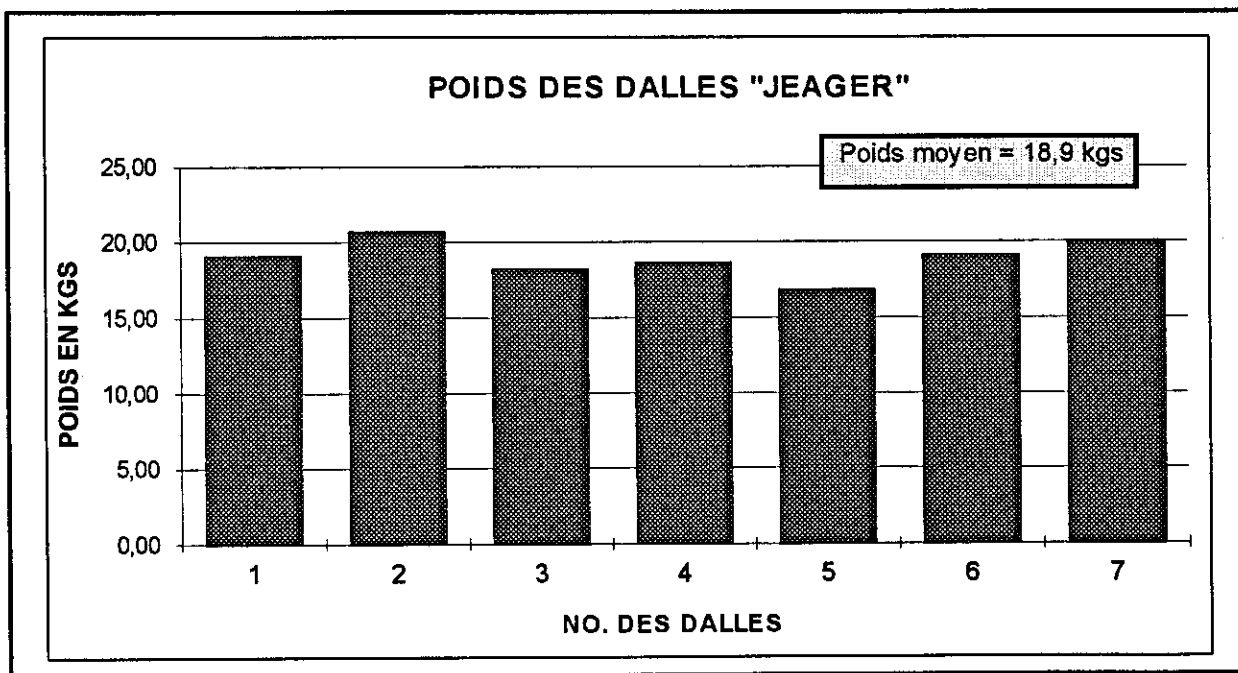


Figure 6



Le poids moyen des adaptateurs London est évalué à 13 kg avec une variation de plus ou moins 0,45 kg alors que les poids respectifs de deux adaptateurs Jeager ont été évalués à 13,5 kg et 16,6 kg. Les tuyaux semblent avoir un poids uniforme de 14,4 kg.

4.2 Exigences fonctionnelles

A partir des observations faites sur le terrain et des discussions au sein du groupe de travail nous avons déterminé les exigences fonctionnelles suivantes.

4.2.1. Contrôle du point de coulée

Chez Béton Québec on considère que la distance maximale à atteindre avec le système de dalles est de 6,6 m, soit la distance actuelle lorsque les 2 dalles amovibles sont installées ainsi que l'adaptateur et le tuyau.

Le déplacement latéral du point de coulée se fait en pivotant la dalle. L'action doit pouvoir être contrôlée par le responsable de la coulée sur le chantier et/ou par le chauffeur du camion.

Le contrôle de la pente du système se fait par l'intermédiaire du cylindre hydraulique (voir section 4.1). La pente minimale acceptable dépend du type de béton et elle n'a pas été déterminée dans cette étude. Il faut cependant prévoir la possibilité pour le chauffeur ou le préposé à la coulée de pousser le béton dans les dalles à l'aide d'une pelle (Figure 7).



Figure 7

L'ajustement de la position longitudinale se fait en ajoutant ou en enlevant des dalles ou encore en déplaçant le camion. Le système de déchargement doit permettre le maximum de flexibilité afin de minimiser le nombre de déplacements (réduction des risques à la SST et du temps de coulée).

4.2.2 Contrôle du flux de béton

Le chauffeur doit pouvoir prendre des informations visuelles au niveau de la quantité de béton dans la dalle et de la situation au point de coulée (degré de remplissage de la brouette par exemple).

Il doit également pouvoir contrôler le degré d'affaissement du béton en regardant à l'intérieur du malaxeur.

4.2.3 Concentration du flux de béton

L'utilisation d'un adaptateur et d'un tuyau répond à la nécessité de livrer le béton en des points très précis et ce à travers des ouvertures de faibles dimensions. Il faut conserver cette possibilité.

4.2.4 Nettoyage du système de dalles

Le nettoyage se fait immédiatement après la livraison (avant de quitter le chantier) à l'aide d'un boyau d'arrosage et (si nécessaire) d'une brosse. L'eau provient d'un réservoir fixé sur le camion. La conception des dalles doit permettre un nettoyage facile de manière à limiter la quantité d'eau utilisé et le temps requis.

4.2.5 Temps de déchargement

La durée de déchargement dépend surtout du type de chantier et notamment du nombre de déplacements à faire. Le temps d'installation des dalles est probablement minime (de l'ordre de 3 minutes) par rapport aux temps requis pour repositionner le camion en cours de déchargement. Le système de déchargement doit permettre de minimiser le nombre de repositionnements requis et les déplacements du chauffeur (de la cabine à l'arrière du malaxeur).

4.2.6 Résistance aux chocs

Les dalles peuvent être projetées (ou échappées) sur le sol et heurtées lors de manoeuvres du camion. Il est donc important qu'elles puissent résister aux chocs mécaniques.

4.2.7 Résistance à l'usure

Le béton étant très abrasif, les dalles doivent pouvoir résister à cette abrasion.

4.2.8 Possibilité de manoeuvrer le camion avec les dalles en place

Souvent les dalles doivent être installées avant de reculer le camion en place. Ces manoeuvres peuvent se faire à vitesse assez élevée (se donner un élan pour reculer sur un tas de terre). Les dalles ne doivent pas se décrocher ou pivoter lors de la manoeuvre.

Dans certains cas, le camion avance tout en déchargeant (pavage ou bordure de trottoir) ce qui implique des efforts supplémentaires sur le système de dalles. Pour le calcul du chargement des éléments, il faut considérer les situations où le camion se déplace avec les dalles, l'adaptateur et le tuyau rempli de béton sur un terrain accidenté et présentant des dénivellations horizontales.

4.2.9 Poids du système

Toute augmentation de poids se traduit par une perte de charge utile (à cause des règlements qui limitent les charges axiales); inversement toute réduction de poids est un gain. Le système doit être le plus léger possible.

5.- RÉSULTATS DE L'ANALYSE ERGONOMIQUE

5.1 Informations générales sur les situations de travail

Béton Québec estime que 50 % de ses livraisons se font sur gros chantiers (peu d'utilisation de dalles); le reste étant du résidentiel. A l'extérieur des grands centres, de 60 à 70 % des livraisons exigent l'utilisation de dalles.

La situation idéale (du point de vue du déchargement) est la coulée à l'aide d'une pompe à béton ou à l'aide d'une grue (déchargement dans une benne). Dans ces cas, on n'utilise que la dalle pliante. Des chantiers du type pavage ou coulée de trottoir sont également assez faciles en ce sens qu'ils nécessitent peu de manutention de dalles. Les plus difficiles sont les petits chantiers types : empattements, colonnes, solages, planchers, etc.

Les chauffeurs font de 3 à 4 voyages par jour. Un chauffeur peut faire jusqu'à 5 manipulations de dalles chez un même client, la moyenne journalière étant estimée à environ 15 manipulations.

La relation avec le client est très importante. Les situations varient énormément d'un chantier à l'autre. Certains sont très mal organisés avec très peu d'espace pour manoeuvrer. Dans certains cas, il est impossible d'installer les dalles avant de reculer (impossible de rester dans la rue, pas de place sur terrain, etc.). Certains clients sont très exigeants.

Les terrains sont très inégaux : mous, gelés, encombrés, trous, obstacles, etc.

5.2 Activité de travail (associée à la manutention des dalles) et facteurs de risque

L'analyse détaillée de l'activité de travail associée à la manutention du système de dalles a débuté par une série de simulations dans la cour de l'entreprise. Cette approche a permis de contrôler les variables reliées au système technique (même camion) et à l'environnement (toutes les simulations ont été effectuées dans la même journée sur le même terrain). Les chauffeurs (7 au total) devaient installer et démonter l'ensemble des dalles. L'opération a été filmée à l'aide de deux caméras placées à 90 degrés et synchronisée dans le temps. Une courte entrevue avec chacun des chauffeurs a permis de recueillir certaines données anthropométriques et quelques informations relatives à leur histoire professionnelle. Nous avons également demandé aux chauffeurs de faire une évaluation subjective des facteurs de risque. L'identification des actions les plus à risque s'est faite à partir d'une analyse des différents modes opératoires, des postures adoptées et des forces impliquées. Les résultats de ces analyses ont été discutés et validés par le groupe de travail.

Dans ce qui suit, nous décrivons sommairement les actions nécessaires à l'installation et au démontage des éléments du système de déchargement et nous identifions les différents facteurs de risque.

5.2.1 Positionner le système "cornet de déchargement et dalle pliante"

Lors des déplacements sur route, ce système est bloqué en position "près du camion". Pour installer les dalles il doit être placé dans l'alignement du malaxeur ce qui peut se faire avant ou après avoir déplié la dalle pliante.

La force requise n'est pas très élevée mais l'action de tirer se fait parfois en tenant le mécanisme de déblocage ce qui induit des postures contraignantes (Figure 8).



Figure 8

5.2.2 Déplier la dalle pliante

Se fait de deux façons; soit en se plaçant face au système et en tirant sur la partie supérieure de la dalle (Figures 9, 10, 11), soit en se plaçant sur le côté et en poussant la dalle vers le haut (Figures 2 voir page 4, 12). Les deux méthodes exigent des efforts importants au niveau des membres supérieurs. Pour la première méthode, les efforts sont fonctions du bras de levier créé par la distance entre le bras de l'opérateur et le point pivot. Cette distance dépend de la taille du travailleur, de la hauteur du rebord supérieur par rapport au sol (présence d'inégalité au niveau du sol) et de la posture adoptée. La force requise est de l'ordre de 30 kg. La deuxième méthode exige moins de force à cause du bras de levier plus long. Elle conduit cependant les travailleurs (surtout les plus petits) à adopter des postures plus contraignantes surtout au niveau du dos.



Figure 9



Figure 10

L'encrassement, les déformations des deux pivots et le fait que certaines dalles reposent complètement dans le fond du cornet augmentent considérablement la force requise.



Figure 11

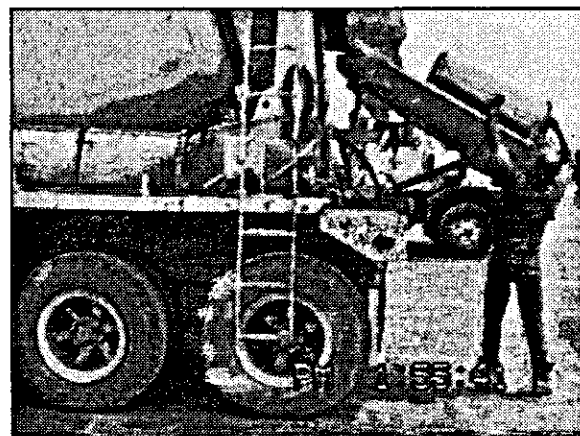


Figure 12

Finalement, cette activité comporte des risques de blessure du type : coincé par, ou heurté par.

5.2.3 Prendre la dalle amovible sur son support

5.2.3.a Défaire l'attache

La force requise pour défaire ou mettre en place l'attache varie énormément en fonction du degré

d'usure de l'extenseur. Dans certains cas elle est assez élevée. La forme de la poignée utilisée affecte directement la posture (celle du poignet notamment).

5.2.3.b Attraper la dalle

Se fait essentiellement de trois façons :

- en plaçant directement la main sous la dalle et en la soulevant (Figures 13, 14);



Figure 13



Figure 14

- en retirant la dalle pour la dégager de la partie arrière du support (qui sert de blocage) et la placer en équilibre sur la partie haute du support, puis en la soulevant d'une main (Figures 15, 16, 17);



Figure 15

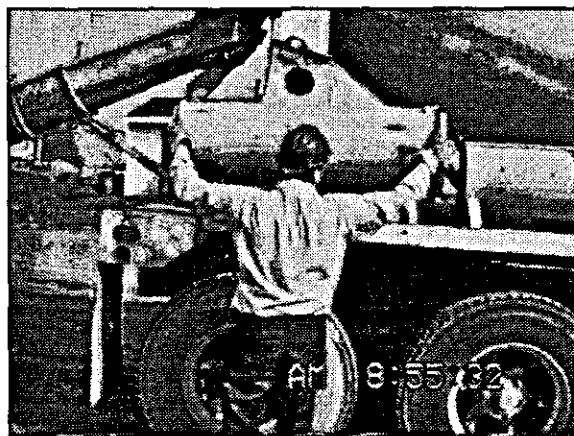
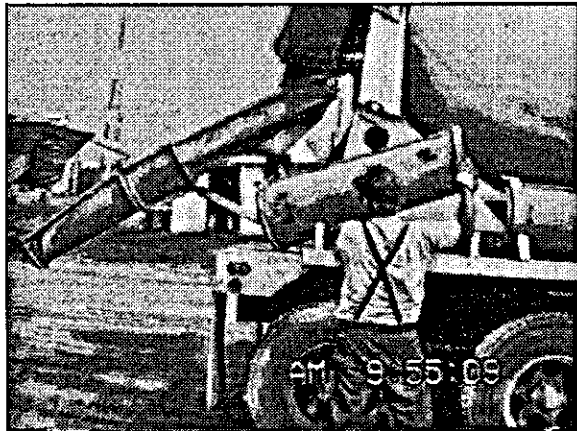
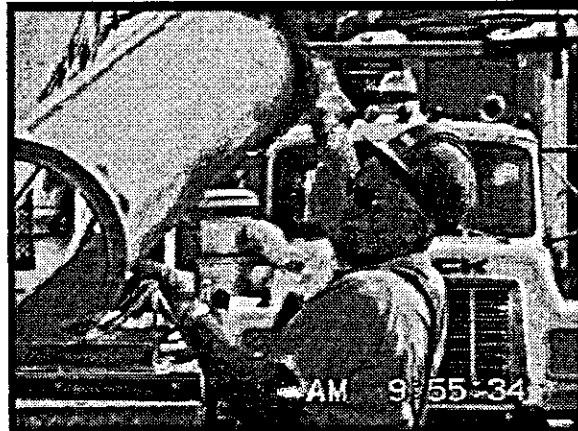


Figure 16

**Figure 17**

en soulevant une des extrémités de manière à dégager la dalle du support (Figures 18, 19).

**Figure 18****Figure 19**

La première méthode est certainement la plus à risque (épaules et dos).

L'importance des efforts à exercer pour dégager la dalle (deuxième méthode) est fonction de la taille (hauteur de prise et longueur de bras) et de la hauteur du support par rapport au sol. Une fois la dalle posée sur la partie haute du support sa prise est relativement facile.

Il est difficile d'évaluer le niveau de risque de la troisième méthode. Elle conduit à un soulèvement de charge plus faible (une extrémité demeurant sur le support) mais par ailleurs elle entraîne des postures plus contraignantes.

5.2.4 Transport de la dalle

Un des éléments importants de cette activité est la position de départ de la dalle qui doit être compatible avec l'action suivante (l'accrocher à l'autre partie). Il faut éviter d'avoir à manipuler la dalle en début ou en fin de transport (Figure 20).

Le transport proprement dit ne semble pas présenter d'efforts excessifs. Par contre, l'encombrement et la position de transport limite sérieusement la prise d'informations visuelles, d'où risque de heurt ou de chute en cas de terrain accidenté (Figure 21).



Figure 20

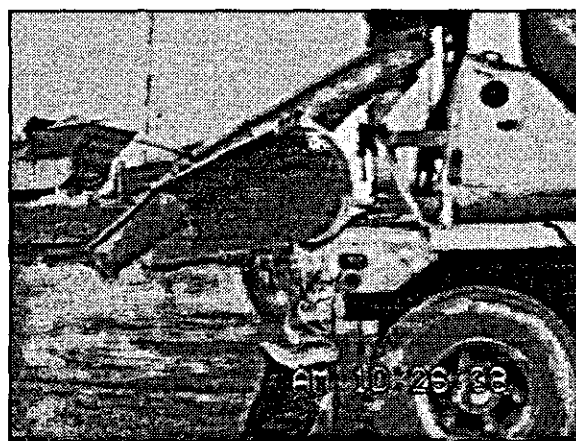


Figure 21

La distance de transport est directement influencée par la position des dalles sur le camion.

5.2.5 Accrocher la dalle

Il s'agit essentiellement d'aligner et d'insérer la partie mâle dans la partie femelle du système précédent. Deux facteurs sont importants lors de cette action : la facilité d'alignement et surtout d'insertion d'une partie dans l'autre et la hauteur du système (auquel on vient s'arrimer). Le premier facteur dépend de la conception des dalles, les Jeager étant définitivement plus difficiles à insérer que les London (Figures 22, 23).

Il est toujours possible de positionner le système à une bonne hauteur puisque le chauffeur a accès à la commande du cylindre hydraulique (Figure 3 voir page 5). Par contre, les contraintes de temps et la facilité d'accès au contrôle conduisent souvent les chauffeurs à adopter des postures à risque (Figures 22, 23).



Figure 22



Figure 23

5.2.6 Installer l'adaptateur

5.2.6.a Défaire l'attache

Même remarque qu'en 5.2.3.a

5.2.6.b Attraper l'adaptateur

Même si l'adaptateur pèse environ 4,5 kg de moins que les dalles, au moins un travailleur trouve l'action de le prendre sur le support très exigeante. Cela s'explique par la position du support et par le fait qu'il faut soulever l'adaptateur à bout de bras pour le dégager de ce dernier. Les travailleurs de petite taille sont nettement désavantagés (Figures 24, 25).



Figure 24

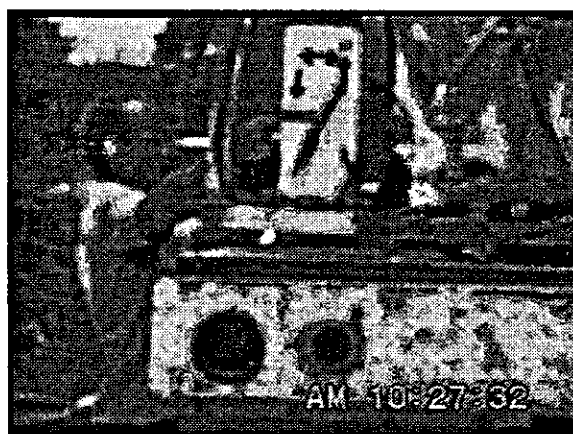


Figure 25

5.2.6.c Transporter l'adaptateur

Cette action ne semble pas présenter de risque pour la SST.

5.2.6.d Accrocher l'adaptateur à la deuxième dalle

Mêmes remarques qu'en 5.2.5. Le poids et les dimensions étant plus faibles, cette action présente moins de risque.

5.2.7 Prendre le tuyau, le transporter et l'accrocher à l'adaptateur

5.2.7.a Prendre le tuyau sur le camion

Sur certains camions la position du tuyau et de sa fixation rend cette action très difficile et engendre des risques aux épaules et au dos notamment) (Figures 26, 27).

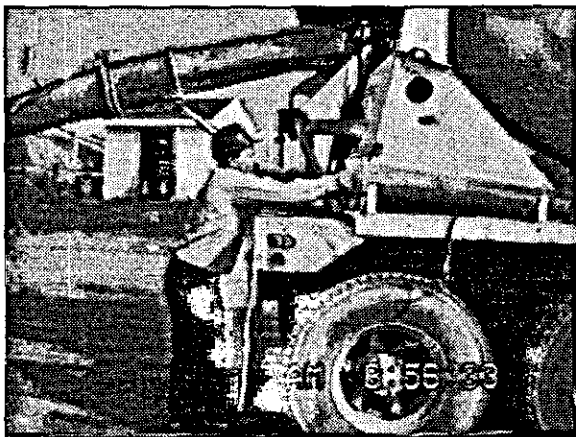


Figure 26

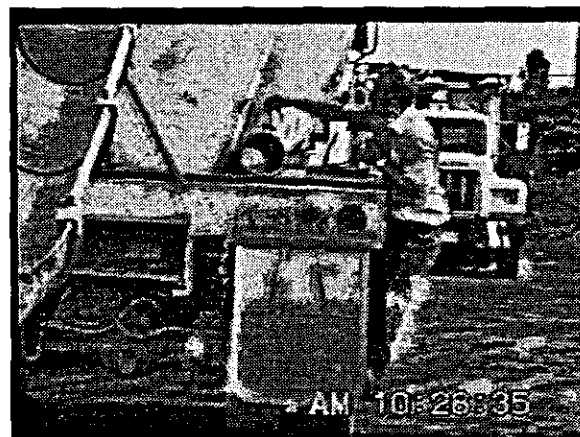


Figure 27

5.2.7.b Insérer le tuyau dans l'adaptateur

La facilité d'insertion dépend de la hauteur (Figures 28) et du jeu entre le tuyau et l'adaptateur. Un encrassement de l'une ou l'autre des parties augmente considérablement la difficulté de cette action. Même si le poids du tuyau n'est que de 14,4 kg, cette action peut présenter des risques pour le dos.



Figure 28

5.2.7.c Accrocher le tuyau à l'adaptateur

Sur au moins un camion, il était très difficile de rentrer la chaîne dans son point d'ancrage.

5.2.8 Démonter le système

Pour défaire les dalles et les replacer sur leurs supports respectifs, on effectue exactement les opérations inverses. Nous avons observé :

- qu'il est au moins aussi difficile, sinon plus difficile, de défaire le tuyau que de l'insérer (Figure 29);
- que le mode d'arrimage des dalles entre elles fait en sorte qu'elles sont autobloquées si l'angle n'est pas correct lors du démontage;
- que l'on referme la dalle pliante soit en se plaçant sur le côté ou bien en face du système ce qui conduit à des stratégies impliquant des forces et des postures différentes. La position "de côté" semble plus à risque pour le dos.



Figure 29

5.3 Activité de travail en situation réelle

L'analyse du travail des chauffeurs lors des livraisons a permis de mettre en contexte les activités de manutention et d'en compléter l'étude. Elle visait essentiellement à préciser l'impact des différents chantiers sur les actions décrites dans la section précédente. Les premières observations et entrevues avec les chauffeurs ont fait ressortir la nécessité de considérer l'ensemble des activités (du chauffeur) sur le site afin de bien comprendre les déterminants des facteurs de risque. La présente section résume les résultats de cette analyse terrain.

Il faut noter que les observations terrains ont été effectuées l'été et de ce fait dans des conditions climatiques idéales. La neige et la glace l'hiver, les périodes de dégel ou encore de fortes pluies constituent autant de facteurs pouvant aggraver les risques qui ont été identifiés lors de cette étude.

5.3.1 Installation et démontage des dalles

L'installation des dalles se fait généralement avant de positionner le camion pour la coulée ce qui permet de choisir un terrain pas trop accidenté. Nous n'avons observé aucun démontage de dalle en cours de déchargement, les déplacements de camion se faisant avec les dalles en place. En fin de déchargement, le nettoyage se fait dans un endroit qui doit être acceptable par rapport au résidu de nettoyage; donc souvent sur le bord d'un trou. Les accidents de terrain et probablement le fait que l'on évite de patauger dans les résidus de nettoyage conduisent à des stratégies plus à risque que celles observées lors des simulations (moins d'ajustement de hauteur, replier la dalle à partir de la plate-forme, transport à bout de bras dans des espaces confinés, etc.) (Figures 30, 31, 32).

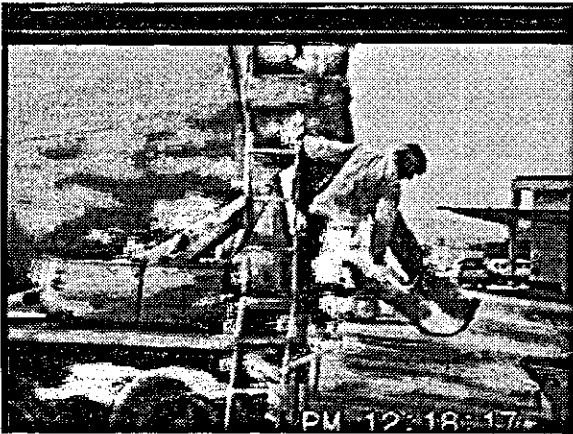


Figure 30



Figure 31



Figure 32

5.3.2 Positionnement par rapport au point de coulée

La stratégie généralement utilisée est la suivante : installation des dalles, positionnement approximatif du camion (ce qui implique de manoeuvrer avec le système de dalles bloqué en position haute), positionnement du système de dalles (abaissement à l'aide du contrôle hydraulique, déblocage et déplacement latéral) et finalement positionnement définitif du camion. Toutes ces actions peuvent exiger de nombreux déplacements de la cabine vers l'arrière du camion. Il y a souvent une collaboration entre le chauffeur et le client; ce dernier prenant le contrôle du système de dalles.

L'accessibilité des contrôles est un élément-clé lors de ces positionnements. Les problèmes suivants ont été notés :

- nécessité de monter sur la plate-forme pour débloquer le système de dalles (lorsqu'il y a un trou à l'arrière du camion); (Figures 33, 34, 35).

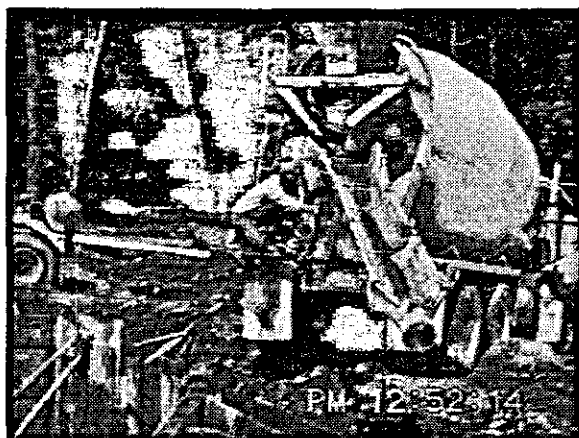


Figure 33

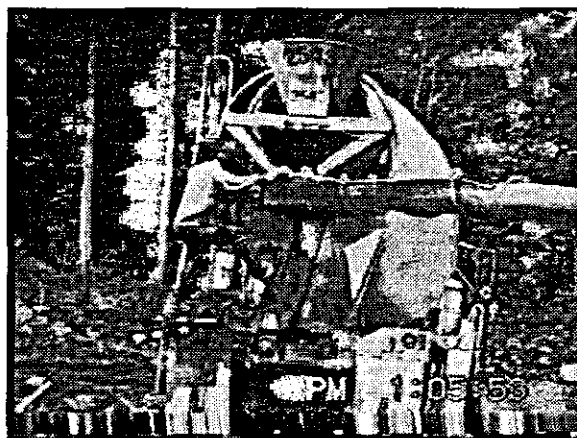


Figure 34

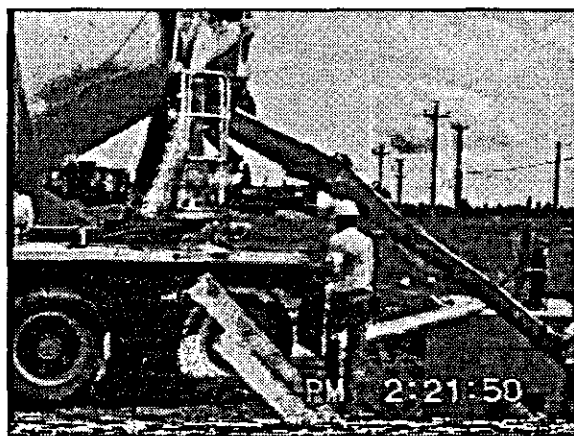


Figure 35

- déblocage du système à bout de bras à cause d'un dénivellement du terrain à l'arrière du camion; (Figure 36).

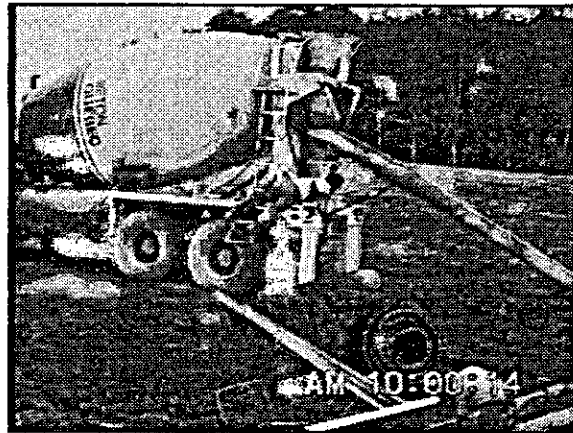


Figure 36

nécessité de tenir le système de dalles lorsque débloquée; (Figures 37, 38, 39, 40).

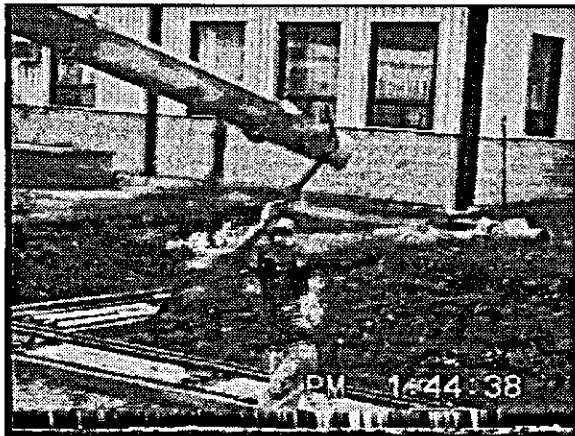


Figure 37



Figure 38

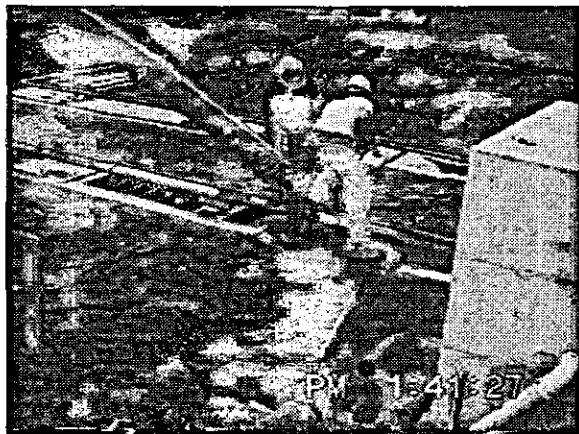


Figure 39

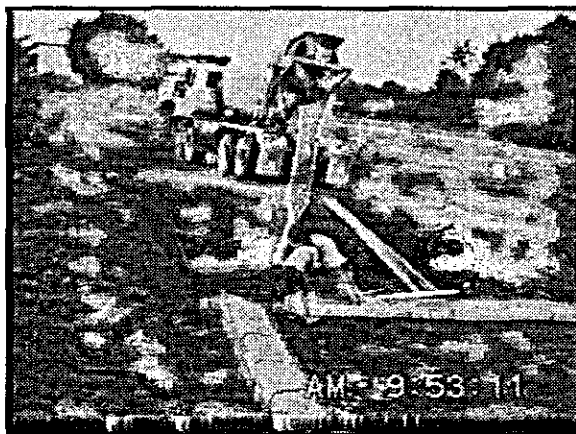


Figure 40

nécessité pour le chauffeur de descendre pour aller actionner le contrôle hydraulique de positionnement vertical du système (lorsque c'est le client qui s'en occupe, cela exige souvent de grimper un talus pour y accéder);

Lorsque le camion n'est pas exactement horizontal, le poids des dalles plus le poids du béton induisent des efforts de rotation importants. Ces efforts sont pris par la cheville du système de blocage (on signale un cas extrême de cisaillement de cheville) ou par le responsable de coulé lorsque le système est en position désengagée. Le déblocage des dalles peut donc exiger des efforts importants.

5.3.3 Aménagement de la plate-forme et position des contrôles

Lors du déchargement le chauffeur se tient sur la plate-forme arrière ou encore dans l'échelle. Il doit pouvoir prendre des informations visuelles dans le malaxeur, à la sortie du malaxeur (position des palettes), dans les dalles et au point de coulée et ce, tout en ayant accès aux différents contrôles. Ces derniers comprennent : le robinet d'eau, l'indicateur de l'ordinateur (si installé), la rotation du malaxeur, la vitesse du camion, la hauteur du système de dalles (commande hydraulique) et la commande de blocage du système. La dimension et la position des plates-formes et échelles d'accès ainsi que l'aménagement général de ce qui constitue un poste de travail conditionnent les contraintes posturales et les efforts à exercer. Nous avons noté beaucoup de différences dans les aménagements de la partie arrière des malaxeurs. Certains aménagements sont nettement supérieurs à d'autres (celui des camions Autocar notamment).

Il faut par ailleurs tenir compte du fait que toutes les actions nécessaires au contrôle du déchargement du béton doivent pouvoir s'effectuer également à partir du sol.

5.3.4 Activité de nettoyage

Il se fait un premier nettoyage immédiatement après le chargement (à partir du mélangeur principal). Il vise essentiellement le cornet de chargement et la sortie du malaxeur. Les postures sont alors fortement déterminées par l'aménagement de la plate-forme (espace disponible, accès, possibilité de prendre du recul).

Au niveau du chantier, une partie du nettoyage se fait à partir de la plate-forme (sortie du malaxeur, cornet de déchargement et dalle pliante) alors que le reste (dalles amovibles, adaptateur et tuyau) se fait à partir du sol. Ce nettoyage exige beaucoup de soin et représente, de ce fait, une activité importante. Une fois de plus, l'aménagement de la partie arrière du camion influence directement les modes opératoires et les facteurs de risque (Figures 41, 42, 43, 44). Pour le nettoyage qui se fait à partir du sol, c'est surtout l'accessibilité au contrôle de la hauteur et la facilité de manutention des dalles qui influencent les efforts à fournir.



Figure 41



Figure 42

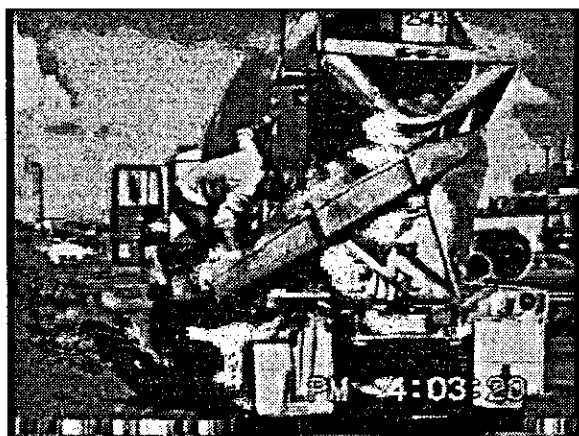


Figure 43

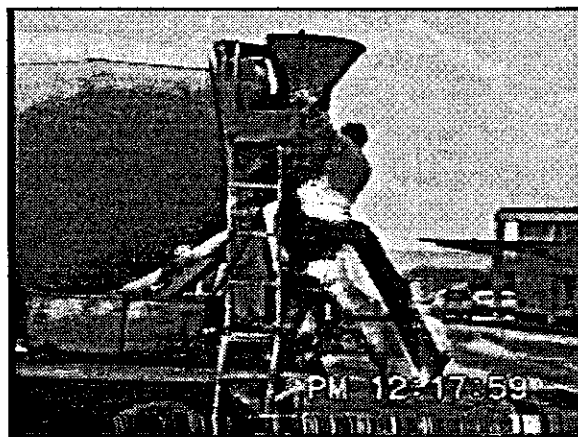


Figure 44

5.3.5 Informations complémentaires recueillies lors des entrevues avec les chauffeurs et les responsables de chantier

Note : Ces informations viennent compléter celles recueillies lors des différentes rencontres du groupe de travail.

- C'est généralement l'action de retirer le tuyau qui est la plus difficile (à cause de la présence de béton dans le joint).
- L'auto-blocage lors du démontage des dalles est dû, en partie, à la longueur des goujons qui, par ailleurs, doivent être suffisamment longs pour éviter que les dalles se décrochent lors des déplacements).
- Il faut éviter d'avoir un système de blocage latéral qui exige de tenir la manette lorsque l'on déplace le système de dalles.
- Les pivots de la dalle pliante peuvent être plus ou moins serrés, ce qui affecte les efforts requis pour manipuler la dalle.
- La présence d'un levier fixé à la dalle pliante réduit les efforts requis pour son déploiement. Par contre, le fait que la dalle pliante descende profondément à l'intérieur du cornet accroît considérablement ces efforts.
- Le système de fixation utilisé sur les semi-remorques peut occasionner des blessures aux mains (se cogner sur le châssis).

5.4 Synthèse des résultats de l'analyse ergonomique

La demande originale posait l'hypothèse que les accidents reliés à la manutention des dalles de déchargement étaient dûs au poids excessif des dalles amovibles. L'analyse ergonomique a confirmé la présence de risques associés à cette activité, et notamment :

- lors de la prise et de la dépose des dalles sur leur support;
- lors du transport, et ce à cause du poids d'une part, et de l'obstruction du champ visuel d'autre part;
- lors de l'arrimage à la dalle précédente (surtout lors d'incident du type "la dalle se coince d'un côté et ne veut pas rentrer de l'autre");
- lors du démontage à cause, notamment, du phénomène d'auto-blocage des éléments.

L'analyse a également permis d'identifier d'autres activités à risque, dont :

- l'action de déployer et de refermer la dalle pliante;
- la prise et la dépose de l'adaptateur et de certains tuyaux sur leur support;
- l'insertion et le démontage des tuyaux;
- l'arrimage de certains éléments (fixation exigeant des efforts importants);
- le contrôle latéral ainsi que le blocage et le déblocage du système de dalles (surtout lorsqu'elles sont pleines de béton).

Finalement, les analyses-terrain ont mis en évidence certains déterminants de l'activité qui affectent les facteurs de risque. Il s'agit :

- de la position des contrôles;
- de l'aménagement arrière du camion (plates-formes et échelle d'accès);
- des stratégies de coopération chauffeur-client;
- de la qualité et de l'état des équipements.

Nous verrons dans la prochaine section que ces connaissances de l'ensemble des activités requises pour le déchargement du béton ont conduit à élargir considérablement le champ de la recherche de solutions.

6.- PISTES DE SOLUTIONS

Lors des analyses ergonomique et technique plusieurs pistes de solutions ont été identifiées. Certaines ont été rejetées suite à une exploration préliminaire de faisabilité alors que d'autres ont fait l'objet d'études plus approfondies. Le rapport du CRIQ (Annexe 1) présente les détails de ces études. Dans la présente section nous discutons les impacts probables de ces différentes possibilités sur l'activité du travail des chauffeurs et plus spécifiquement sur la SST.

6.1 Déploiement et rotation mécanique

Les analyses du CRIQ indiquent qu'il y a peu d'espoir de voir apparaître sur le marché des dalles ayant un poids linéaire substantiellement plus léger que ce qui est présentement utilisé (p. 5 - annexe 1). Une réduction du poids des dalles ne pourrait se faire qu'en réduisant leur longueur. Une des possibilités envisagées serait de mettre 3 dalles de 83 cm au lieu de 2 dalles de 122 cm

ce qui permettrait de conserver une distance de coulée de 6,7 m (exigence fonctionnelle 4.2.1). De cette façon le poids des dalles amovibles se situerait autour de 13,5 kg. D'un point de vue ergonomique, cette approche combinée à des améliorations au niveau des supports permettrait une réduction importante des risques associés à la manutention de ces dalles. Les membres du groupe de travail se sont montrés peu réceptifs à l'idée d'ajouter une dalle amovible supplémentaire et ce, en partie à cause du nombre de manutentions qui passerait de 2 à 3.

Par contre la solution qui consiste à rallonger le cornet de déchargement et la dalle pliante (ce qui permettrait une réduction équivalente de la longueur des dalles amovibles) et à mécaniser le déploiement de la dalle pliante ainsi que la rotation du système (option 2, p. 5 - Annexe 1) a été jugée très prometteuse par le groupe. Une telle approche éliminerait les risques associés à la rotation du système de dalles ainsi qu'au déploiement et à la fermeture de la dalle pliante en plus de réduire ceux reliés à la manutention des dalles amovibles (le gain étant évidemment fonction de l'importance de la réduction de poids). Dans plusieurs circonstances, la rotation assistée mécaniquement aiderait également les préposés à la coulée puisque cela leur éviterait d'avoir à retenir les dalles de façon continue (Figures 39, 40). Il serait cependant essentiel de prévoir la possibilité de passer en mode "manuel" pour que le responsable de la coulée puisse reprendre le contrôle de la rotation du système. Il faudrait également s'assurer que ce nouveau système n'engendre pas de nouveaux risques à la sécurité, principalement lorsque contrôlé de la cabine.

Le développement d'un tel système devrait s'accompagner d'une analyse ergonomique complète de l'aménagement de la partie arrière du malaxeur de manière à optimiser le positionnement des contrôles, des échelles d'accès et des plates-formes requises pour l'exécution des différentes tâches (prise d'informations visuelles, contrôle du déchargement, nettoyage, etc.).

6.2 Supports de dalles

Parmi les différentes possibilités proposées par le CRIQ (Figures 9 à 13 de l'annexe 1), il semble que le système illustré à la figure 11 soit le plus prometteur d'un point de vue ergonomique. Il permet en effet de présenter, sans effort important, la dalle dans la position idéale pour la prise. De même la dépose serait grandement facilitée puisqu'elle se ferait à l'extérieur du châssis du camion, donc sans inclinaison du tronc et avec le poids de la dalle près du corps.

Par contre toute solution nécessitant l'ajout de poignées (Figure 9 de l'annexe 1) est à rejeter. Ces dernières constitueraient de nouveaux risques lors du transport et du positionnement des dalles.

A cause des difficultés rencontrées par certains chauffeurs lors de la prise et de la dépose de l'adapteur (section 5.2.6.B) il y aurait également lieu d'améliorer leurs supports.

6.3 Déploiement manuel

En page 8 de son rapport (annexe 1), le CRIQ discute de différentes possibilités de réduction des efforts si le déploiement manuel des dalles pliantes est maintenu. Nous croyons que ces améliorations, de même que celles qui seront discutées dans la prochaine section, méritent d'être étudiées en détail et implantées le plus rapidement possible. Cela permettrait de réduire les risques à courte échéance. D'autant plus qu'il est assez probable qu'une partie seulement de la flotte existante serait équipée du système à déploiement mécanique (advenant son développement).

6.4 Autres possibilités de réduction des risques

Dans ce qui suit, nous présentons certaines améliorations qui ont été identifiées en cours de projet et qui n'ont pas été traitées lors des études de faisabilité. Certains de ces éléments exigeraient du développement alors que d'autres pourraient être analysés par les comités de SST et implantés directement par les compagnies. Il s'agit de :

- l'amélioration de la conception du mécanisme d'arrimage mâle-femelle (afin de résoudre les problèmes d'alignement et d'autoblocage);
- l'amélioration de la conception de l'adaptateur de manière à réduire les efforts requis pour l'insertion et surtout le démontage du tuyau;
- l'optimisation de l'emplacement des supports pour l'adaptateur et pour le tuyau de même que des modes d'arrimage au camion;
- l'amélioration des procédures de maintenance en ce qui a trait à l'état des systèmes en général (pivots et mécanisme d'arrimage tordus, système de blocage défectueux, augmentation de poids dû aux réparations successives sur les dalles, etc.);
- la sensibilisation des chauffeurs aux différents facteurs de risques à partir des connaissances générées lors de cette étude.

CONCLUSIONS

L'étude permet de conclure que le poids des dalles amovibles ne constitue qu'un des facteurs de risque associés à la manutention des dalles de bétonnière. Les autres actions à risque sont : le déploiement et la fermeture de la dalle pliante, le contrôle des mouvements latéraux du système de dalles, la prise et la dépose de l'adaptateur et du tuyau et finalement l'insertion et le démontage du tuyau. Parmi les principaux déterminants des facteurs de risque, on retrouve la conception et la position des supports des différents éléments, la position des contrôles, l'aménagement arrière du malaxeur, l'état des systèmes et les modes opératoires utilisés par les chauffeurs.

Plusieurs pistes de solutions ont été explorées et quelques-unes ont donné lieu à une étude de faisabilité. Le résultat de ces études a été validé au sein d'un groupe de travail constitué de l'assistant-directeur du personnel, du Surintendant des opérations et de trois chauffeurs.

La solution la plus prometteuse est celle qui consisterait à mécaniser le déploiement de la dalle pliante et de la rotation du système de dalles. Cette mécanisation permettrait également de réduire la longueur des dalles amovibles, ce qui pourrait se traduire par une diminution de leur poids de l'ordre de 5 kg. Au moins une des possibilités étudiées pour améliorer les supports de ces dalles, conduirait à une réduction importante des risques associés à la prise et à la dépose de ces éléments. Ces modifications aux supports combinées à une réduction du poids élimineraient les risques associés à cette action.

L'étude a également permis d'identifier plusieurs autres pistes de solutions qui peuvent être analysées et implantées directement par le comité de SST de l'entreprise.

Finalement, nous considérons que tout projet de R & D visant l'implantation des solutions technologiques identifiées devrait inclure une analyse ergonomique de l'ensemble de l'aménagement de la partie arrière du camion (y compris le positionnement des supports de dalles).

ANNEXE 1

Note : Dans cette annexe, nous reproduisons la section 3.0 et 4.0 du rapport du CRIQ intitulé "Étude de faisabilité en vue de diminuer les facteurs de risques associés à la manutention des dalles de bétonnières", Rapport technique # RDQ-93-642, septembre 1993 (130 pages).

3.0 RÉSULTATS

3.1 RECHERCHE D'INFORMATION

- Brevets :

Cinq brevets ont été répertoriés sur les dalles à béton. Voir la liste au tableau I. Voir également à l'annexe A, le résumé (1^{re} page et croquis) de ces brevets.

TABLEAU I
Brevets

PAYS	NUMÉRO	ANNÉE	DESCRIPTION
Canada	956592	1974	Convoyeur télescopique
Europe	0062619	1982	Dalle télescopique
États-Unis	5035313	1991	Dalle télescopique
États-Unis	5178252	1993	Dalle télescopique
États-Unis	4498568	1985	Dalle articulée

- Dépliants publicitaires :

Nous avons obtenu une dizaine de dépliants publicitaires de fabricants de bétonnières; ceux-ci sont énumérés au tableau II, qui indique en plus l'arrangement des dalles mobiles sur le camion pour chaque manufacturier. Une copie des dépliants se trouve à la section B de l'annexe.

TABLEAU II
Dépliants publicitaires

FABRICANT	PAYS	MODÈLE	POSITION DES DALLES
McNeilus	USA	MTM	Figure 2
Serviplem	Espagne	Baryval	Figure 3
Cifa	Italie	RH & RHS	Figures 3 & 4
Coime	Italie	Idra	Figure 5
Hymix	Angleterre	RD3 & RD6	Figure 4
Liebherr	Allemagne	Liebherr	Figure 3
NCK	Angleterre	TM600	Figure 4
Poligono Ibarrea	Espagne	Pinhor	Figures 3 & 4
Reich	Allemagne	Reich	Figure 3
Oshkosh	USA	S-Serie	Figures 1 & 4

• Articles techniques :

Malgré nos efforts, nous avons obtenu très peu d'articles techniques concernant les dalles pour bétonnières. Seule la compagnie Géroquip de Laval, distributeur des produits McNeilus, et la National Ready Mixed Concrete Association nous ont répondu sur le sujet de la sécurité dans la manutention des dalles. Nous reproduirons à l'annexe C, les lettres de ces répondants. L'American Concrete Pumping Association nous a mentionné verbalement ne pas connaître de système pouvant améliorer la sécurité sur les bétonnières.

Tel qu'indiqué par Géroquip, la compagnie McNeilus serait sur le point de mettre sur le marché une dalle mobile en matériau composite pesant environ 30 lbs. Cependant, selon une conversation que nous avons eue avec le distributeur, il semble que cet objectif n'ai pu être atteint et que le poids du prototype final ne soit qu'environ 5 lbs inférieur à une dalle en acier conventionnel.

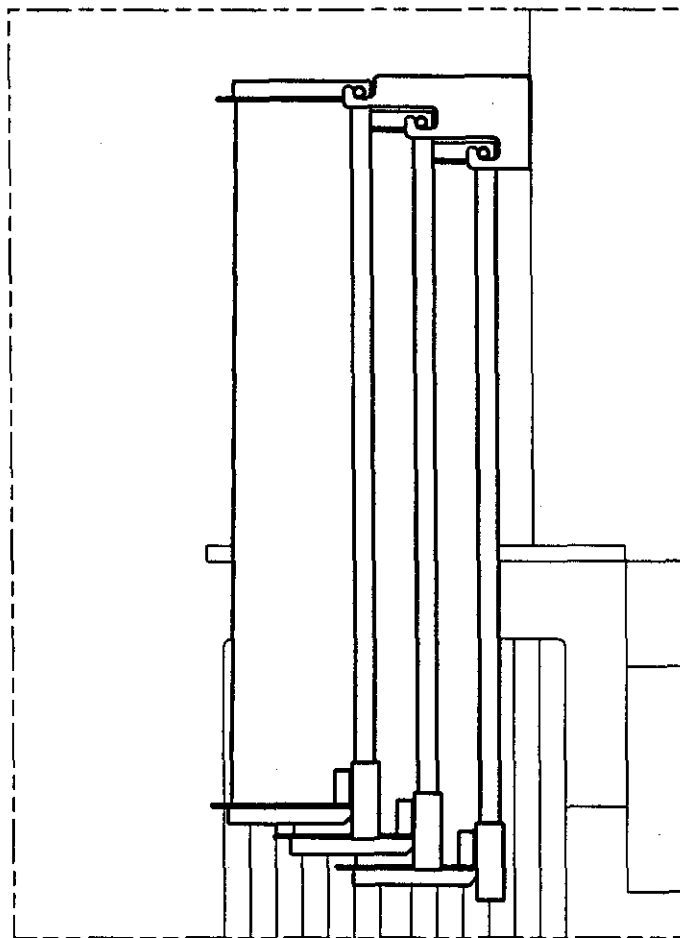


Figure 1

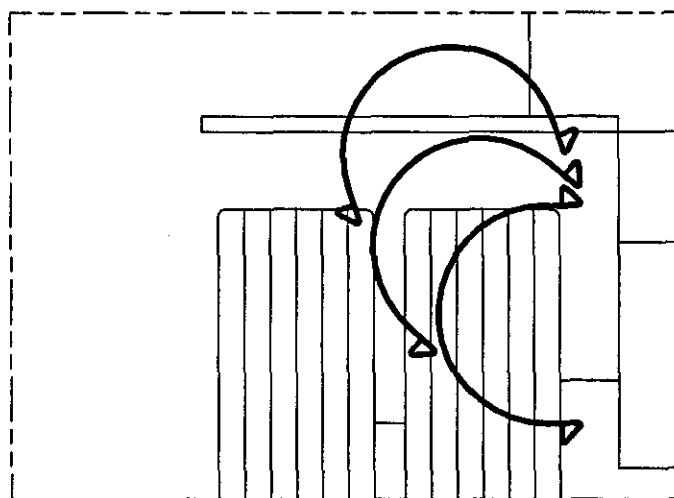


Figure 2

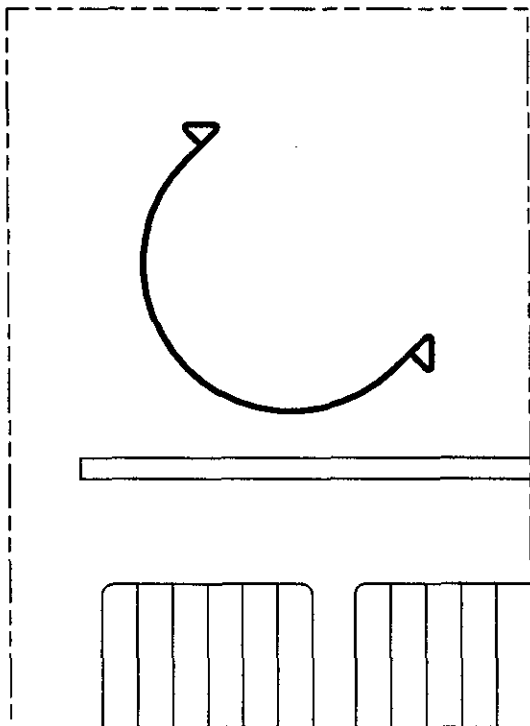


Figure 3

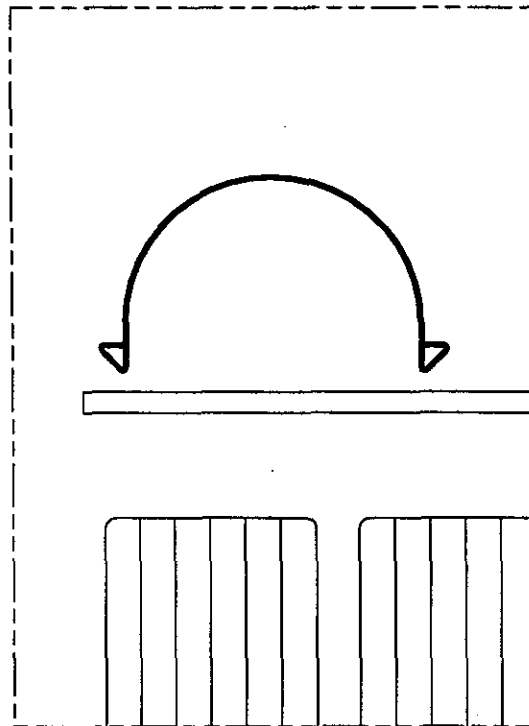


Figure 4

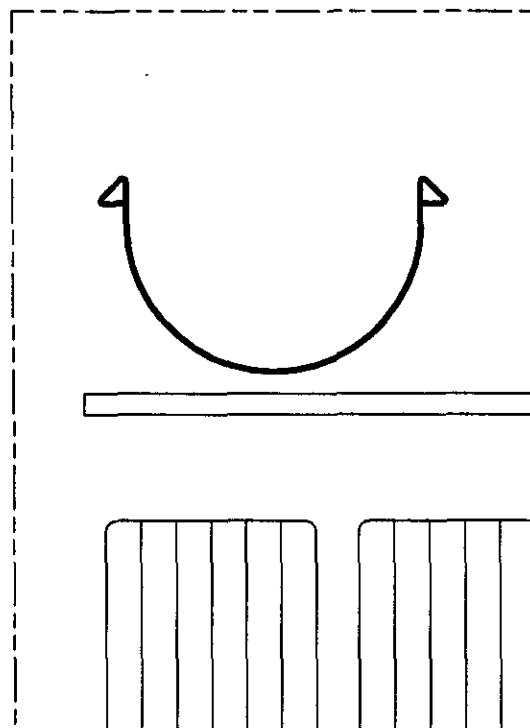


Figure 5

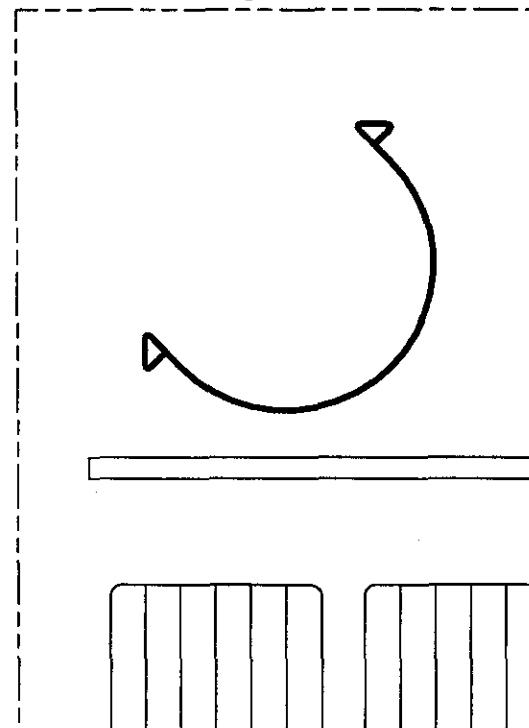


Figure 6

3.2 ÉTUDE DE FAISABILITÉ

- Réduction du poids de la dalle :

Les calculs théoriques exploratoires effectués par le CRIQ tendent à démontrer que seule une faible réduction du poids des dalles pourrait être obtenue, au détriment cependant de la rigidité et du coût de fabrication. Voir à l'annexe D, le dossier de calculs.

Une option possible serait d'utiliser des dalles mobiles de 36 po de long au lieu de 48 po, ce qui réduirait le poids d'environ 8 lbs. La longueur totale de la chute, c'est-à-dire de l'ensemble des dalles, pourrait être conservée en allongeant la deuxième dalle fixe de 24 po. Un système mécanique pour le déploiement de celle-ci serait alors vraisemblablement nécessaire (voir ci-après).

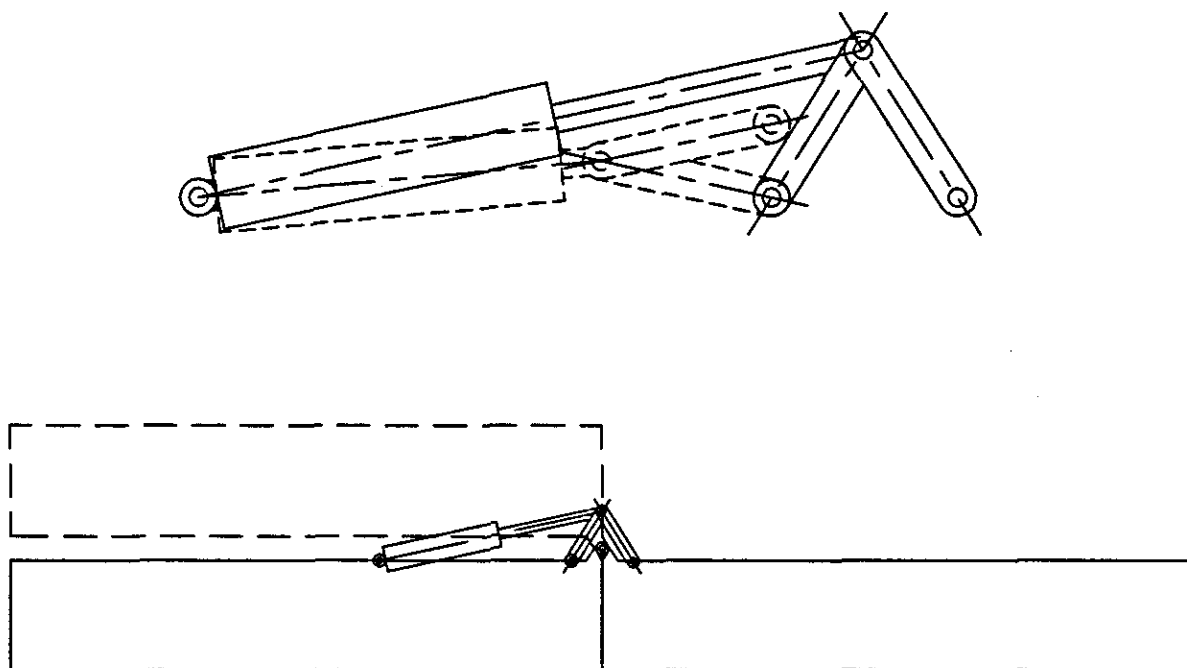
- Déploiement et rotation mécaniques :

Deux concepts sont proposés pour la mécanisation de la chute à béton, soit un mécanisme à ciseaux et vérin hydraulique (figure 7) pour le déploiement de la deuxième dalle fixe et un système à vérin double tige et poulies et câble (figure 8) pour la rotation. Ce dernier utilise le même principe que la bétonnière à déchargement avant.

Des estimations de coût ont été faites pour les deux systèmes combinés, c'est-à-dire déploiement et rotation, auxquels on a intégré les contrôles d'élévation de la chute. Voir à l'annexe E, le détail des coûts.

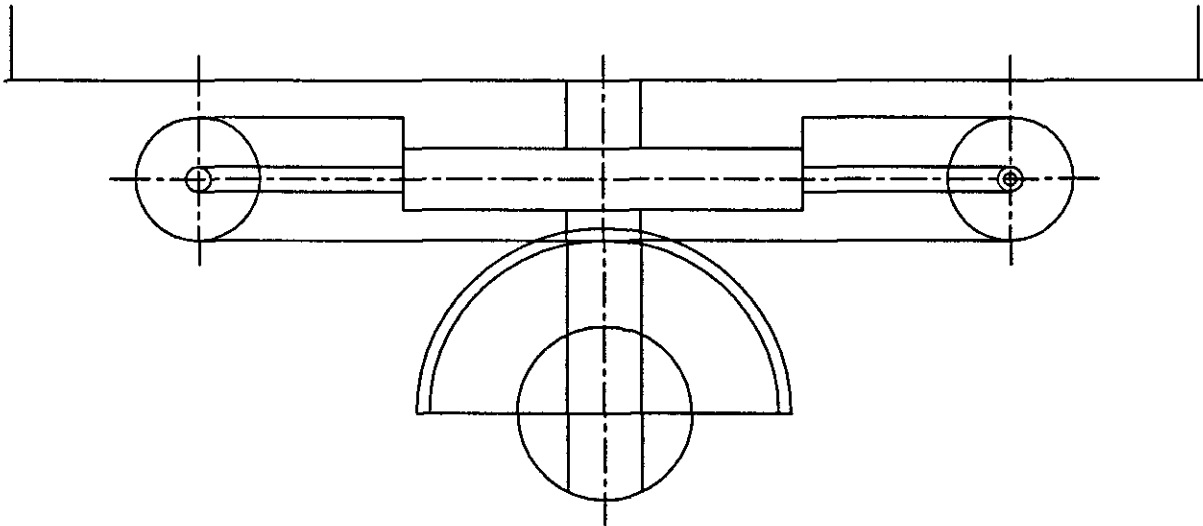
Les options que nous avons étudiées sont :

- 1) Commandes manuelles par levier, de l'arrière du camion seulement; coût estimé 2 700 \$ incluant 14 heures @ 40 \$ pour l'installation.
- 2) Commandes électriques, à l'arrière et dans la cabine: 3 690 \$ y compris 24 heures pour l'installation.
- 3) Commandes électriques dans la cabine et manuelles à l'arrière du camion, estimées à 4 680 \$ dont 960 \$ (24 heures) pour l'installation.
- 4) Commandes manuelles par levier de l'arrière du camion, pour le déploiement et l'élévation seulement: 1 000 \$.



Ciseaux pour dalle de bétonnière

Figure 7



Rotation pour dalle de bétonnière

Figure 8

- Déploiement manuel :

Dans le cas où le déploiement hydraulique n'est pas retenu, nous proposons deux améliorations pour le déploiement manuel :

- 1) La première idée est empruntée à quelques fabricants, notamment Cifa, Baryval et Coime. Elle consiste à ajouter une barre semi-circulaire, sur laquelle l'opérateur tire pour déployer la dalle. Celle-ci peut-être localisée de façon à augmenter le bras de levier et ainsi diminuer la force requise. Des calculs ont démontré qu'avec ce système, une diminution de plus de 30 % de la force peut-être obtenue. Il va sans dire que la dalle, dans la position repliée, ne doit pas s'arrêter dans le fond de la première dalle, ce qui diminue sensiblement le bras de levier, mais plutôt contre une ou des barre(s) d'arrêt, comme c'est le cas dans certaines bétonnières chez Béton Québec. Enfin, il existe une foule d'autres types de barres, bras ou poignées destinés à diminuer la force de déploiement; voir à l'annexe B, en particulier MTM et Coime.
- 2) Nous avons également remarqué, lors de l'examen des véhicules en opération chez Béton Québec, que dans la plupart des cas, le pivot de la dalle constitué de boulons et plaques trouées rudimentaires, laisse à désirer. Ce point pourrait être grandement amélioré en utilisant soit un axe transversal avec douilles et paliers (avec ou sans lubrification), soit douilles et paliers seuls. Il faut discuter si l'axe transversal peut constituer une nuisance dans le cas où l'opérateur utilise sa pelle pour aider à la descente du béton.

- Supports de dalles :

Une partie importante du projet a été la recherche de supports améliorés pour les dalles mobiles, les objectifs étant de diminuer l'effort requis pour enlever la dalle de son support et de positionner celle-ci adéquatement afin que l'opérateur la charge et la transporte facilement et l'accroche aisément au bout de l'autre dalle. Cinq solutions préliminaires sont présentées sur les figures 9 à 13.

Dans les discussions menant au choix de solutions, il faudrait regarder de près les méthodes d'attaches préconisées par les fabricants MTM & Oshkosh, qui sont non conventionnelles (à notre avis, celles-ci ne sont pas avantageuses puisque l'opérateur doit soulever la dalle afin de la placer sur son épaule).

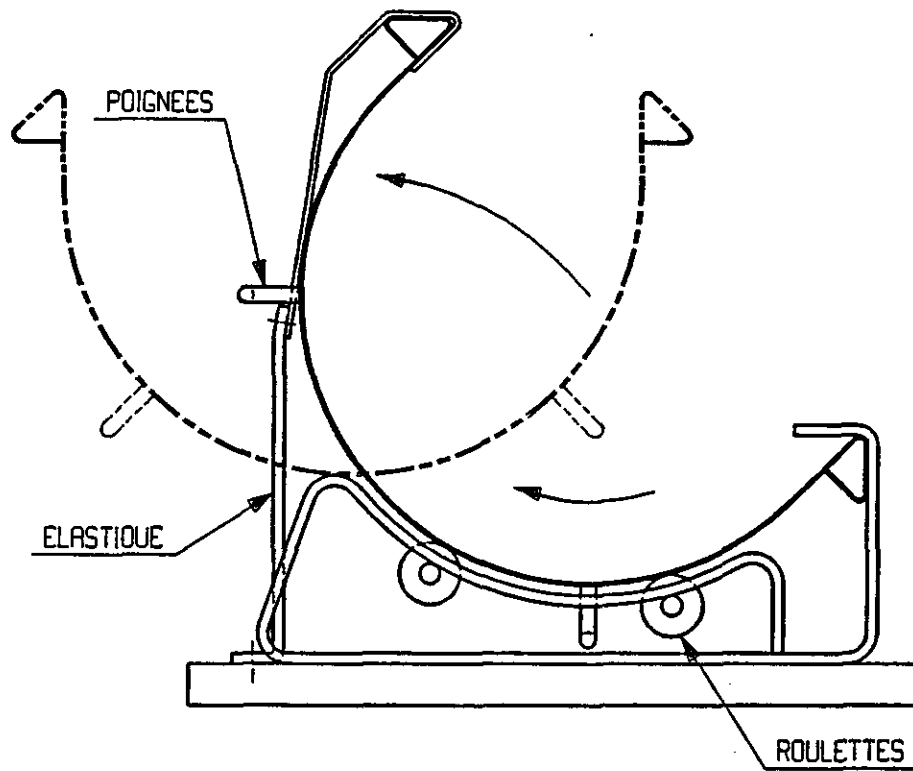


Figure 9

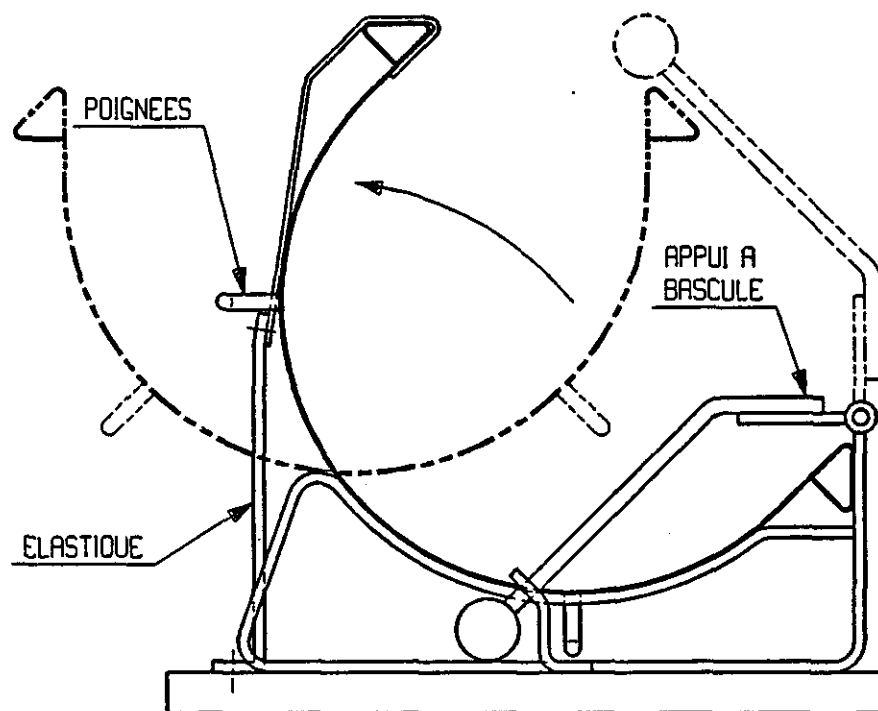


Figure 10

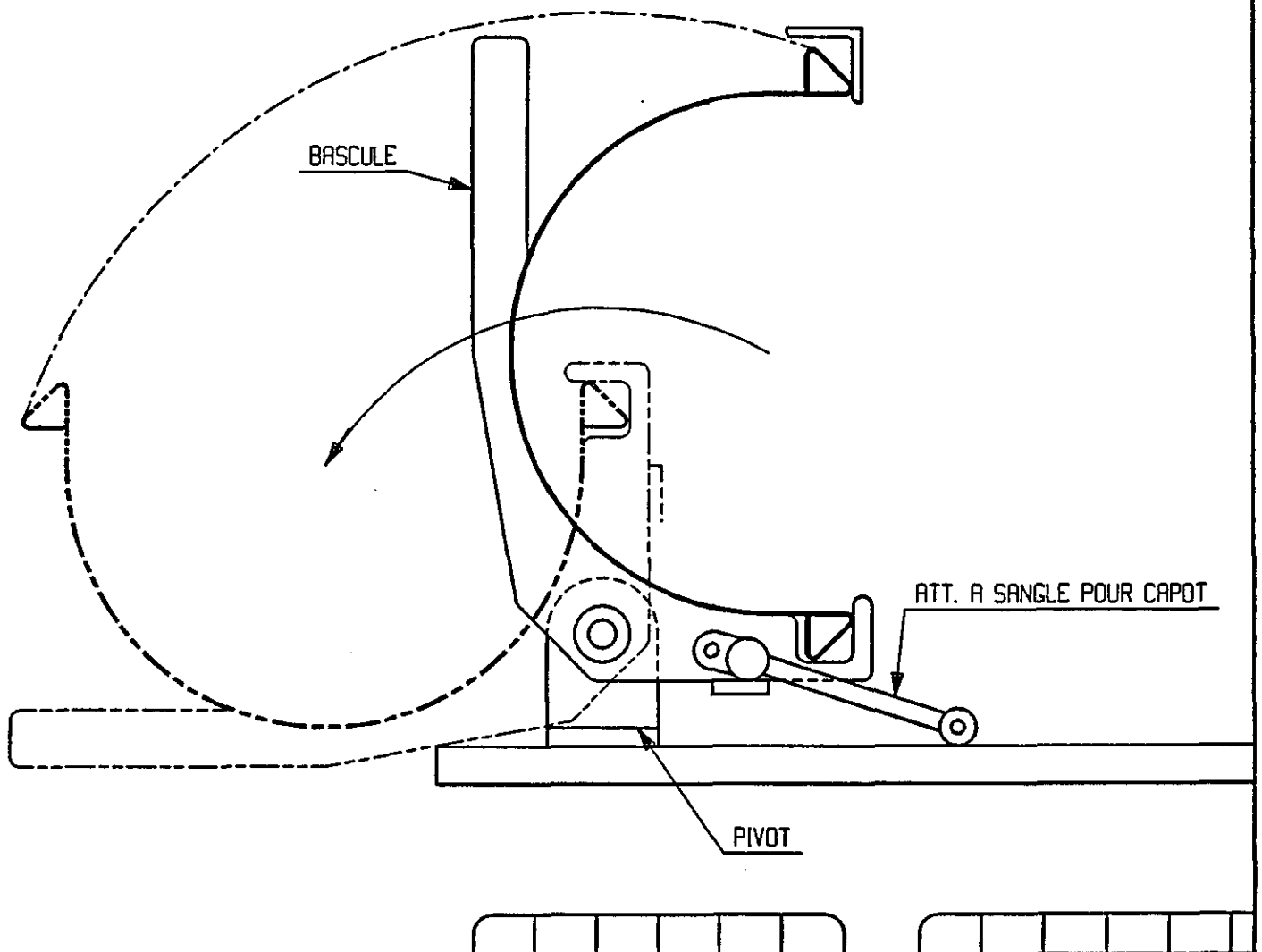


Figure 11

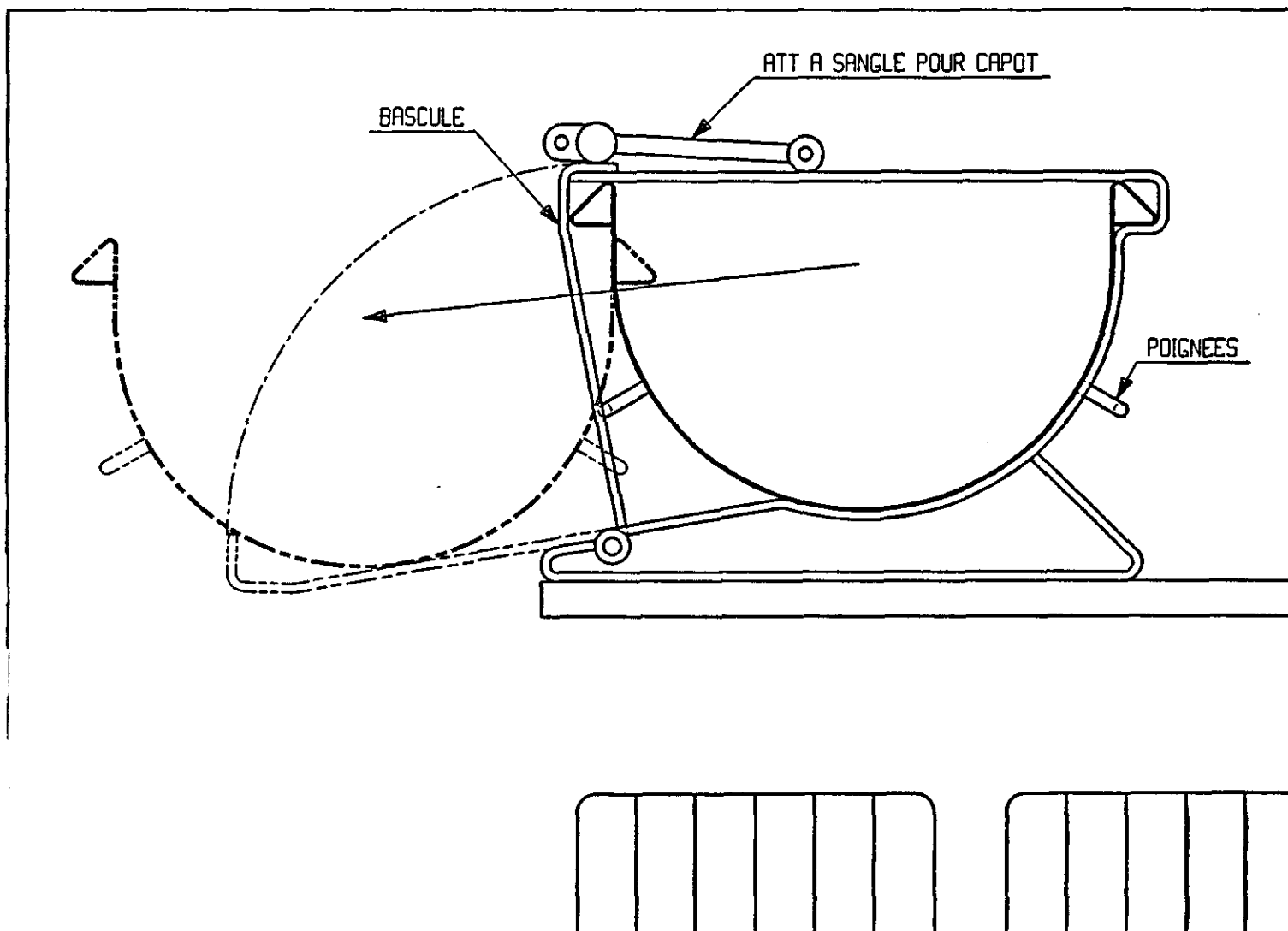


Figure 12

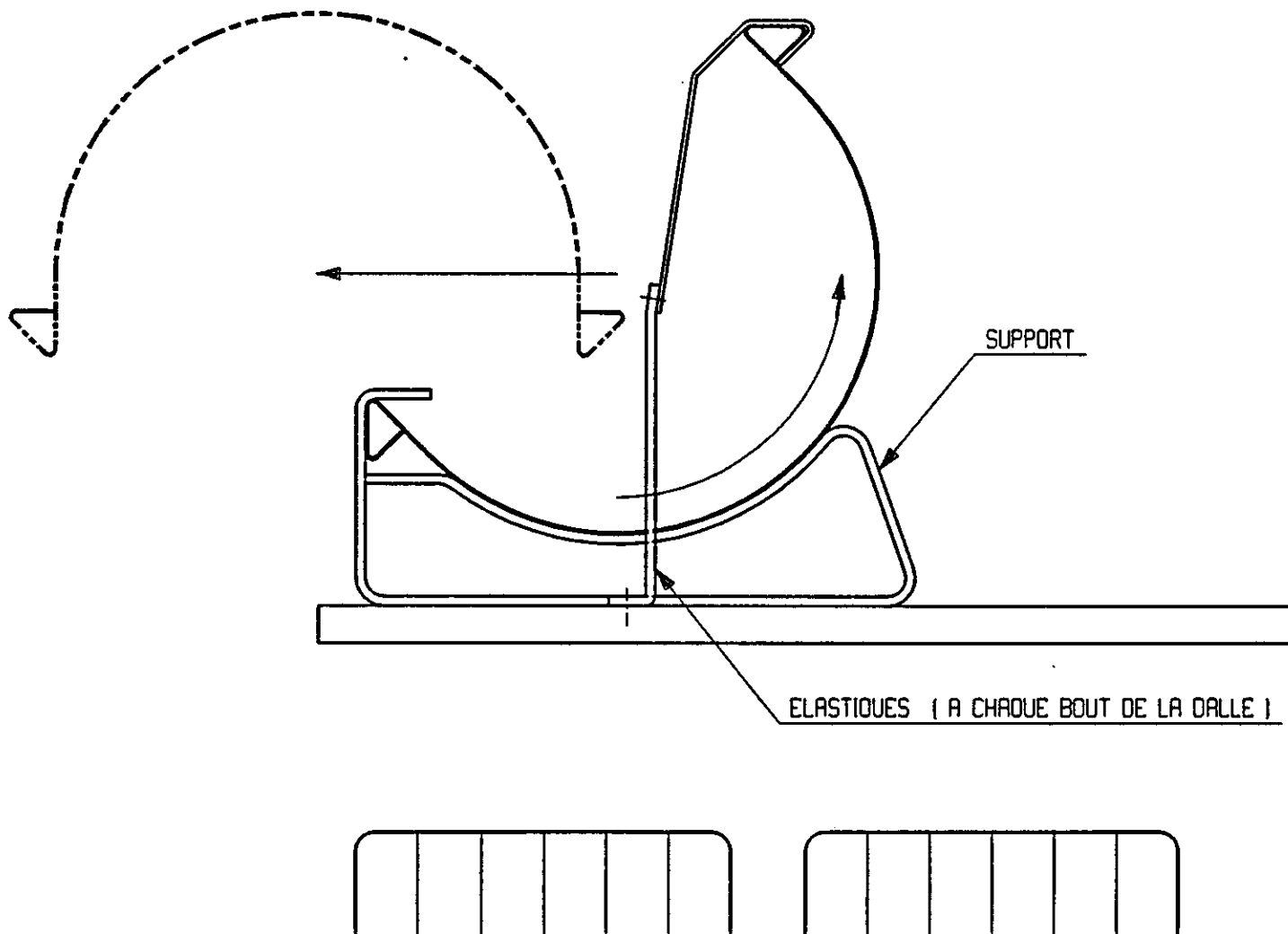


Figure 13

4.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le projet démontre qu'il est possible de plusieurs façons d'améliorer la manutention des dalles de bétonnières et ainsi contribuer à réduire les facteurs de risques qui y sont associés.

Tout d'abord, en ce qui a trait à la réduction du poids des dalles mobiles, nous n'avons pas de conclusions optimistes autres que :

- Attendre pour voir ce que McNeilus aura à offrir (dalle composite).
- Réduire, pourquoi pas, la longueur des dalles de 48 à 36 po, ce qui diminue le poids de façon considérable et augmente la "manoeuvrabilité". Afin de conserver la longueur actuelle de la chute, augmenter de 24 po la longueur totale des dalles fixes. Mécaniser le déploiement des dalles fixes.

Deuxièmement, au niveau de la mécanisation complète de la bétonnière, soit le déploiement, l'élévation et la rotation des dalles, nous croyons que les concepts et coûts avancés sont attrayants et que la technologie est rendue à cette étape, comme le démontre la bétonnière à déchargement avant.

Finalement, au chapitre de l'emplacement et du support des dalles mobiles, notre étude a fait ressortir huit solutions originales dont trois proviennent des fabricants de bétonnières, parmi lesquelles quelques unes devraient être testées, après une phase de développement, sur des véhicules en service, au choix des intervenants.

Nous recommandons, par conséquent, de procéder à l'étape suivante, à savoir la conception finale et la fabrication de prototypes d'essais.