

RAPPORT D'ÉTUDE

ESSAIS SUR LA BARRIÈRE AMOVIBLE
EN PÉRIODE HIVERNALE

CANQ
TR
GE
CA
662



Gouvernement du Québec
Ministère
des Transports

905898

ESSAIS SUR LA BARRIÈRE AMOVIBLE
EN PÉRIODE HIVERNALE

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
330, CHEMIN SAINTE-FOY
6^e ÉTAGE
QUÉBEC (QUÉBEC)
G1S 4X9

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
16 JUIN 2006
TRANSPORTS QUÉBEC

CANQ
TR
GE
CA
662

Ministère des Transports
Québec, août 1992

Direction de la circulation
et des aménagements
Service des projets Est
Division de la circulation

ÉQUIPE DE RÉALISATION

GROUPE DE TRAVAIL

René Martel, ing.,	Service des équipements
Roger Leclerc, tech.	" " "
Marcel Bouchard, ing	Région 3-2
Gilles Turgeon, contr.	District 15
Michel Vallée, ing., M.Sc.	Service des projets Est
Daniel Houle, ing.	" " " "
Pierre Cauchon, tech.	" " " "
André Lachance, tech.	" " " "

Table des matières

Équipe de réalisation	i
Tables des matières	ii
Liste des figures et des annexes	iii
1. INTRODUCTION	1
2. ENCADREMENT DES ESSAIS	2
3. FOURNITURE DU SYSTÈME ET RESPONSABILITÉ DE L'ENTREPRENEUR	4
4. BUT ET OBJECTIFS DES ESSAIS	5
5. LOCALISATION DU SITE ET DURÉE DES ESSAIS	7
6. DESCRIPTION SOMMAIRE DES ESSAIS	8
6.1 Essai # 1: Déplacements quotidiens	8
6.2 Essai # 2: Conditions de glace	8
6.3 Essai # 3: Récupération post-impact	8
6.4 Essai # 4: Remorquage	9
6.5 Essai # 5: Effort de déplacement	9
6.6 Essai # 6: Déneigement	9
6.7 Essai # 7: Section extensible	10
6.8 Essai # 8: Démarrage et système hydraulique	10
7. BILAN DES ESSAIS	11
7.1 Véhicule de transfert (VDT)	11
7.2 Barrière amovible	13
7.3 Déneigement	16
7.4 Adhérence de la barrière et déplacement lors d'impact	17
8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	19
BIBLIOGRAPHIE	21

LISTE DES FIGURES

	PAGE
Figure 1 Site d'essais sur le système de barrière amovible . . .	7

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Devis des essais.	25
Annexe B Description détaillé des tests.	35
Annexe C Relevés de température	63

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de gestion de la circulation sur les ponts à Québec, le ministère des Transports envisage comme stratégie possible, l'utilisation permanente d'un système de barrière amovible sur le pont Pierre-Laporte.

À certains endroits dans le monde, des systèmes similaires permanents sont en opération, entre autres à Gennevilliers en France, à Dallas aux États-Unis et à Auckland en Nouvelle-Zélande. La plupart de ces endroits ne sont pas soumis, ou très peu, à des conditions climatiques hivernales telles que dans la région de Québec.

Ici au Québec, le système de barrière amovible a déjà été utilisé pour assurer la sécurité lors des travaux de réfection des grands axes de la région de Montréal. Au cours des quelques périodes estivales où il fut mis à l'épreuve, le système a répondu aux attentes du Ministère.

L'utilisation sur une base permanente au Québec, qu'il s'agisse du pont Pierre-Laporte ou ailleurs, exige donc une meilleure connaissance des performances et caractéristiques de ce système sous des conditions hivernales. Le Ministère a donc décidé de procéder à une série d'essais lui permettant d'obtenir ces connaissances.

Le document présenté ici se veut une évaluation technique du système de barrière amovible dans un contexte hivernal.

2. ENCADREMENT DES ESSAIS

Les essais furent élaborés, suivis et analysés par un groupe de représentants du ministère des Transports, rattachés à différentes entités administratives. Le comité de suivi fut formé par:

MM. Marcel Bouchard, ing., Région 3-2 (président)
Francis Gauvin, ing., Région 3-1
Gaston Desmeules, ing., District 15
Gilles Turgeon, contr., District 15
René Martel, ing., Service des équipements
François Poulin, M. Ing., Direction de la sécurité routière
Claude Beaupré, ing., Service des projets Est
Huan Nguyen, ing., Service des projets Est
Yves Julien, ing., Service des projets Est
Daniel Houle, ing., Service des projets Est
Michel Vallée, ing., M.Sc., Service des projets Est

Le rôle des membres du comité de suivi était:

- assurer le suivi des essais et l'interprétation des résultats;
- apporter leur collaboration à la réalisation de certains essais;
- suggérer des essais et des méthodologies à suivre;
- recommander si oui ou non le système de barrière amovible peut s'avérer une stratégie viable dans les conditions hivernales et, s'il y a lieu, de suggérer les modifications à apporter au système pour l'adapter aux conditions hivernales.

Le partage des responsabilités entre les unités administratives participantes s'est établi comme suit:

a) Direction régionale 3-2

- Coordonner et mettre en oeuvre les essais et diverses activités reliées à ceux-ci (déneigement, main-d'oeuvre, etc.).
- Superviser l'entrepreneur-fournisseur de la barrière amovible.

- Présider le comité de suivi.
- Rédiger le journal des activités liées à l'entretien, le déneigement, etc.
- Participer à la rédaction des rapports.

b) Service des équipements

- Assurer l'évaluation du véhicule et de ses composantes.
- Proposer des essais et observations liés au véhicule.
- Participer à la rédaction des rapports.

c) Service des projets Est

- Assurer le suivi technique des essais (relevés, mesures et observations).
- Rédiger le journal technique.
- Rédiger les différents rapports de suivi et d'évaluation.

et la collaboration de la Direction des communications pour:

- Assurer le lien avec les médias.
- Être le porte-parole du Ministère vis-à-vis la collectivité.

3. FOURNITURE DU SYSTÈME ET RESPONSABILITÉ DE L'ENTREPRENEUR

À partir d'un devis d'essais présenté à l'annexe "A", la compagnie Signalisation de Montréal inc. fut invitée à participer à la réalisation des essais. En résumé, son rôle consistait à:

- Fournir et opérer le système de barrière amovible.
- Effectuer les essais prévus au devis sur le système.
- Assurer la sécurité du site par la signalisation de travaux appropriée.
- Participer, au besoin, à l'analyse des essais et travaux inhérents.

Le système de barrière amovible mis à la disposition du Ministère pour les essais était conçu pour une utilisation temporaire, formule chantier. Dans son ensemble, le système disposait des mêmes caractéristiques que celui utilisé sur les grands chantiers de la région de Montréal. Pour faciliter son utilisation en période hivernale, le fournisseur avait effectué les modifications suivantes:

- ajout d'un système de traction sur quatre roues (4x4)
- ajout de crampons sur les pneus
- ajout d'une gratte pour chaque direction (2)
- ajout d'un système de pré-chauffage pour l'huile moteur et l'huile hydraulique
- ajout d'un cylindre frontal pour soulever la rampe d'embarquement/débarquement des blocs
- ajout d'un treuil à une extrémité

4. BUT ET OBJECTIFS DES ESSAIS

Le but de ces essais était de déterminer si le système de barrière amovible pourrait être utilisé tout au long de l'année au Québec pour augmenter la capacité d'une infrastructure à fort débit de circulation comme dans le cas du pont Pierre-Laporte.

L'application permanente de cette stratégie exige cependant l'atteinte de certains objectifs spécifiques, soit:

- évaluer la performance globale du système dans des conditions hivernales telles que glace, neige, froid extrême;
- définir des stratégies de déneigement des abords de la barrière les besoins en termes d'équipements spécifiques ou ajout au véhicule de transfert;
- établir les procédures de remise en état de la barrière suite à une collision ou d'un bris d'une composante;
- vérifier la résistance à l'usure du système et son comportement après plusieurs déplacements;
- familiariser le personnel du ministère des Transports au système de barrière amovible;
- permettre au Ministère de d'acquérir l'expertise nécessaire quant à l'utilisation de cette technologie pour la gestion du trafic.

Au cours des essais un nouvel objectif s'est ajouté soit celui d'évaluer l'adhérence de la barrière de béton sur une surface de pavage enneigée.

5. LOCALISATION DU SITE ET DURÉE DES ESSAIS

Le site des essais fut l'ouvrage d'art de la route 175 enjambant l'autoroute 20 à Charny. La figure 1 montre la localisation du site des essais. Le site a été retenu pour les critères suivants: similitude des conditions du pont Pierre-Laporte, facilité d'accès, proximité du district responsable des opérations et idéalement hors du réseau routier à haute fréquentation. La section de la barrière fournie avait une longueur de 300 m et recouvrait la partie en structure du viaduc et une approche en pente.

Les différents essais sur le terrain se sont déroulés durant la période du 20 janvier au 28 février 1992.

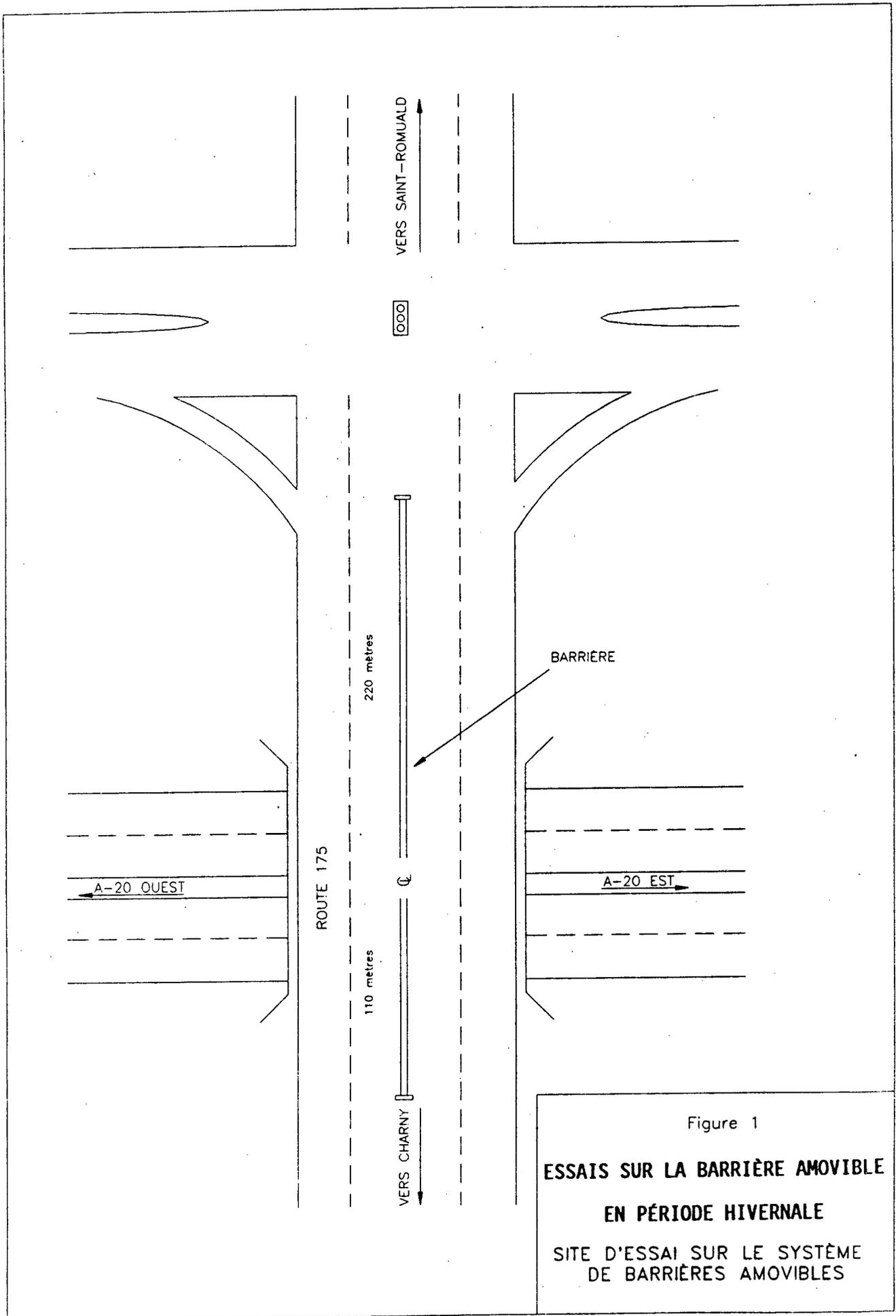


Figure 1

ESSAIS SUR LA BARRIÈRE AMOVIBLE

EN PÉRIODE HIVERNALE

**SITE D'ESSAI SUR LE SYSTÈME
DE BARRIÈRES AMOVIBLES**

6. DESCRIPTION SOMMAIRE DES ESSAIS

Pour atteindre les principaux objectifs de série d'essais sur le système de barrière amovible, huit (8) tests furent élaborés. Chacun fournissait une partie de l'analyse visant à vérifier la fiabilité d'un système de barrière amovible dans des conditions hivernales. (voir annexe "A" pour la présentation des essais en détail)

6.1 Essai # 1: Déplacements quotidiens

Pendant les 30 jours ouvrables des essais, le véhicule de transfert (VDT) a procédé à deux déplacements journaliers de la barrière amovible. Il s'agissait de simuler des conditions d'opération du système de barrière se rapprochant autant que possible d'un aménagement permanent.

Cet essai général a permis de vérifier si le système de barrière amovible en béton représente une option possible d'aménagement dans la gestion du trafic dans un lieu géographique soumis à des conditions hivernales.

6.2 Essais # 2: Conditions de glace

Cet essai spécifique visait à observer le comportement du véhicule et de la barrière lorsque celle-ci est prise dans la glace. La glace pouvait être formée de façon naturelle ou artificielle (par arrosage).

6.3 Essai # 3: Récupération post-impact

Cet essai spécifique tentait de déterminer des procédures de remise en place de la barrière amovible à la suite d'un impact latéral. On simule la position finale des blocs de la barrière amovible suite à

un impact et on procède au repositionnement des blocs à l'aide du véhicule de transfert ou à l'aide d'une barre de force en acier.

6.4 Essai # 4: Remorquage

Un autre essai spécifique sur le système de barrière amovible est celui de la simulation d'une panne du VDT pendant ses opérations de déplacement. Les observations réalisées sont à l'effet qu'il soit possible ou non de remorquer le VDT tout en complétant le déplacement de la barrière et ce, à l'aide d'un autre véhicule (ex.:10 roues conventionnel).

6.5 Essai # 5: Effort de déplacement

Cet essai comportait trois volets visant à mesurer les forces nécessaires au déplacement latéral et horizontal d'un ou plusieurs blocs de la barrière. Cela devrait permettre de calculer les coefficients de friction statique et dynamique dans des conditions hivernales, ainsi que la force d'arrachement dont devrait disposer le véhicule.

6.6 Essai # 6: Déneigement

Une des composantes principales associée à l'opération d'une barrière amovible en condition hivernale est la présence de neige.

Cet essai en plusieurs volets visait à optimiser l'utilisation de divers équipements de déneigement en tenant compte des spécificités propres à la barrière amovible. Diverses stratégies et procédures étaient donc à envisager et à évaluer. Les intervenants du district et de la région sont à ce compte, privilégiés quant à leur expérience.

6.7 Essai # 7: Section extensible

L'utilisation d'une section extensible permet ici d'explorer deux facettes de l'exploitation de la barrière amovible. En premier lieu, il s'agissait de voir dans quelle mesure l'utilisation d'une telle section permettrait d'absorber le déplacement cumulatif (bloc à bloc) de la barrière. En second lieu, les opérations inhérentes à une section extensible obligent à la permutation de bloc de façon à garder la configuration initiale. Le véhicule de transfert (VDT) et les opérateurs devraient donc être en mesure de réaliser une procédure d'enlèvement, de déplacement et de connexion.

6.8 Essai # 8: Démarrage et système hydraulique

Le véhicule de transfert (VDT) fonctionne à l'aide de plusieurs sous-systèmes hydrauliques. La masse d'huile utilisée est considérable (120 litres). Si une panne surgissait en hiver, quelles en seraient les conséquences? Il s'agissait donc ici d'évaluer le comportement du système hydraulique à la suite de bris et ce, par temps froid.

7. BILAN DES ESSAIS

Le bilan des résultats et observations obtenus au cours des essais sont regroupés selon leur aspect fonctionnel, soit: le véhicule de transfert (VDT), la barrière de béton, les procédures de déneigement et la sécurité offerte par le système. L'annexe "A" présente en détail, pour chacun des essais, les résultats et observations obtenus au cours de ceux-ci.

7.1 Véhicule de transfert (VDT)

Au cours de la période des essais, soit du 20 janvier au 28 février 1992, la température extérieure observée, au moment des essais, a variée de - 20° C à + 1° C (une seule fois au-dessus du point de congélation). L'annexe C fait état des conditions climatiques observées. Dans l'ensemble, des conditions de température froides ont prévalu.

Le véhicule a démontré une bonne fiabilité. Tous les jours, il a démarré et a effectué les déplacements requis. Au total, 56 déplacements furent effectués. Le temps moyen a varié de 3 à 4 minutes/ déplacement. Dans l'optique d'un système permanent et pour assurer un confort minimal et sécuritaire aux opérateurs, le véhicule de transfert (VDT) devrait être recouvert d'une cabine.

De légers bris de matériel tel que roulettes de transfert, fusibles, pneus et tubes hydrauliques, ont eu lieu mais n'ont pas influencé la marche des opérations. Dans tous ces cas, la présence du mécanicien en tant qu'opérateur, a limité les arrêts de travail au strict minimum. Une unité mobile de réparation à proximité des essais s'est aussi avérée des plus utiles.

Le premier déplacement, soit le 20 janvier 1992 a été retenu comme essai en conditions de glace. La semaine précédente, la barrière avait été soumise à de fortes pluies, suivies de froids de -30° C. La barrière reposait dans une assise de glace dont l'épaisseur variait de 4 à 8 cm. Le déplacement s'est effectué de façon continue à une vitesse d'environ 3 km/h. Le cylindre frontal du véhicule de transfert (VDT) s'est avéré essentiel. Il a permis l'arrachement des premiers blocs pris dans la glace.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus lors de l'essai en conditions de glace ont été satisfaisants. Les conditions de glace, susceptibles d'être rencontrées en période hivernales, ne devraient pas gêner le déplacement de la barrière mais cependant rendre problématique le dégagement du cordon de glace résiduel. L'utilisation d'une niveleuse circulant à contresens de la circulation s'est avérée nécessaire au moment de l'essai.

Le véhicule de transfert (VDT) a simulé une panne de moteur pour ensuite être remorqué par un camion 10 roues dans la section où la pente était la plus prononcée. Lorsque le véhicule de transfert (VDT) est arrêté, les roues se bloquent automatiquement. Par une procédure manuelle, ce mécanisme demande à être mis hors fonction avant de procéder au remorquage. Il n'y a pas de système de freinage auxiliaire pour retenir le véhicule de transfert (VDT) advenant la rupture de l'attache dans une pente. De plus, la barre d'attache d'essai, réglementaire pour tout remorquage, du véhicule de transfert (VDT) était trop courte pour être attachée à l'arrière d'un camion 10 roues normalement utilisé par la voirie. Également, lors d'une panne de moteur, la conduite assistée se retrouve hors fonction faisant en sorte que l'alignement de la barrière n'est pas tout à fait rectiligne. Le remorquage est donc possible mais il s'agit somme toute d'un dépannage.

Selon un représentant de la compagnie de "Barrier System", le véhicule de transfert (VDT) utilisé à l'installation permanente de Dallas au Texas possède un système d'appoint (direction et freins) auxiliaire, lequel entre en fonction lors d'une panne du moteur principal.

Le véhicule peut demeurer arrêté par grand froid pour une période d'au moins deux heures, s'il est arrêté à chaud. Le fonctionnement du système hydraulique fonctionne alors sans problèmes. Dans les conditions où le test a été effectué, (température extérieure - 9° C) le véhicule de transfert (VDT) aurait pu être arrêté sans limite de temps, la température n'étant pas assez froide pour empêcher l'huile de circuler.

Le moteur du véhicule de transfert (VDT) testé était de marque John Deere G-359T, 200 hp. Ce type de moteur, utilisé sur les chargeuses du ministère des Transports dans les aéroports nordiques, a fait ses preuves. Dans les conditions d'opération normales hivernales au Québec, il faudrait cependant prévoir des équipements d'entreposage, un garage chauffé où le véhicule de transfert (VDT) serait stationné et entretenu. Si la période d'inactivité sur le site d'opération devait dépasser deux heures, il faudrait prévoir une installation électrique propre à brancher le véhicule de transfert (VDT). Un abri extérieur en supplément diminuerait de façon sensible, la déperdition de chaleur liée au facteur éolien, surtout si le véhicule de transfert (VDT) n'est pas muni de cabine, ni de capot.

7.2 Barrière amovible

Le nombre de blocs utilisés pour les essais a été de 300 unités reliées ensemble par des attaches métalliques. La longueur de la barrière, au cours des essais est demeurée relativement constante à 301,8 mètres.

Également, durant les essais, la barrière de béton dans son ensemble, s'est déplacée, changeant ainsi la position de ses extrémités. Un glissement de 2.8 mètres s'est effectué en direction nord, soit vers le bas de la pente.

Un essai visant à déterminer la méthodologie de récupération de la barrière suite à un accident, fut effectué sur le site d'essais. Inspiré du test #445 du rapport "Vehicule Crash Tests of Amovable Concrete Barrier", le déplacement latéral initial de la barrière était de 0,9 m. Le repositionnement de la barrière à l'aide du véhicule de transfert (VDT) a donné des résultats satisfaisants (déplacement résiduel de 25 cm). Également, le repositionnement de la chaîne à l'aide d'ouvriers munis de barres de force a donné des résultats acceptables (moins de 5 minutes).

Cet essai a aussi permis de constater que, suite à un impact, la chaîne peut même être remise en place avec différents équipements tels qu'une niveleuse ou un chasse-neige. D'après le représentant de la compagnie "Barrier System", un système de guidage dans le pavage élimine lors du repositionnement, tout déplacement résiduel.

La collecte des données relatives à une section extensible en permutation aurait dû permettre de comprendre le comportement de la barrière amovible à la suite de nombreux déplacements. Plus particulièrement, il s'agissait de mettre en relation les composantes étirement/durée, de façon à évaluer les mouvements relatifs de bloc à bloc, suite à plusieurs déplacements de la barrière. La période de temps où le bloc extensible fut disponible (1 semaine) ne fut pas suffisante. En second lieu, il fut tout de même possible de mettre en place des procédures opérationnelles rapides et sécuritaires de permutation des blocs.

Dans une application éventuelle sur un ouvrage d'art, compte tenu de la légère courbe verticale que forment le tablier et ses approches, il est possible que la barrière se déplace vers le bas, soit vers les deux extrémités. La partie centrale deviendrait alors en tension et de ce fait, difficile à soulever lors des manoeuvres de transposition de la barrière. Selon un représentant de la compagnie "Barrier System" le système permanent possède un dispositif électro-mécanique permettant de maintenir un espacement optimal entre les blocs. Également, de nouvelles attaches des systèmes permanents ont des ressorts en pré-tension qui aident eux-aussi à conserver un espacement constant entre les blocs. Sur ce point, une meilleure connaissance de ce nouveau système permanent s'avérera nécessaire.

Les essais quotidiens qui, malgré tout représentent un nombre limité de déplacements (56) ne permettent pas de dégager des observations spécifiques concernant la résistance des blocs. À leur arrivée sur le site, beaucoup de blocs avaient les arêtes abîmées. Ce phénomène peut s'expliquer par l'environnement de chantier et les manutentions qu'ils ont pu subir.

Selon le représentant de la compagnie "Barrier System" l'effritement des blocs d'un système permanent ne devrait pas se produire, car un béton plus résistant est utilisé lors de leur fabrication. La forme arrondie des arêtes ne peut être trop utilisée, car toujours selon le représentant de la compagnie, elle diminuerait la sécurité lors d'impacts en permettant aux blocs de se rabattre davantage. Pour sa part, l'aménagement de Genevilliers en France utilise des blocs recouverts d'acier galvanisé, rendant ainsi impossible l'éclatement des arêtes des blocs. Sur ce point, une meilleure connaissance du vieillissement des systèmes permanents en opération s'avérerait utile pour fixer le choix entre des blocs complètement en béton ou des blocs recouverts d'acier galvanisé.

7.3 Déneigement

Selon qu'il s'agisse de conditions de neige ou de glace, la stratégie à privilégier différencierait.

En conditions de neige, il existe deux options pouvant être envisagées pour dégager le cordon de neige résiduel. Une première voit la modification du véhicule de transfert (VDT) en y ajoutant une gratte suivie d'un balai rotatif, en finissant par l'épandage d'abrasif chaud selon le cas. Même si cette option requiert des modifications importantes au véhicules de transfert (VDT), elle limiterait les équipements et la main-d'oeuvre au minimum.

En conditions de glace, lorsque le cordon résiduel est composé essentiellement de glace, l'entretien hivernal peut s'avérer plus problématique. Selon l'essai en conditions de glace, soit le 20 janvier 1992, il a fallu faire appel à des niveleuses pour dégager la glace résiduelle suite à la transposition de la barrière. Dû au mode de fonctionnement du système, il sera difficile d'enlever le cordon de glace immédiatement après les manoeuvres de transposition de la barrière. Des stratégies assurant la sécurité des automobilistes et des équipements sont à prévoir.

Les chasse-neige (sens unique) peuvent s'approcher de la barrière de béton jusqu'à une distance de 10 cm à 15 cm. Lorsque ceux-ci s'appuient sur la barrière de béton, celle-ci se déplace facilement. Si le chasse-neige était muni d'un patin latéral, le déneigement s'effectuerait à 40 km/h avec un ourlet résiduel minimal.

Lors des manoeuvres de déneigement des abords de la barrière, la gratte intégrée au véhicule de transfert (VDT) a démontré certaines lacunes; une inclinaison insuffisante de la lame, l'angle d'attaque

repoussait la neige sous la roue arrière droite, des plaques de renforcement gênaient l'écoulement de la neige, etc. Sa conception demande à être revue si une telle option devait être retenue.

Les essais de déneigement ont permis d'apporter des réponses à certaines interrogations des participants. Il est cependant évident que la question des stratégies de déglacage devra faire l'objet d'une très grande attention lors d'un éventuel aménagement permanent.

7.4 Adhérence de la barrière et déplacement lors d'impact

Selon des responsables de l'entretien routier il est fréquent de rencontrer des conditions de pavage enneigé glacé, sur les ouvrages d'art surplombant des cours d'eau d'envergure tel que le fleuve St-Laurent, auxquelles s'associe le phénomène de "glace noire". Dans ces conditions, les équipes de travail affectées au déglacage ne parviennent pas toujours à dégager complètement la surface de roulement. L'adhérence que peut offrir la barrière de béton transposable en hiver devient alors un point à considérer.

Des essais en vue d'évaluer le coefficient de friction entre la chaîne de béton et des conditions de pavage mouillé et de pavage enneigé furent effectués. L'analyse des résultats démontre que les coefficients de friction statique et dynamique sur pavage enneigé, comparativement aux conditions de pavage mouillé, seraient respectivement inférieurs de 30% et 50%. Ces diminutions seraient encore plus marquées si la surface était de glace. Compte tenu des limites des essais effectués, des analyses supplémentaires seront nécessaires afin de bien cerner le rôle de l'adhérence dans le processus physique de déplacement de la barrière lors d'impact en hiver. Il faut noter que lors d'impacts avec la barrière, les déplacements de celle-ci influenceront aussi la circulation en sens

inverse. Il existe donc un déplacements maximum admissible à déterminer.

Aucun essai effectué à l'hiver 1992 ne prévoyait des essais d'impacts réels avec la barrière. Mais en soi, selon une étude effectuée par l'État de la Californie et publiée dans son rapport "Vehicule Crash Tests of Amovable Concrete Barrier", que lors d'un impact automobile/barrière, celle-ci se déplace. Quoique limités, les déplacements observés lors des essais sur pavage sec, variaient de 0,5 m à 1,14 m. La masse du véhicule, sa vitesse, et l'angle de collision sont des facteurs influençant le déplacement de la barrière lors d'un impact.

Concernant les collisions véhicule lourd/barrière amovible, la littérature ne fait pas état d'expériences à ce sujet. Selon le représentant de la compagnie "Barrier System", il y aurait eu environ huit impacts de véhicules lourds avec une barrière amovible en site opérationnel. Sans disposer de données précises, ce dernier mentionne qu'il n'y aurait pas eu de collision avec des véhicules circulant en sens inverse.

8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les principales conclusions et recommandations se dégageant des essais sont les suivantes:

1^o Le véhicule de transfert(VDT) a démontré sa fiabilité lors des essais hivernaux quotidiens. Même par grand froid et malgré sa version "chantier", le VDT a effectué toutes les manoeuvres requises.

2^o Il est possible de déneiger adéquatement l'accumulation de neige aux abords de la barrière lors des manoeuvres de déplacement. Il existe deux solutions pour ce faire soit la modification du VDT, soit l'utilisation d'un véhicule auxiliaire. Des recherches supplémentaires sur les équipements disponibles permettraient de faire un choix éclairé.

3^o Il est aussi possible de transposer la barrière en conditions de glace. La puissance disponible du VDT est suffisante. La glace résiduelle doit cependant être enlevée à l'aide d'une niveleuse ce qui nécessite des stratégies élaborées de circulation.

4^o Au cours des essais, la barrière a effectué un glissement de 2.8 mètres en direction nord soit vers le bas de la pente. La problématique concernant l'accumulation de contrainte longitudinale entre les blocs persiste. Une meilleure connaissance des caractéristiques du système permanent de barrière amovible sera cependant nécessaire compte tenu que le système fourni était une version chantier.

5^o Suite à une collision normale avec un véhicule, la barrière peut être repositionnée avec le VDT, à la main, avec un chasse-neige ou une niveleuse. Les procédures sont simples et rapides. Le déplacement maximum admissible, pour la circulation en sens inverse, dépend des

caractéristiques de l'infrastructure considérée. Des stratégies pour le mouvement des véhicules sont à prévoir.

6° Le système n'a pas montré d'usure prématurée. La résistance des blocs de béton à plusieurs déplacements n'a pas fait défaut. Il faut cependant considérer la courte durée des essais pour ce type d'analyse. Encore une fois, l'étude supplémentaire des systèmes permanents existants permettraient d'élaborer davantage sur le sujet.

7° Les coefficients de friction statique et dynamique des blocs de béton diminuent sur pavage enneigé. L'adhérence au sol de la barrière amovible est réduite en conditions hivernales. Des analyses supplémentaires seront nécessaires afin de cerner la pondération réelle de l'adhérence dans le processus physique de déplacement de la barrière lors d'un impact.

8° Aucune donnée relative aux véhicules lourds n'a été compilée lors de ces essais. Aucune information sur les impacts de véhicules lourds avec des barrières amovibles n'a pu être mise à la disposition du groupe de travail.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- Increasing the capacity of congested corridors with the "Quickchange" moveable concrete barrier system, Barrier System inc., Sausalito, CA, 1990, 15p.
- 2- Le séparateur transposable, Techniques spéciales de sécurité, Rambouillet, France, 1986, 16p.
- 3- Performance evaluation of a movable concrete barrier, Transportation Research Board Record 1258, Washington, D.C., 1988, 14p.
- 4- A movable concrete barrier approach to the design and operation of a contraflow HOV lane, Texas Transportation Institute, College Station, Texas, 1991, 30p.
- 5- L'aménagement du viaduc de Gennevilliers, Techniques spéciales de sécurité, Rambouillet, France, 1986, 8p.
- 6- "Quickchange" barrier system, Barrier System inc., Sausalito, CA, 1986, 14p.

ANNEXE A

DEVIS DES ESSAIS

DEVIS D'ESSAIS SUR LE SYSTÈME DE BARRIÈRES AMOVIBLES

PROJET DE GESTION DE LA CIRCULATION
SUR LES PONTS À QUÉBEC

Région : Québec (3-1, 3-2)
District : 20, Québec et 15, Saint-Charles
M.R.C. : Communauté urbaine de Québec et
Les Chutes Chaudières
Circonscription
électorale : Louis-Hébert, Jean-Talon et Lévis
Municipalités : Sainte-Foy, Saint-Romuald et
Saint-Nicolas

Ministère des Transports
Novembre 1991

Service des projets Est

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
1.0 Contexte et objectifs des essais.....	1
2.0 Site des essais.....	2
3.0 Cédule des essais.....	2
4.0 Essais sur le terrain.....	2
5.0 Partage des responsabilités.....	3
6.0 Comité de suivi.....	4
7.0 Rapports de suivi.....	4
8.0 Coûts des essais.....	5

1.0 Contexte et objectifs des essais

Dans le cadre du projet gestion de la circulation sur les ponts de Québec, le ministère des Transports envisage comme stratégie l'utilisation d'un système de barrières amovibles sur le pont Pierre-Laporte. Au cours des grands travaux de la région de Montréal, le système en question semble avoir répondu aux attentes du M.T.Q. Par contre, dans le cas qui nous intéresse, certaines questions demeurent en suspens, soit la performance de ce système dans des conditions hivernales, les procédures d'intervention pour le déneigement de la barrière et la remise en état de celle-ci suite à une collision d'un véhicule ou à un bris d'une composante du système.

Un mandat devra être accordé à Signalisation de Montréal lequel est le seul fournisseur de barrière amovible au Canada. Il devra démontrer l'utilisation de ce système dans le contexte de gestion de voies sur le pont Pierre-Laporte. Une série d'essais dans des conditions hivernales sera donc envisagée.

Les essais, auront donc les objectifs suivants:

1. De vérifier la fiabilité du système dans des conditions hivernales telles que glace, neige, froid extrême ou autre;
2. De définir des stratégies de déneigement des abords de la barrière et les besoins en terme d'équipements spécifiques ou ajout au système;
3. D'établir les procédures de remise en état de la barrière suite à une collision ou d'un bris d'une composante;
4. De vérifier la résistance à l'usure du système et son comportement après plusieurs déplacements.

2. Site des essais

Le site des essais est l'ouvrage d'art de la route 175 enjambant l'autoroute 20 à Charny.

Ce site est retenu pour les critères suivants: similitude du site réel, facilité d'accès, proximité du district responsable des opérations et idéalement hors du réseau routier.

3. Cédule des essais

L'objectif premier des essais est de mesurer et de s'assurer des performances du système de barrières amovibles sous des conditions hivernales. Les différents essais sur le terrain devront se dérouler durant la période s'échelonnant au cours des mois de janvier, février et mars 1992. En ce qui concerne la cédule des essais, elle devra s'ajuster aux conditions climatiques observées au cours de cette période. Le fournisseur du système de barrières amovibles devra être disponible pour effectuer les différents tests et toutes les tâches inhérentes à ceux-ci durant ladite période.

4. Essais sur le terrain

L'ensemble des essais servira à démontrer la fiabilité du système comme une alternative fiable pour la gestion des voies sur le pont Pierre-Laporte sous des conditions hivernales. Une série d'essais sur le terrain apparaît donc indispensable pour l'évaluation de ce système. Sans être limitatif, les essais actuellement envisagés sont:

- . essais sur les performances du système dans des conditions d'enneigement, de glace, de verglas, de froid extrême ou autre;

- . essais dans le but de définir les stratégies de déneigement des abords de la barrière et les besoins en équipements spécifiques pour effectuer cette tâche;
- . essais dans le but de déterminer le temps d'intervention après un impact ou un bris et les procédures d'intervention pour remettre en état la barrière;
- . essais démontrant la résistance du véhicule lors des grands froids;
- . essais sur les déplacements possibles de la barrière et le comportement de celle-ci après plusieurs manoeuvres de déplacement.
- . essais sur les manoeuvres de permutataion et de connexion avec une section extensible.

Au besoin, au cours de l'évaluation du système sur le terrain, d'autres types d'essais pourront s'avérer nécessaires à l'évaluation du système de barrières amovibles. Vous trouverez à l'annexe I, le programme des tests. Nous avons regroupé ces tests selon leurs spécificités. D'autres tests peuvent s'avérer nécessaires pour lesquels le fournisseur devra être disponible.

5. Partage des responsabilités

Le fournisseur de barrière amovible aura donc comme responsabilité d'effectuer les essais sur ce système selon le programme de tests établi par le Ministère. À cet effet, il devra donc fournir le système de barrière amovible dont une section extensible, l'aménager sur le site retenu pour les essais et l'opérer. La barrière devra avoir une longueur de 364 mètres dont environ 30 mètres dans la cour du bureau régional de Charny. La barrière tout comme le véhicule de transfert devront être en parfaite condition.

Les équipements de signalisation nécessaires pour assurer la sécurité des usagers de la route, des travailleurs, de même que celui des équipements du système seront à la charge du fournisseur de la barrière. Le fournisseur devra aussi prévoir un abri pour le véhicule à être érigé à Charny aux bureaux de la région 3-2. Celui-ci devra également fournir le personnel nécessaire aux différentes tâches et collaborer aux relevés de données nécessaires à l'évaluation du système. La compagnie retenue sera invitée à participer aux réunions du comité de suivi de même qu'à la préparation des divers documents au besoin.

Pour sa part, le Ministère fournira et opérera les équipements accessoires aux essais, entre autres les déneigeuses, sableuses. Le Ministère fournira également l'électricité pour l'abri du véhicule. Également les divers relevés nécessaires à l'évaluation du système seront sous le contrôle et l'approbation du Ministère.

6. Comité de suivi

Le Ministère est le maître d'oeuvre de cet essai. L'ensemble des tests seront sous la supervision d'un comité de suivi formé de représentants de différentes unités administratives du Ministère. Parmi ses responsabilités, le comité de suivi aura celle d'accepter le devis des essais sur la barrière amovible, de superviser les essais, d'accepter et interpréter des résultats et finalement de formuler les recommandations auprès des autorités du Ministère. Pour ce qui est de la coordination des essais, elle sera sous la responsabilité du service des projets de Québec de concert avec les régions concernées.

Le comité de suivi sera formé de représentants des diverses unités administratives lesquelles restent à déterminer.

7. Rapports

Des rapports d'étapes et rapport synthèse sont prévus au cours des essais sur le système de barrière amovible. Au besoin, le fournisseur du système de barrière devra collaborer avec le personnel du M.T.Q. à l'élaboration des dits-documents.

8. Assurance

Le fournisseur devra remettre une preuve d'assurabilité. Le montant minimum exigé est de 1 000 000 \$.

ANNEXE I

PROGRAMME DES TESTS

Conditions normales.	Opération minimale, deux déplacements par jour, 5 jours par semaine pendant les neuf semaines prévues aux tests.
Test en période d'enneigement.	Déterminer les stratégies de déneigement. Vérifier la résistance aux abrasifs.
Test de déplacement lors* de conditions hivernales extrêmes (spécifique sur 20 sections).	Arroser la veille, laisser geler, déplacer le lendemain. Gel à la base de sections de barrière.
Test d'opération lors de périodes froides.	Vérification lors d'opération à moins de 40°C. Démarrage du véhicule par temps froid.
Simulation d'accidents*	Remettre en état la barrière, remplacement de composantes, de sections de barrières. Le déplacement est manuel.
Test d'utilisation d'une section extensible.	Effectuer les manoeuvres de permutation de section et de connexion avec une section extensible.

* A lieu dans la cour des bureaux de la région 3-2 à Charny.

ANNEXE B

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES TESTS

ESSAI NUMÉRO 1: DÉPLACEMENTS QUOTIDIENS

1. Description

Déplacement quotidien, deux déplacements par jour, 5 jours par semaine, pendant la durée prévue des essais, soit 30 jours.

2. But

Simuler les conditions d'opération du système sur le pont Pierre-Laporte ou toute autre application en condition hivernale.

3. Objectifs spécifiques

- Familiariser le personnel du Ministère au fonctionnement général du système.
- Vérifier les effets de la neige et de la glace sur le système en général (barrière de béton, véhicule).
- Vérifier si le système peut s'avérer une stratégie viable dans des conditions hivernales et, s'il y a lieu, de proposer des modifications.
- Mesurer les déplacements longitudinaux résiduels de la barrière de béton suite à plusieurs déplacements consécutifs.

4. Procédures

Les déplacements quotidiens sont prévus deux fois par jour, soit un après l'heure de pointe du matin et un second avant l'heure de pointe de l'après-midi.

- 1- Visite des lieux et autorisation de procéder par le responsable de la région.
- 2- Déneiger le site (si nécessaire).
- 3- Installer la signalisation adéquate.
- 4- Procéder au déplacement de la barrière de béton.
- 5- Nettoyer le cordon de glace ou de neige résiduel avant de repositionner la barrière de béton.
- 6- Ramener la barrière de béton à sa position initiale et retour du VDT au garage.

7- Remettre en place signalisation initiale.

5. Mesures et observations

- 1- Au total 56 déplacements furent effectués sous des températures froides variant entre -20° C. à 1° C.
- 2- Les déplacements furent effectués tous les jours à 9h30 et 14h30 chaque jour ouvrable.
- 3- Il n'y a eu que de faibles chutes de neige.
- 4- La durée du déplacement de la barrière de 300 blocs s'est située entre 3 et 4 minutes.
- 5- La chaussée était toujours dégagée, de surface sèche ou humide avec accumulation de neige (cordon) aux abords de la barrière amovible.
- 6- La barrière s'est déplacée en direction nord (sens de la pente) de 2.8 m.
- 7- L'alignement est toujours demeuré rectiligne après un déplacement mais sa position peut être excentrée.
- 8- De légers bris ont été observés sur l'équipement:
 - 3 roues du convoyeur du véhicule de transfert
 - fuite lente d'air d'un pneu (il existe des pneus durs)
 - éclats de béton sur la chaussée
 - bris d'un tuyau manomètre de pression d'huile
 - fusibles électriques

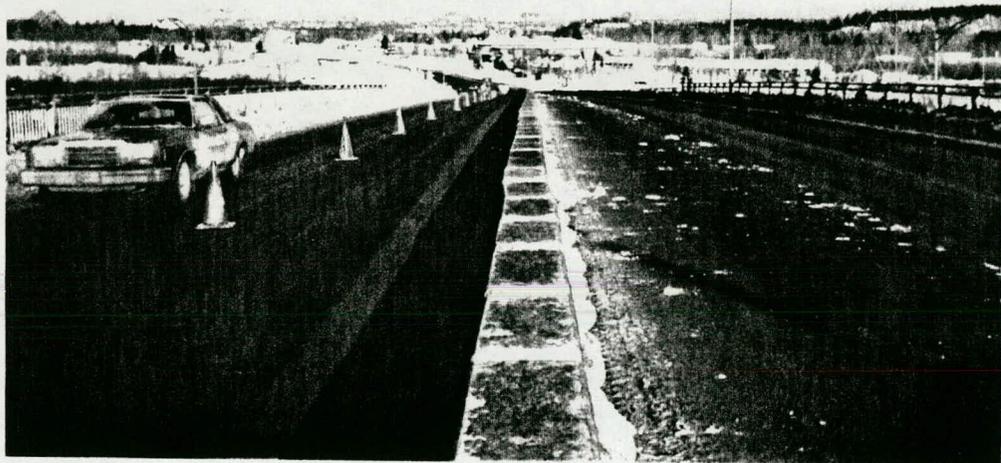
6. Synthèse des résultats

Le VDT a effectué tous les déplacements requis durant la période des essais. Un garage de toile et un chauffe-moteur ont gardé le véhicule à bonne température. A cause des froides températures et des chutes de neige, il serait préférable que le véhicule soit fermé pour ses manoeuvres.

L'utilisation de la gratte du véhicule a eu un résultat mitigé. Même si le principe se défend, la conception qui fut faite était déficiente. Le déneigement aux abords de la barrière est l'item où une grande attention s'impose.

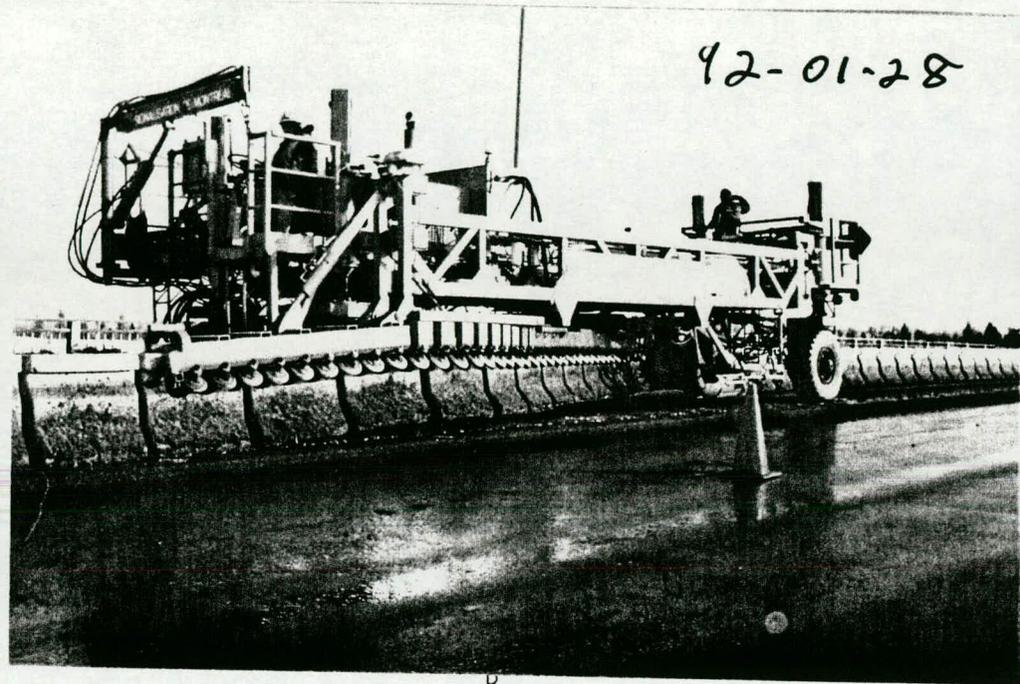
L'alignement de la barrière est droit mais il peut s'avérer difficile de se positionner dans l'axe optimal. Selon la compagnie "Barrier System", un système de guidage dans la chaussée permet de placer la barrière avec exactitude.

92-01-22



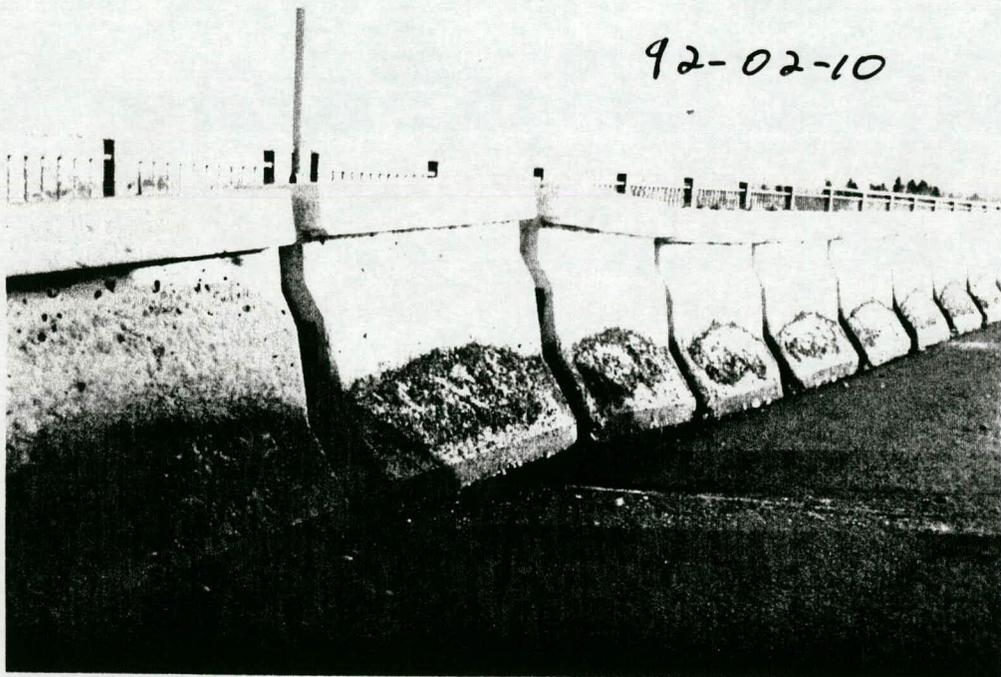
A

92-01-28



B

92-02-10



C

Essai no.1: Déplacements quotidiens

A- Vue nord: Alignement barrière

B- Détail: VDT durant déplacement

C- Détail: Blocs comprimés

ESSAI NUMÉRO 2: CONDITIONS DE GLACE

1. Description

Sur le site extérieur, il s'agit de reproduire des conditions de glace susceptibles d'être observées sur le pont Pierre-Laporte. Puis, par la suite, procéder aux manoeuvres de déplacement à l'aide du véhicule de transfert.

2. But

Vérifier la fiabilité du système sous des conditions de glace extrêmes.

3. Objectifs spécifiques

- Vérifier le comportement du véhicule sous de telles conditions.
- Vérifier si les manoeuvres de déplacement brisent la glace formée en surface de la barrière amovible.

4. Procédures

- 1- Dégager la surface sur laquelle va reposer la barrière amovible.
- 2- Arroser ou profiter des conditions climatiques pour bâtir une couverture de glace.
- 3- Laisser geler plusieurs jours et mesurer la couverture de glace.
- 4- Procéder au déplacement de la barrière.

5. Mesures et observations

- 1- Le premier déplacement de la barrière, soit le lundi 20 janvier 1992, fut retenu comme essai pour les conditions de glace. La température extérieure était de -22°C.
- 2- Les jours précédant l'essai furent marqués par des variations importantes de température et où alternèrent pluie, neige et verglas rendant la base de la barrière prisonnière de 408 cm. de glace.

- 3- Le véhicule de transfert (VDT) n'a pu utiliser sa gratte pour dégager la chaussée aux abords de la barrière par manque de puissance.
- 4- Le VDT a eu quelques difficultés à amorcer le déplacement en raison d'un manque de poids. On a alors utilisé le cylindre frontal pour arracher et charger les premiers blocs.
- 5- Les pneus à crampons ont leur utilité dans de telles conditions. Leur utilisation est cependant restreinte aux véhicules de moins de 3000 kg (Code de la sécurité routière, Section XIV, art. 89.2). Il faut alors obtenir une autorisation spéciale.
- 6- Le déplacement s'est effectué de façon continue à une vitesse réduite de 3 km/h.
- 7- Une niveleuse a été nécessaire pour dégager la chaussée de la glace résiduelle.

6. Synthèse des résultats

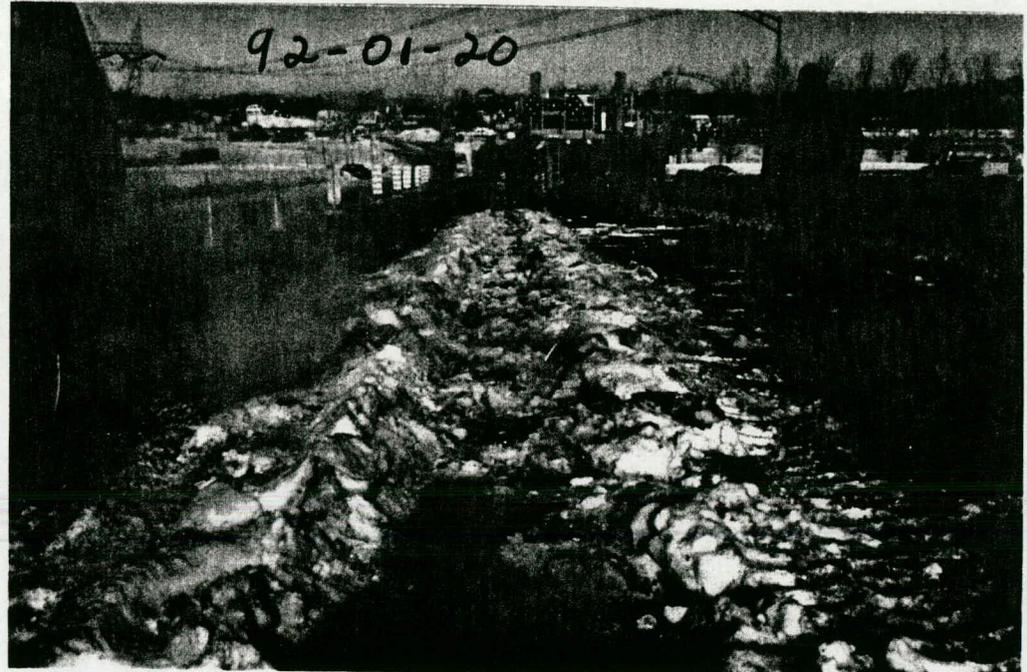
L'analyse se résume aux points suivants:

- 1- Les conditions de glace observées lundi le 20 janvier 1992 sont considérées comme extrêmes et représentatives pour les spécifications de l'essai.
- 2- Le véhicule était équipé d'un cylindre suffisamment puissant pour soulever la barrière en conditions de glace mais le temps requis pour de tels déplacements est légèrement plus long.
- 3- Il faut prévoir l'ajout de véhicules lourds de déneigement pour assurer le déglacage des abords de la barrière. Le VDT ne peut suffire seul à la tâche sous des conditions de glace.

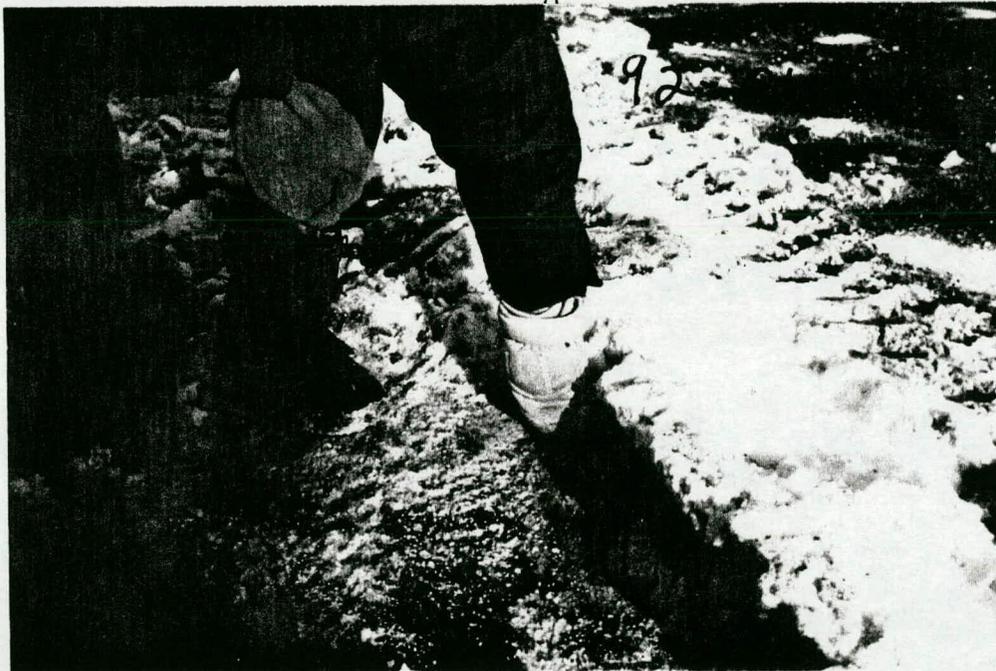
En conclusion, le véhicule devrait être en mesure d'assurer le transfert de la barrière dans la plupart des conditions de glace susceptibles d'être rencontrées sur le pont Pierre-Laporte. En contre-partie, des équipements lourds (niveleuse) devront être assignés ainsi que des procédures opérationnelles élaborées pour effectuer le déglacage quand de telles conditions se présentent. En effet à cause de l'empiètement de la niveleuse, cette dernière pourrait difficilement suivre le VDT sinon qu'en bénéficiant du support logistique de camions légers et de flèches lumineuses assurant la sécurité des manoeuvres. Le VDT pourrait être muni de chaînes ou obtenir un permis spécial pour utiliser des pneus à crampons.



A



B



C

Essai no.2: Conditions de glace

A- Vue nord: Barrière avant déplacement

B- Vue nord: Glace résiduelle

C- Détail: Épaisseur de la glace

ESSAI NUMÉRO 3: RÉCUPÉRATION POST-IMPACT

1. Description

Il s'agit de simuler le déplacement de la barrière amovible suite à une collision et de procéder à sa remise en place le plus rapidement et sécuritairement possible.

2. But

Déterminer des procédures de remise en place de la barrière amovible suite à une collision.

3. Objectifs spécifiques

- Déterminer la procédure la plus appropriée pour ce type d'intervention.
- Déterminer les besoins en termes de main-d'oeuvre, d'équipement et de signalisation.
- Évaluer différentes techniques de remise en place:
 - utilisation du véhicule;
 - utilisation de barre de force (pry bar) de 2 m de longueur.

4. Procédures

En référence au Transportation Research Record 1258 "Performance Evaluation of a Movable Concrete Barrier", déplacer la barrière selon la configuration du test 445 (voir figure et documents ci-après).

- 1- Établir un plan de signalisation assurant la sécurité des travailleurs.
- 2- Déplacer la barrière selon le test 445.
- 3- Remettre en place selon la procédure faisant l'objet de l'évaluation.
 - a) avec le véhicule de transfert,
 - b) avec une barre de force

5. Mesures et observations

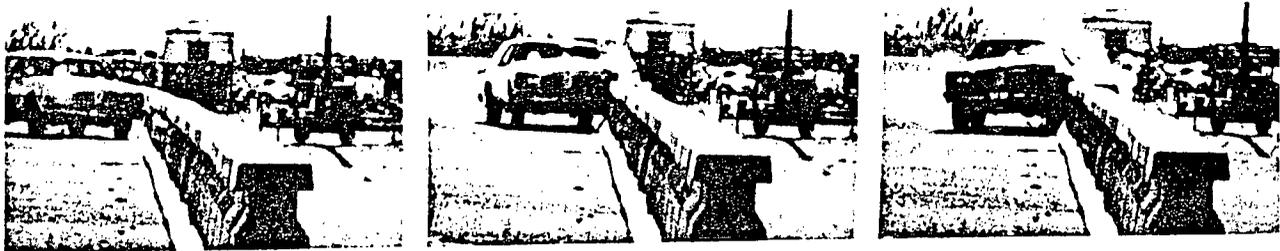
- 1- L'essai s'est déroulé vendredi le 7 février 1992

- 2- Le VDT a corrigé le déplacement induit sur la barrière sans aucun problème. La vitesse du véhicule est demeuré constante et le déplacement résiduel était d'environ 20 cm. après un passage simple.
- 3- Le VDT a procédé à deux essais, un déplacement gauche et un droit. Dans les deux cas le VDT a manoeuvré sans difficulté.
- 4- La procédure manuelle a également donné des résultats satisfaisants. Cette intervention manuelle a duré environ 5 minutes.
- 5- La barrière n'a pas une bonne adhérence sur une surface enneigée.

6. Synthèse des résultats

Le VDT n'a pas de difficultés à corriger les déflexions de la barrière suite à des impacts latéraux. D'autres véhicules lourds tels que la niveleuse à l'aide de ces pneus et un chasse-neige avec sa gratte latérale ont également démontré leur capacité à remettre la barrière en position initiale suite à une déformation latérale.

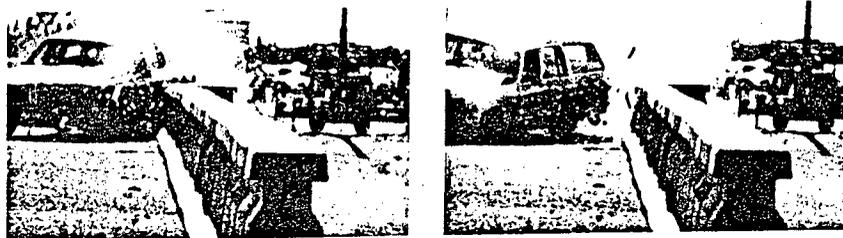
A la suite d'une collision, la déformation de la barrière amovible qui en résulte peut être facilement corrigé par le VDT ou par l'utilisation appropriée d'équipements lourds. Le VDT est cependant plus efficace dans son positionnement et plus sécuritaire dans ses manoeuvres. L'intervention humaine est aussi possible mais comporte des risques importants et la mise en place de signalisation de travaux adéquate.



Impact

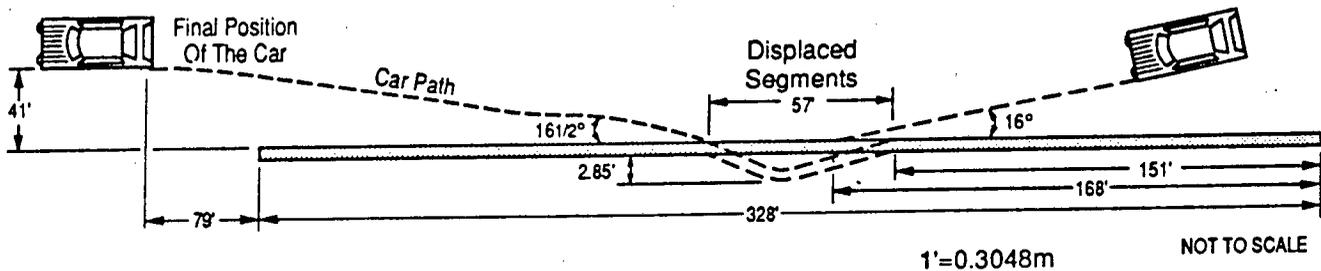
I + 0.118 s

I + 0.238 s



I + 0.458 s

I + 0.71 s



Test Barrier:

Type: Movable Concrete Barrier (Simple Hinge Connections with Reduced Clearance)
 Length: 328 ft (100 m) - 100 segments

Test Date: January 21, 1988

Test Vehicle:

Model: 1982 Olds Station Wagon
 Inertial Mass: 4300 lb (1950 kg)
 Impact Velocity: 59.4 mph (26.6 m/s)
 Impact; Exit Angle: 16 deg; 16 1/2 deg

Test Dummy:

Type: Part 572, 50th Percentile Male
 Weight / Restraint: 165 lb (75 kg)/ none
 Position: Driver's seat

Test Data:

Occupant Impact Velocity (long): 14.3 fps (4.4 m/s)
 Max 50 ms Avg Accel: long -3.3 g, lat -5.9 g, vert -1.7 g
 HIC / TAD / VDI: 45 / LFQ4 / 12LDEE2
 Max Roll;Pitch;Yaw : 6 1/4 deg; 5 3/8 deg; NA
 Barrier Displacement: 2.85 ft (0.87 m) at segment 59
 Max Dynamic Deflection (film): 3.04 ft (0.93 m)
 Barrier Damage: Minor scratches and spalling at the area of contact with test car

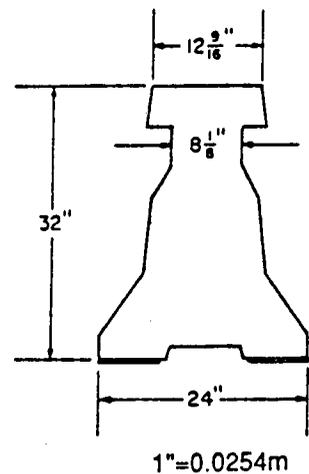


FIGURE 12 Summary of data for Test 445.

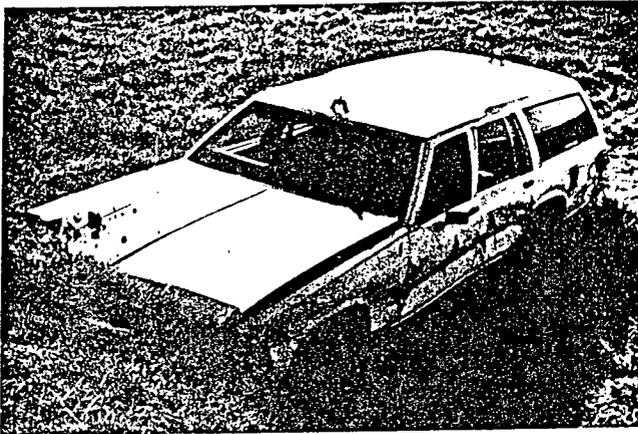


FIGURE 13 Car after impact, Test 445.

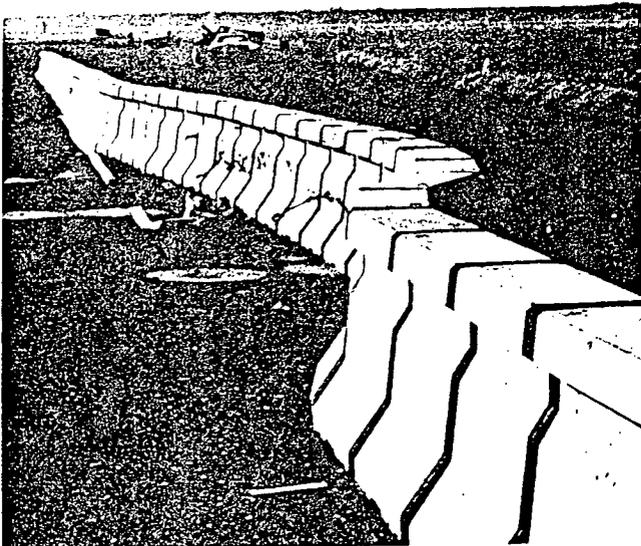


FIGURE 14 Deflected barrier after impact, Test 445.

workers on the ground to manually adjust the barrier. Two additional passes were made over the barrier to demonstrate simple transfer operation. All the functions of the transfer vehicle—lifting, lateral transport, and deposit of the modules—were smooth and continuous, and the vehicle moved at about 6 mph (2.7 m/sec).

The second demonstration showed how lengths of barrier can be transported and reattached to a standing barrier. (Such an operation might be performed to move the lane closure zone of a progressing construction site.) A length of barrier, 10 segments, was loaded onto the conveyor of the transfer vehicle, carried to the location of the third demonstration, and reassembled (Figure 20). The transport distance was about 0.5 mi (800 m), and the travel speed on the paved road was about 10 mph (4.5 m/sec). To reassemble the MCB, the barrier on the ground was aligned with the barrier within the vehicle and a hinge pin was inserted. Alignment was accomplished by loading the portion on the ground partway into the conveyor (Figure 21) until it came in contact with the

carried barrier. There was some difficulty inserting the pin because the joint to be connected was sometimes pushed too far into the vehicle, to a place that hampered insertion. Even with that problem, though, assembly of the barrier was much faster than if it had been set one segment at a time.

The third demonstration consisted of transferring a barrier plus and minus 6 ft (1.8 m) from its original position on a curve of radius 1,400-ft (426.7 m) with a 12 percent cross slope (Figure 22). Two reference lines were laid out for use by the vehicle operators to place the barrier on each transfer run. A total of 70 segments were used to compose a barrier 230 ft (70 m) long. Two four-movement cycles were performed. In each cycle, the barrier was first moved outward to a 1,406-ft (428.5-m) radius, then inward two times to a radius of 1,394 ft (424.9 m), then outward to its original position.

The last demonstration, transferring a barrier on a 5 percent longitudinal grade, was done in Lodi, California, at the BSI test site. The barrier consisted of 76 segments for a total length of 250 ft (76 m). The whole barrier was transferred laterally back and forth 6 ft (1.8 m) each time from the middle, initial position. The speed of the transfer vehicle was about 5 mph (2.2 m/sec) both uphill and downhill. The barrier segments were freestanding in the first eight transfers and tethered in the second set of eight transfers.

Measurements of the joint displacements were taken across a set of four joints located about 50 ft (15 m) from each barrier end. The measurements were taken after each lateral transfer. The net change in length was near zero after each complete transfer cycle. Stretching of the barrier apparently occurred during travel of the transfer vehicle uphill, and contraction occurred during downhill transfers. However, the number of transfers was too small for a definite pattern to be discerned.

The lateral transfers resulted in a gradual longitudinal movement of the barrier system downhill. Measurements of longitudinal movement were made at the downhill end of the barrier. The total longitudinal movement was 4¼ in. (120 mm) after eight lateral transfers. Because the length of the barrier did not change, as shown by the measurements above, the whole barrier must have moved longitudinally downhill.

To counteract this tendency, the upstream end of the barrier was tethered with a cable tensioned to 1,000 lb (450 N) at the beginning of each downhill run (Figure 23). The same measurements as for the freestanding barrier were performed. The measurements indicated an apparent stretching of the barrier after each transfer cycle. The stretch was about 0.1 in. (2.5 mm) per joint. A total longitudinal movement of 3¾ in. (84 mm) occurred after eight lateral transfers. Because the upstream end of the barrier was tethered, the downhill creep may be explained by the stretch in the barrier noted.

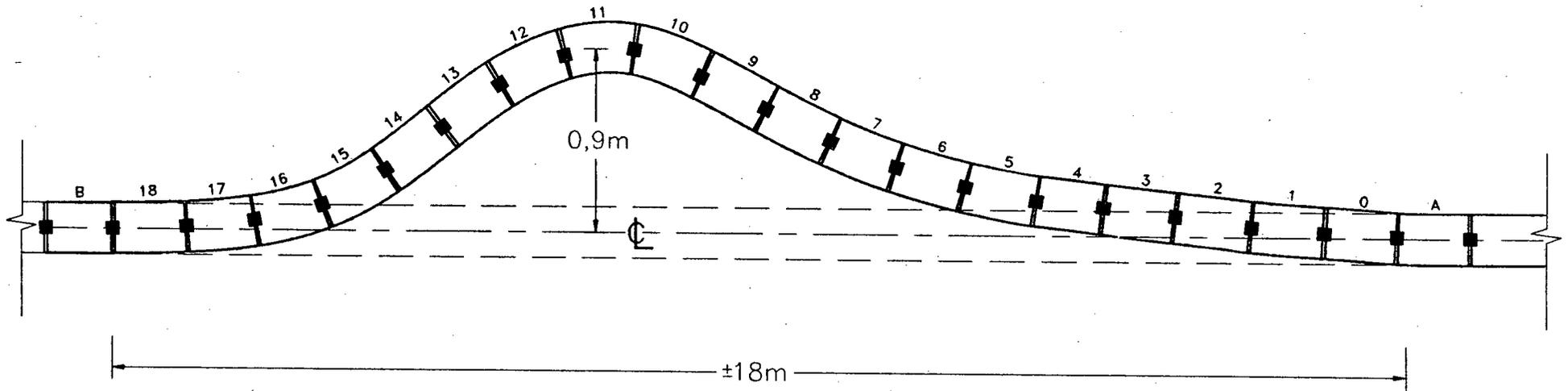
Although creep appeared to be restricted by pulling at the upstream end, it was not eliminated. A definite pattern or determination cannot be drawn from these data because the number of repetitions was limited.

Longitudinal creep has been reported in a similar barrier system installed in Paris, France (4). The total longitudinal movement of the French barrier 1.5 mi (2.4 km) long on a downhill grade of 1.5 to 2.0 percent was 3.3 to 6.6 ft (1 to 2 m) during the initial months of operation. The French solution to retard longitudinal creep was manual jacking of the uphill end of the barrier system before starting each daily barrier

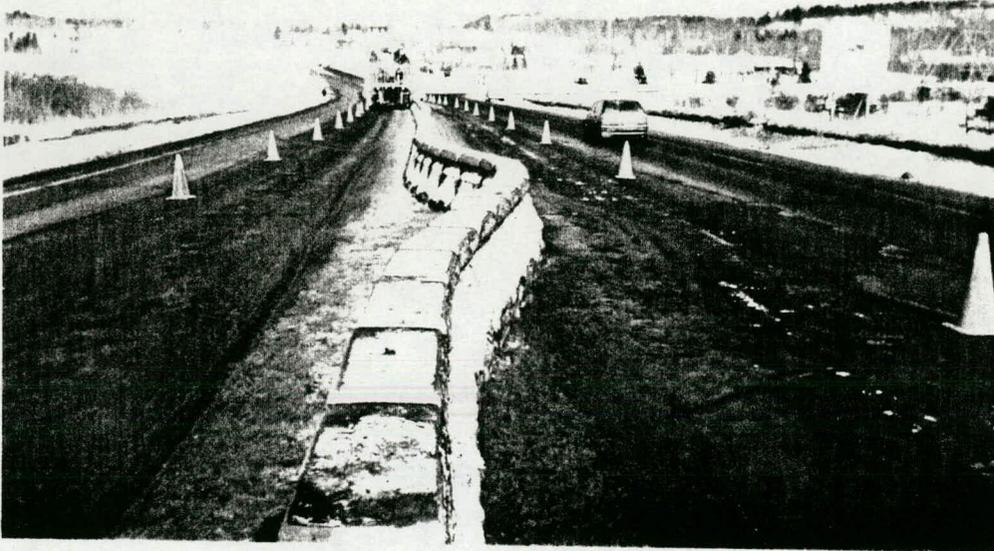
Figure 2

ESSAIS SUR LA BARRIÈRE AMOVIBLE

TEST 445 D'IMPACT,
POSITION FINALE DES BLOCS

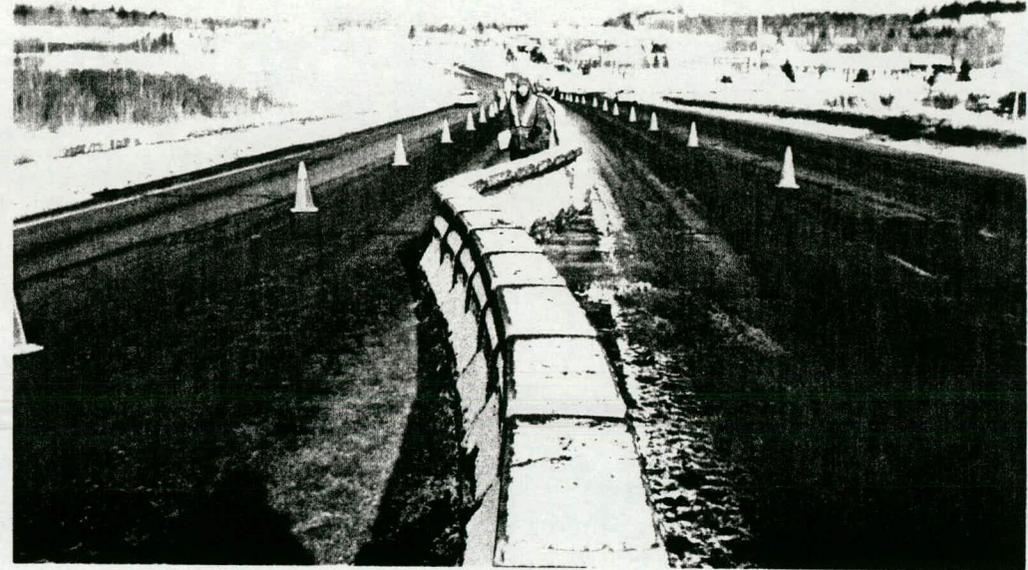


92-02-06



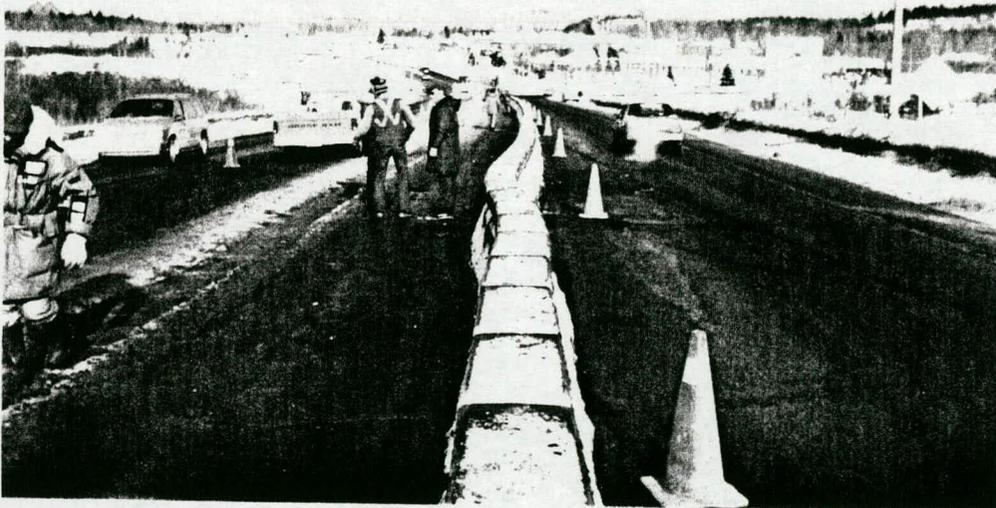
A

92-02-06



B

92-02-06



C

Essai no.3: Récupération post-impact

A- Vue sud: Déformation est

B- Vue sud: Déformation ouest

C- Vue sud: Déformation résiduelle

ESSAI NUMÉRO 4: REMORQUAGE

1. Description

Observations spécifiques du véhicule de transfert lors d'une simulation de panne.

2. But

Évaluer la stratégie de remorquage du véhicule lors d'une panne de moteur tout en effectuant le déplacement de la barrière.

3. Objectifs spécifiques

- Déterminer la procédure la plus appropriée pour ce type d'intervention.
- Déterminer les besoins en termes de main-d'oeuvre, d'équipement et de signalisation.
- Évaluer une techniques de remise en place de la barrière:
 - i- utilisation du véhicule de remorquage
 - ii- utilisation de barre d'attache au lieu d'un câble

4. Procédures

- 1- Immobiliser puis arrêter le moteur du véhicule de transfert pendant une manoeuvre de déplacement.
- 2- Placer le système d'attache (barre métallique de 9 pieds).
- 3- Remorquer le VDT en déplaçant les blocs de béton.

5. Mesures et observations

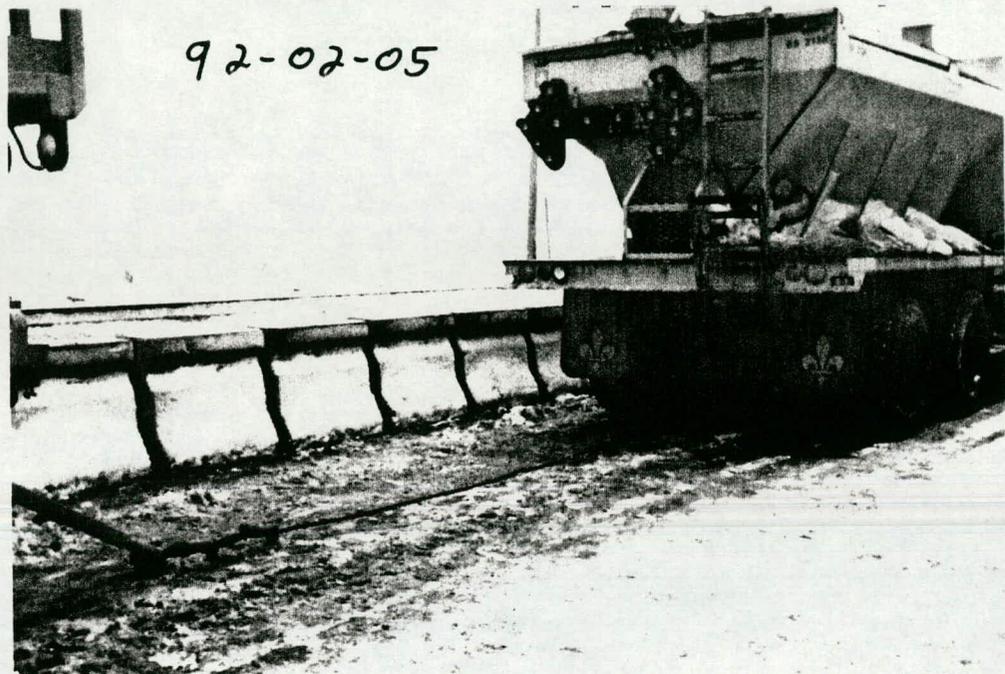
- 1- L'essai s'est déroulé le 5 février 1992 sous une température de -10°C.
- 2- Pour remorquer le VDT que le moteur soit en marche ou à l'arrêt, il faut nécessairement désengager le système de freinage. Cette manoeuvre prend environ 20 minutes et demande une intervention manuelle sur chacune des roues.
- 3- Lorsque les roues du VDT sont désengagées, il n'y a plus de système de freinage fonctionnel. Le véhicule est alors en

roue libre et suivra la pente du terrain malgré la charge des blocs.

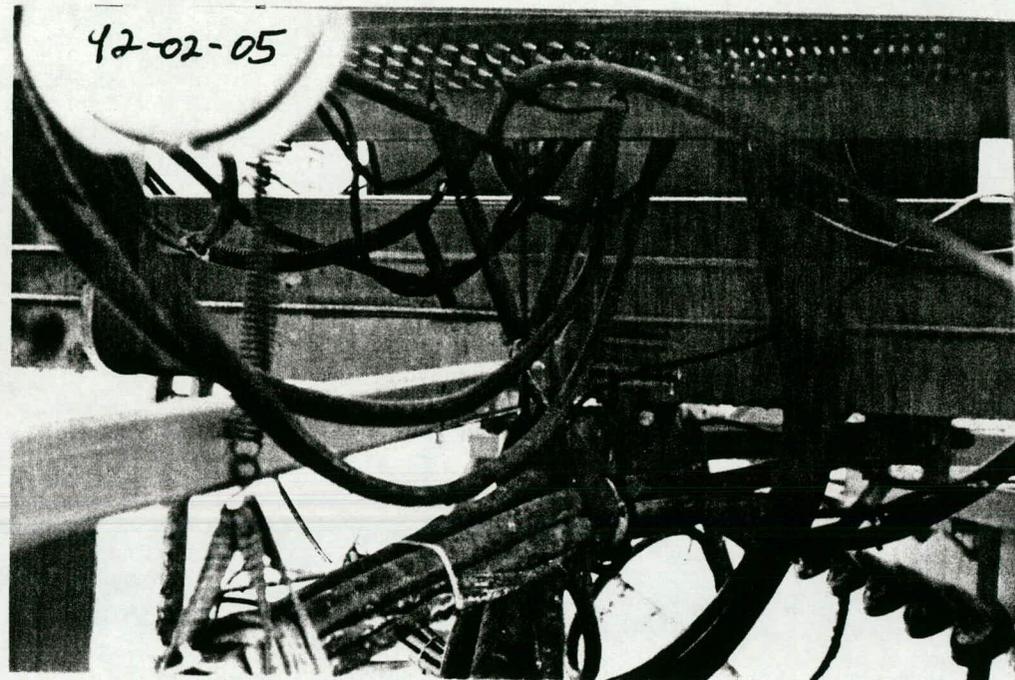
- 4- La barre d'attache usinée par l'entrepreneur s'est avérée trop courte pour le camion utilisé. Dans tous les cas, une barre plus longue et un abaissement du point d'attache sur le VDT diminuerait l'angle de liaison fournissant ainsi une force résultante plus grande pour tirer le VDT.
- 5- D'autres informations émanant du représentant de la compagnie "Barrier System" laisse croire que les systèmes permanents de barrières amovibles disposent de mécanismes permettant d'actionner ou non les mécanismes nécessaires des systèmes de freinage et de la conduite.

6. Synthèse des résultats

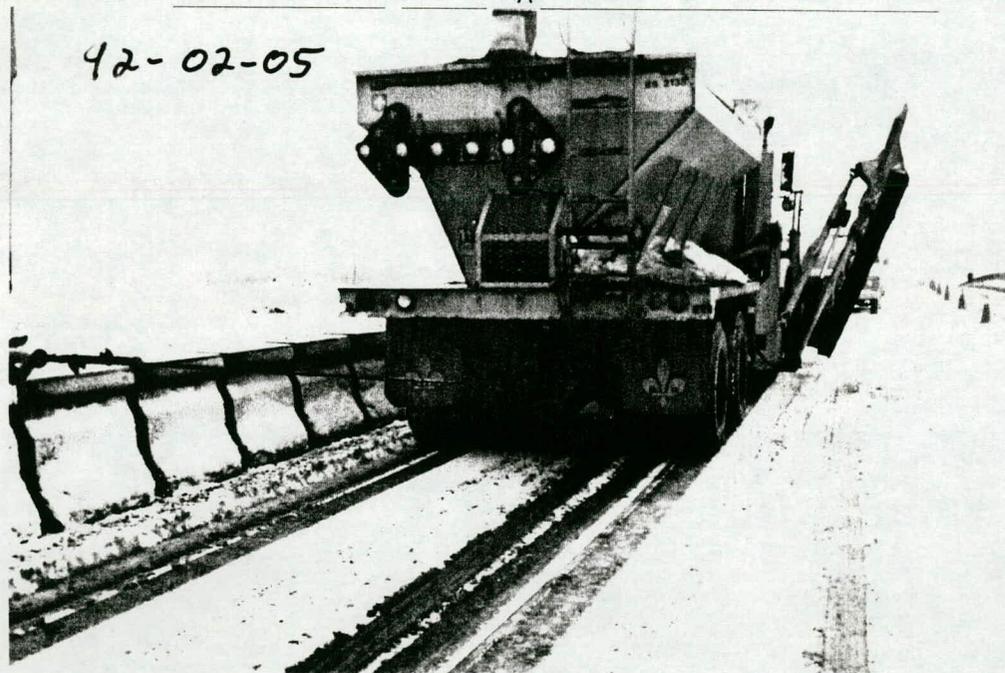
Il est donc facile de remorquer le VDT en panne tout en effectuant le déplacement de la barrière amovible. La présence de système auxiliaire de freinage et de direction s'avère nécessaire autant pour faciliter le déplacement que comme mesure de sécurité. L'assistance de direction devrait éliminer le problème de disposition non-rectiligne de la barrière lors d'une opération de remorquage.



A



B



C

Essai no.4: Remorquage

A- Vue du montage: Camion/VDT

B- Détail: Barre d'attache

C- Vue sud: Conditions de l'essai

ESSAI NUMÉRO 5: EFFORT DE DÉPLACEMENT

1. Description

On désire mesurer les forces horizontale et verticale nécessaires pour amorcer le déplacement horizontal et vertical du bloc sous différentes conditions.

2. But

Le but de ce test est de connaître les forces horizontale et verticale nécessaires pour déplacer un ou plusieurs blocs de barrière amovible. Par conséquent on obtiendra une évaluation sur la sollicitation de la machine et sur l'adhérence de la barrière sous différentes conditions de surface de pavage.

3. Objectifs spécifiques

- Connaître les ordres de grandeur la variation des coefficients de friction dans le déplacement d'une barrière amovible sous différentes conditions d'adhérence du sol.

4. Procédures

- 1- Procéder au montage de la cellule de charge entre l'outil d'ancrage et le godet de la chargeuse.
- 2- Placer les blocs selon l'essai désiré. Relier la cellule de charge à l'ordinateur.
- 3- Mesurer la force de traction latérale sur 35 blocs sous chacune des surfaces de pavage suivantes: enneigée, gravelée et humide.
- 4- Mesurer la force de traction longitudinale sur 17 blocs sous chacune des surfaces de pavage suivantes: enneigée et humide. Faire de même avec un bloc sur surface de béton sèche.
- 5- Mesurer la force de traction verticale pour arracher un bloc encastré dans la glace.

5. Mesures et observations

- 1- Sur une surface humide, la force maximale exigée pour un déplacement latéral total de 1.2 m. a été de 9 000 lbs.

(test #3)

- 2- Sur une surface enneigée, la force maximale exigée pour un déplacement latéral total de 1.2 m. a été de 5000 lbs. Cela représente 55% de la force maximale sur surface humide. (test #1)
- 3- Sur une surface enneigée avec gravier épandu, la force maximale exigée pour un déplacement latéral total de 1.2 m. a été de 7000 lbs. Cela représente 77% de la force maximale sur surface humide. (test #5)
- 4- L'évaluation de la variation du coefficient de friction statique d'une chaîne de blocs sur un pavage d'asphalte enneigé par rapport à un pavage humide est de $0.49/0.66 = 0.68$. (test #2,4)
- 5- L'évaluation de la variation du coefficient de friction dynamique d'une chaîne de blocs sur un pavage d'asphalte enneigé et sur un pavage humide est de $0.24/0.51 = 0.47$. (test #2,4)
- 6- L'évaluation des coefficients de friction statique et dynamique d'un bloc sur un pavage de béton sec lisse sont respectivement de 0.57 et 0.46 soit 88% et 90% comparés à des conditions d'asphalte humide. (test #2,6)
- 7- La force requise pour arracher un bloc ancré dans 18 cm de glace, soit à l'épaule de la base, est de 15 000 lbs. (test #7)

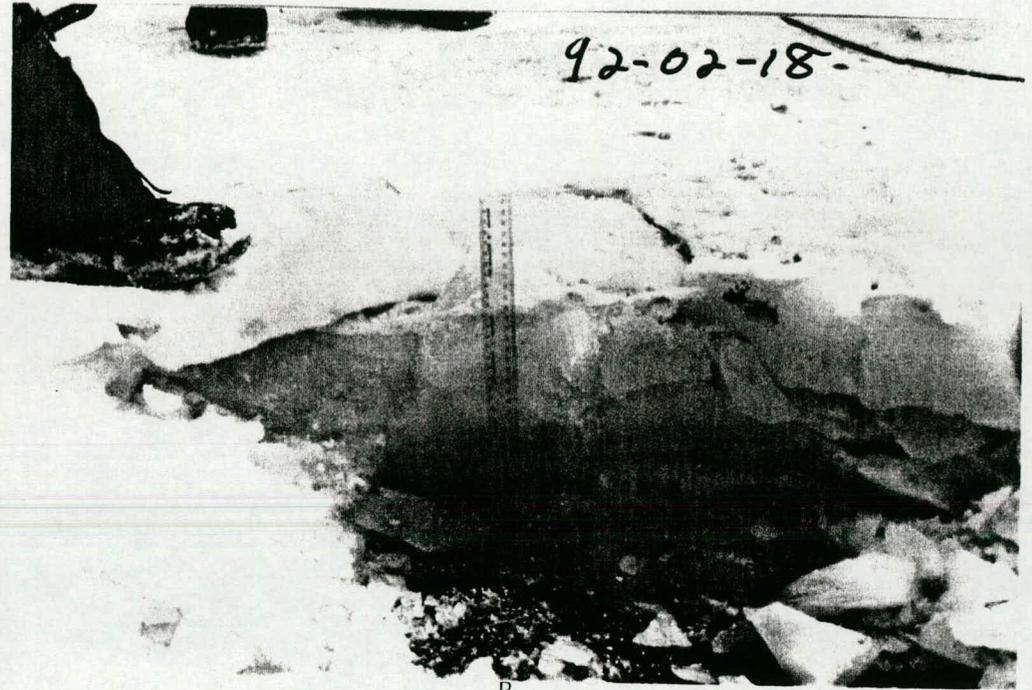
6. Synthèse des résultats

En retenant le pavage d'asphalte humide comme référence, le coefficient de friction dynamique diminue d'environ 50% lorsque la barrière se trouve sur une surface enneigée. Pour cette même surface, le coefficient de friction statique diminue d'environ 30%. Cette diminution serait encore plus marquée si la surface devait être de la glace.

Les blocs d'extrémité de la barrière amovible se sont rapidement mis à bouger lors des essais de traction, leur nombre étant limité à 35. Il n'est donc pas possible de déduire de la série d'essais une relation simple ou directe entre les variables énergie d'impact, coefficient de friction et déplacement transversal des blocs. Toutefois il appert qu'une diminution du coefficient de friction affectera l'adhérence de la barrière. Une analyse plus poussée devra être réalisée.



A



B



C

Essai no.5: Traction

A- Vue du montage: Traction horizontale

B- Détail: Traction verticale (glace)

C- Vue du montage: Traction verticale

ESSAI NUMÉRO 6: DÉNEIGEMENT

1. Description

La situation géographique du site des tests sur la barrière amovible soumet celle-ci à des chutes de neige durant toute la période hivernale soit de décembre à avril. Pour opérer convenablement le système, il faut déneiger la chaussée adjacente tout en laissant un cordon minimal le long des blocs formant la barrière.

2. But

Déterminer les stratégies optimales de déneigement de la chaussée où est située la barrière amovible.

3. Objectifs spécifiques

- Évaluer la performance du système en présence de neige.
- Développer des procédures rapide et sécuritaires concernant le passage répété de l'équipement de déneigement après une chute de neige.
- Évaluer la résistance de la barrière à l'application répétée de fondant et d'abrasifs.

4. Procédures

- 1- Mettre en branle 1 test de l'annonce d'une chute de neige égale ou supérieure à 5 cm.
- 2- Discussion avec le personnel affecté au circuit de déneigement afin de rappeler le but du test.
- 3- Établissement d'une largeur de dégagement entre la barrière et le chasse-neige.
- 4- Déneiger de façon à ne pas entrer en contact avec la barrière dans la mesure du possible.
- 5- Rapporter les détails de l'opération au responsable régional.

5. Mesures et observations

Les observations suivantes proviennent des essais quotidiens et des essais spécifiques.

- 1- La gratte installée sur le VDT et servant au déneigement présentait plusieurs lacunes:
 - manque d'inclinaison de la lame;
 - pousse la neige sous la roue arrière;
 - les plaques de renforcement de la lame gêne l'écoulement de la neige;
- 2- Si le chasse-neige s'appuie sur la barrière, cette dernière est facile à déplacer. La distance minimale à laquelle peut s'approcher l'équipement de déneigement roulant à 30-40 km/h. est d'environ 10@15 cm.
- 3- Le déneigement du cordon de neige suite au déplacement de la barrière laisse un film de neige de sorte que la chaussée pourrait s'avérer glissante pour les usagers. L'essai d'un balai rotatif conventionnel pour éliminer ce film a donné des résultats satisfaisants.
- 4- La pointe avant d'un chasse-neige de type "sens unique" ne s'accroche pas dans l'espace inter-bloc. L'utilisation d'un patin latéral donne plus de manoeuvre à l'opérateur pour s'approcher de la barrière.
- 5- Si le cordon est de glace, l'utilisation de la niveleuse s'avère nécessaire pour nettoyer la chaussée.

6. Synthèse des résultats

Il existe deux options pouvant être envisagées pour dégager le cordon de neige résiduel. Une première voit la modification du VDT en y ajoutant une gratte suivi d'un balai rotatif et d'un épandeur de fondant ou d'abrasif chaud selon le cas. Même si cette option requiert des modifications importantes du VDT, elle limite les équipements ainsi que la main-d'oeuvre au minimum.

Une seconde option vise l'utilisation d'un véhicule adapté de dimension réduite et suivant le VDT de très près. Ce dernier pourrait être muni d'une gratte, d'un balai rotatif et d'un épandeur. Cette option n'exige aucune modification au VDT mais demande une attention spéciale aux extrémités du train ainsi formé quant à la sécurité des manoeuvres.

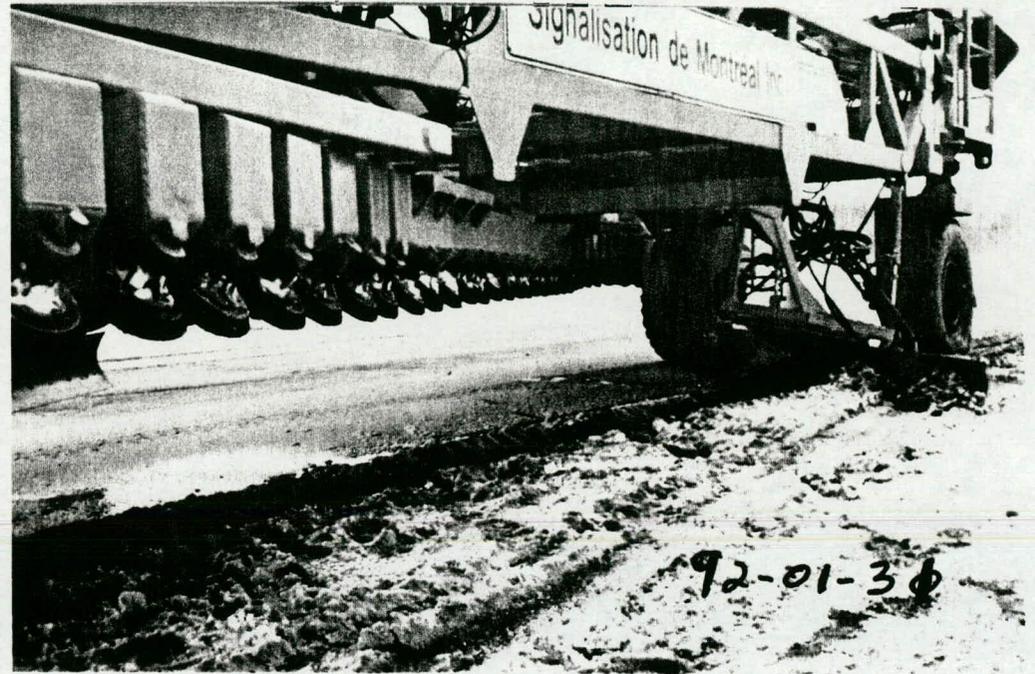
Rappelons que le second véhicule se trouve à circuler en sens inverse du trafic.

L'entretien hivernal de la barrière amovible, quoique complexe, s'avère réalisable. Pour cela il sera nécessaire d'acquérir ou de développer un équipement spécialisé. Dans le cas de conditions de glace, des manoeuvres précises sont à prévoir. Les essais de déneigement n'ont pas permis d'apporter des réponses à toutes les interrogations des participants. Il est cependant évident que la question des stratégies de déneigement sera celle qui devra faire l'objet de la plus grande attention notamment pour les conditions de glace où les niveleuses pourraient avoir à circuler en sens inverse.

92-01-31



A



B

92-02-05



C

Essai no.6: Déneigement

A- Vue sud: Déneigement durant déplacement

B- Détail: Gratte VDT

C- Vue nord: Chasse-neige et déformation

ESSAI NUMÉRO 7: SECTION EXTENSIBLE

1. Description

Les déplacements successifs de la barrière amovible sur un terrain en pente amène des déplacements cumulatifs (bloc à bloc) indésirables. Pour absorber l'étirement possible de la barrière, il est proposé d'installer une section extensible au centre de l'alignement.

2. But

Être en mesure d'effectuer les manoeuvres de permutation de blocs et de connexion associées à l'utilisation d'une section extensible.

3. Objectifs spécifiques

- Évaluer la performance de la section extensible.
- Développer des procédures rapides et sécuritaires de permutation des blocs.

4. Procédures

1. Prendre les mesures de sécurité pour établir une aire de travail adéquate en dehors des heures de pointe.
2. Procéder au démantèlement du système de connexion interblocs de la section extensible.
3. Contracter la section extensible.
4. Retirer un bloc de l'extrémité excédentaire de la barrière après le démantèlement du système de connexion interbloc.
5. Installer le bloc prélevé dans l'espace prélevé créé par la contraction de la section extensible.
6. Rétablir le système de connexion interbloc de 1 section extensible.

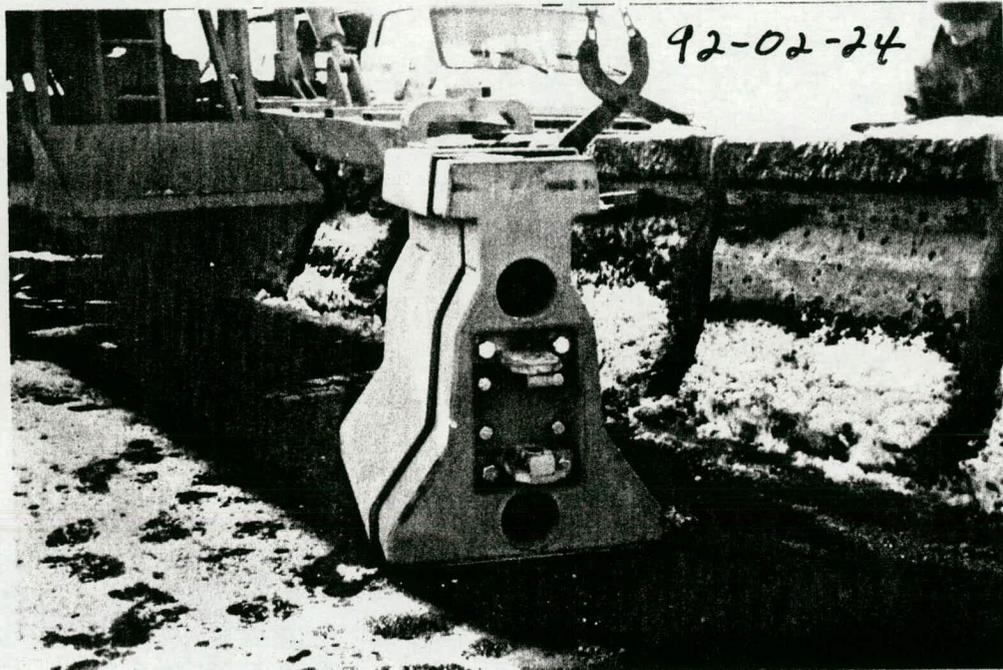
5. Mesures et observations

1. La section fut livrée dans la dernière semaine des tests. Les mesures relatives à l'étirement de la chaîne ont par conséquent été laissées de côté compte tenu du peu de temps disponible.
2. Les conditions climatiques et la température hivernales ont prévalu durant la prestation de la section.
3. L'état des lieux était dégagé et la chaussée sèche.
4. L'opération de permutation des blocs s'est bien déroulée. minutes.

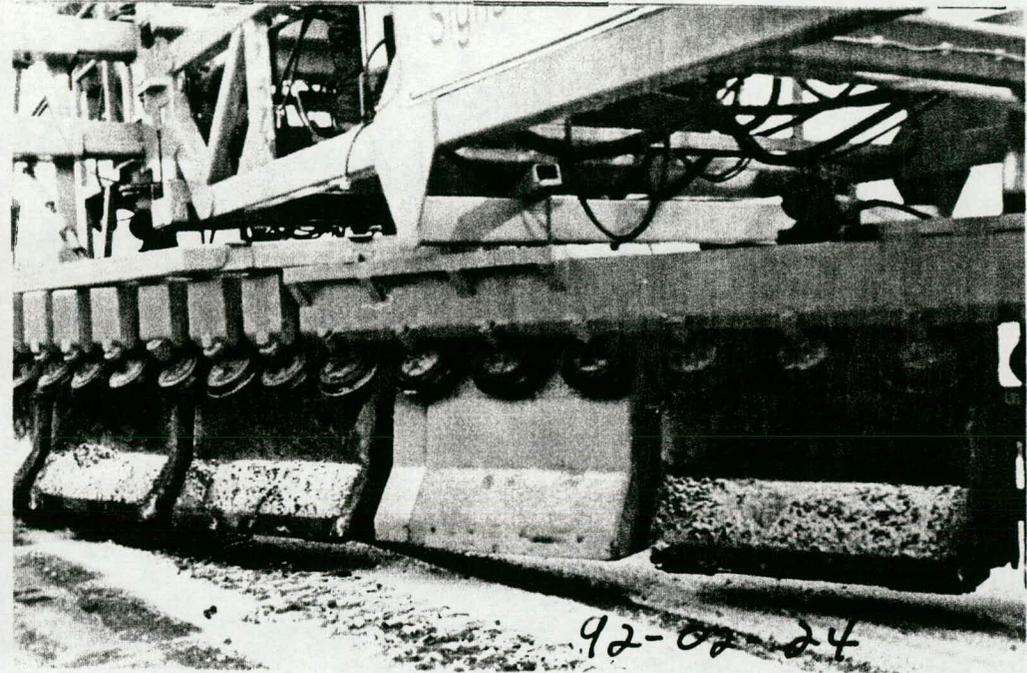
6. Synthèse des résultats

L'utilisation d'une section extensible de 92.5 cm. semblait nécessaire pour des raisons liées à la conception des charnières métalliques et à l'effet de pente anticipé du site des essais. Selon certaines hypothèse la barrière aurait dû s'étirer et se tendre suite aux déplacements répétés. L'utilisation d'une section extensible aurait eu comme but de compenser la tension dans la barrière. Cela ne s'est pas produit, au contraire, le VDT a semblé contracter la chaîne en usant pour cette fin la distance permise par les trous au long des charnières.

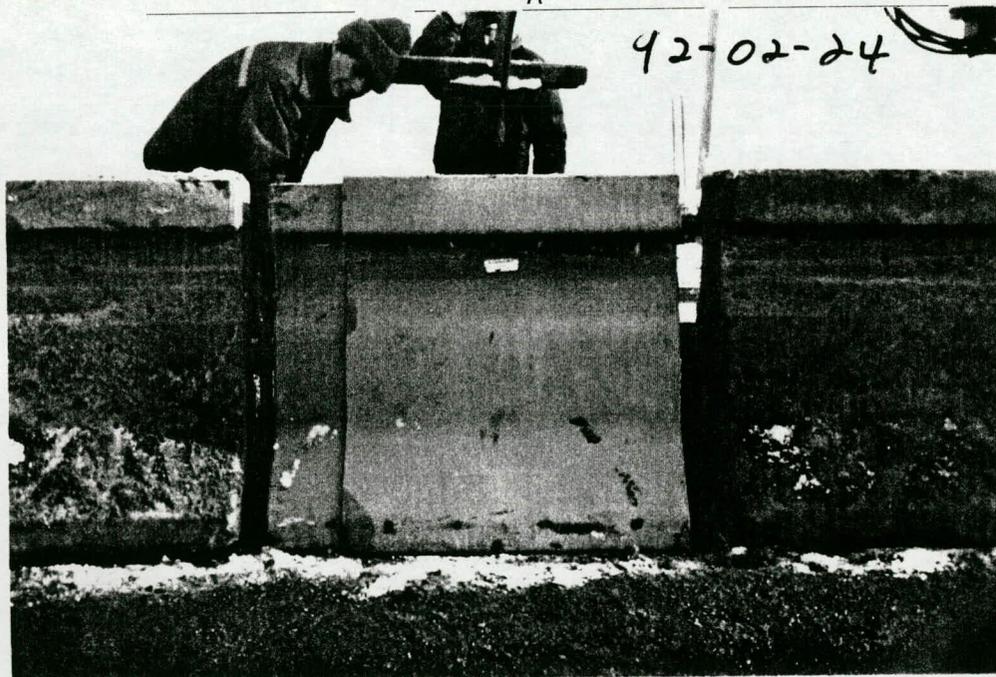
L'utilisation de la section extensible, à cause du manque de temps d'observation, n'a donc permis que d'effectuer des manoeuvres de permutation. Ces dernières se sont effectuées en 15 minutes.



A



B



C

Essai no.7: Section extensible

A- Détail: Section avant montage

B- Détail: Section durant déplacement

C- Détail: Section après montage

ESSAI NUMÉRO 8: DÉMARRAGE ET SYSTÈME HYDRAULIQUE

1. Description

Observations du véhicule de transfert lors de démarrage par temps froid et sur le taux de variation de la température du système hydraulique sans l'utilisation d'un réchauffeur d'huile.

2. But

Évaluer la fiabilité mécanique du véhicule lors de grand froid.

3. Objectifs spécifiques

- Évaluer le taux de réchauffement et de refroidissement du système hydraulique.
- Évaluer les besoins en équipement pour l'entreposage du véhicule.

4. Procédures

- 1- Exposer le véhicule à la température ambiante extérieure sans réchauffer l'huile du système hydraulique de façon à ce que celle-ci atteigne la même température.
- 2- Démarrer le véhicule et procéder immédiatement aux opérations de déplacement de la barrière.
- 3- Observer le fonctionnement et la variation de température de du système hydraulique.
- 4- Lorsque le véhicule atteint sa température de fonctionnement, arrêter ce dernier et mesurer la variation de température du système hydraulique. Le VDT est placé à l'extérieur.

5. Mesures et observations

- 1- Le premier test a eu lieu le 24/02/92 après deux jours où les chauffe-moteurs avaient été débranchés.
- 2- La température extérieure était de -9°C et la température de l'huile du VDT indiquait -5°C . Le véhicule a démarré sans problèmes. L'huile atteint une température de 15°C après 45 minutes de fonctionnement. (voir graphique du réchauffement ci-après)

- 3- Le VDT utilise une huile hydraulique de grade 22 dont le point d'écoulement est de -35°C .
- 4- Un deuxième test simulé sur le site des essais, à -10°C , a été mené à l'inverse. L'huile du véhicule est ainsi passé de 18°C à 10°C en 1h40. (voir graphique du refroidissement ci-après)

6. Synthèse des résultats

Bien que le taux de refroidissement dépend des conditions climatiques ambiantes, ce test permet de conclure que le véhicule peut demeurer arrêté par grand froid pour une période d'au moins deux heures s'il est arrêté à chaud. Le fonctionnement du système hydraulique fonctionne alors sans problèmes. Dans les conditions où le test a été effectué, le VDT aurait pu être arrêté sans limite de temps.

Le démarrage à froid de ce type de moteur (John Deere G-359T 200 hp), utilisé sur les chargeuses du MTQ dans les aéroports nordiques, a fait ses preuves depuis lors. Ce moteur démarre donc par temps froid s'il est pourvu des items suivants:

- i) bougies incandescentes
- ii) chauffe-moteur

Dans des conditions d'opérations normales hivernales au Québec il faudra prévoir des équipements d'entreposage, un garage chauffé où le VDT sera stationné et entretenu. Si la période d'inactivité sur le site d'opération devait dépasser deux heures, il faudrait prévoir une installation électrique propre à brancher le VDT. Un abri extérieur en supplément diminuerait de façon sensible la déperdition de chaleur liée au facteur éolien surtout si le VDT n'est pas muni de cabine ni capot.

ANNEXE C
RELEVÉS DE TEMPÉRATURE
(JANVIER ET FÉVRIER 1992)



Environnement
Canada
Service
de l'environnement
atmosphérique

Environment
Canada
Atmospheric
Environment
Service

SOMMAIRE MÉTÉOROLOGIQUE MENSUEL MONTHLY METEOROLOGICAL SUMMARY

Aéroport de Québec
Québec City Airport

JANVIER 1992
JANUARY 1992

LAT		LONG		ALTITUDE ELEVATION		MÈTRES (MM) METRES (ASL)		HEURE NORMALE UTILISÉE STANDARD TIME USED		de l'est eastern									
46° 48' N		71° 23' W		72,8															
DATE	TEMPERATURE TEMPERATURE			DEGRÉS-JOURS DEGREE-DAYS			HUMIDITÉ REL. REL. HUMIDITY		ORAGE THUNDERSTORM	PRÉCIPITATIONS PRECIPITATION			NEIGE AU SOL SNOW ON GROUND	VENT WIND				INSOLATION EFFECTIVE BRIGHT SUNSHINE	
	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM	MOYENNE MEAN	DE CHAUFFE HEATING	DE CROISSANCE GROWING	DE RÉFRIGÉRATION COOLING	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM		PLUIE (HAUTEUR) RAINFALL	NEIGE (HAUTEUR) SNOWFALL	PRÉCIP. TOTALES TOTAL PRECIP.		VITESSE MOYENNE AVERAGE SPEED	DIRECTION DOMINANTE PREVAILING DIRECTION	VITESSE MOYENNE MAX EN 2 MIN & DIRECTION MAX 2 MIN MEAN SPEED & DIRECTION	HEURES HEURES		
	°C	°C	°C	BASE 18.0°C	BASE 5.0°C	BASE 18.0°C	%	%	mm	cm	mm	km/h		km/h		h			
1	-7,6	-18,6	-13,1	31,1			80	63				28	8,1	W	WSW# 30	6,9			
2	-7,2	-19,5	-13,4	31,4			87	71			TR	28	10,0	SW	SW 22	1,7			
3	-2,6	-12,8	-7,7	25,7			93	64				28	3,7	NNE	WSW# 9	5,6			
4	0,4	-4,3	-2,0	20,0			92	65	7,0	0,4	7,4	28	15,6	ENE	ENE 26	0,8			
5	0,4	-0,7	-0,2	18,2			96	92	14,0	0,6	14,6	25	10,5	E	E 28	0,0			
6	1,2	-1,1	0,1	17,9			96	85	TR	3,0	3,8	27	17,3	WSW	W 35	0,0			
7	-1,1	-8,4	-4,8	22,8			87	64		1,8	1,0	27	25,8	W	W# 37	0,0			
8	-7,1	-17,3	-12,2	30,2			81	54				28	14,2	W	W 24	7,6			
9	-2,5	-14,8	-8,7	26,7			92	74		7,0	8,0	28	12,6	ENE	ENE# 22	0,0			
10	-6,0	-14,4	-10,2	28,2			92	60		0,4	0,4	34	16,6	WSW	WSW 26	6,4			
11	-14,3	-22,8	-18,6	36,6			66	43				34	19,0	WSW	WNW 28	7,6			
12	-11,7	-23,9	-17,8	35,8			63	52				34	14,5	SW	W 26	2,0			
13	-3,6	-11,7	-7,7	25,7			96	69	TR	2,2	2,2	34	2,6	WSW	WSW 11	0,0			
14	1,5	-5,7	-2,1	20,1			97	90	12,8	9,8	27,6	37	22,0	ENE	ENE 41	0,0			
15	-5,7	-25,9	-15,8	33,8			88	41		7,8	4,4	44	39,3	W	W 52	4,6			
16	-25,2	-30,4	-27,8	45,8			66	49				44	27,0	WSW	W 35	5,8			
17	-20,3	-30,6	-25,5	43,5			71	50		1,6	0,6	44	10,3	WSW#	WSW 24	2,7			
18	-17,6	-23,8	-20,7	38,7			73	52		1,2	0,4	46	23,2	W	W# 33	4,2			
19	-20,3	-26,6	-23,5	41,5			66	51		TR	TR	46	19,5	WSW#	WSW# 26	5,0			
20	-17,1	-26,8	-22,0	40,0			70	45				46	7,4	WSW	SW 20	7,3			
21	-15,7	-27,9	-21,8	39,8			71	50				46	10,6	WSW	SW# 22	4,4			
22	-17,3	-25,3	-21,3	39,3			61	42				46	11,4	NW	NNW 22	8,0			
23	0,7	-20,0	-9,7	27,7			97	55	4,4	11,2	16,2	46	14,2	ENE	ENE 28	0,0			
24	2,3	-20,2	-9,0	27,0			100	50	3,2	1,6	4,2	53	29,3	W	WSW# 44	0,0			
25	-20,2	-26,8	-23,5	41,5			64	42				53	23,7	WSW	W 37	8,0			
26	-18,0	-27,8	-22,9	40,9			68	45				53	8,4	SW	SSW# 22	7,3			
27	-16,1	-29,1	-22,6	40,6			68	45				53	6,5	SW	SW 17	5,1			
28	-10,2	-22,8	-16,5	34,5			72	47				52	8,3	NNE#	WSW# 17	7,0			
29	-2,3	-13,2	-7,8	25,8			90	44		1,4	1,4	52	17,5	W	W 28	0,0			
30	-2,6	-6,6	-4,6	22,6			93	82		9,6	8,0	55	17,8	E	ENE 30	0,0			
31	-6,5	-10,8	-8,7	26,7			86	59		1,4	1,0	61	26,0	E	ENE 37	1,2			
	MOY MEAN	MOY MEAN	MOY MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY MEAN	MOY MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY MEAN	DOMINANTE PREVAILING	MAXIMALE	TOTAL			
	-8,8	-18,4	-13,6	980,1	0,0	0,0	81	58	0	41,4	61,0	101,2	15,9	WSW	W 52	109,2			
NORMALE NORMAL	-7,5	-16,6	-12,1	931,9	0,0	0,0			0	17,2	77,5	89,8	18,9	WSW		96,6			
SOMMAIRE DE DEGRÉS-JOURS/DEGREE-DAY SUMMARY										JOURS AVEC PRÉCIPITATIONS TOTALES DAYS WITH TOTAL PRECIPITATION					JOURS AVEC CHÛTES DE NEIGE DAYS WITH SNOWFALL				
AU DESSOUS DE 18 C BELOW 18 C	ANNÉE EN COURS THIS YEAR	ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR	NORMALE NORMAL	AU-DESSUS DE 5°C ABOVE 5 C	ANNÉE EN COURS THIS YEAR	ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR	NORMALE NORMAL	mm					cm						
								0.2 OU PLUS OR MORE	1.0 OU PLUS OR MORE	2.0 OU PLUS OR MORE	10.0 OU PLUS OR MORE	50.0 OU PLUS OR MORE	0.2 OU PLUS OR MORE	1.0 OU PLUS OR MORE	2.0 OU PLUS OR MORE	10.0 OU PLUS OR MORE	50.0 OU PLUS OR MORE		
TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH	980,1	991,7	931,9	TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH	0,0	0,0	0,0	16	13	10	3	0	16	13	7	1	0		
CUMUL DEPUIS LE 1 ^{er} JUILLET ACCUMULATED SINCE JULY 1	2964,7	2869,9	2909,2	CUMUL DEPUIS LE 1 ^{er} AVRIL ACCUMULATED SINCE APRIL 1	1828,2	1753,8	1682,6												

UDC 551 506.1 ()

Avis/Note

- 1 Journée climatologique/Climatological Day
- 2 Normale/Normal 1951-1980
- 3 TR - Trace
- 4 M - Manquant/Missing
- 5 Pas de valeur/No entry - Pas d'événement/No event
- 6 Indique la première de plusieurs des directions dominantes et/ou la vitesse moyenne maximale en 2 minutes (voir page 4); Indicate first or more than one prevailing direction and/or maximum 2 minutes mean speed (see page 4).
- 7 C - Calme/Calm

Subject to change without notice.



Sommaire quotidien de JANVIER 1992
Aéroport de Québec

Daily summary of JANUARY 1992
Québec City Airport

- 1- Ensoleillé et froid.
- 2- Passages nuageux. Brouillard matinal. Cristaux de glace: 08h40-11h56. Ennuagement en soirée.
- 3- Passages nuageux. Brouillard matinal. Ennuagement en soirée.
- 4- Nuageux et doux. Pluie verglaçante 17h50-19h46, 21h50 au lendemain. Neige et grésil 19h46-21h50.
- 5- Pluie ou bruine vergl. termine à 09h31, 23h57 au lendemain. Bruine 11h40-23h57. Neige de 21h47-.
- 6- Neige cessant à 08h47. Bruine verglaçante cessant à 04h55. Neige intermittente: 09h04 au lendemain.
- 7- Nuageux. Neige de la veille à 01h51, 11h43-13h44, 16h35-22h50.
- 8- Dégagement durant la nuit. Ensoleillé. Ennuagement en fin de soirée.
- 9- Nuageux. Neige débute à 12h34 jusqu'au lendemain.
- 10- Faible neige depuis la veille jusqu'à 05h40, puis dégagement. Quelques flocons: 22h45-23h20.
- 11- Ensoleillé et froid.
- 12- Ennuagement en fin de matinée. Neige: 16h25-16h42.
- 13- Nuageux avec neige 06h26-23h50. Bruine verglaçante très faible 23h42 au lendemain.
- 14- Verglas cesse 02h04, neige 01h57-06h44, verglas+grésil+neige+pluie 07h56-16h50, pluie+neige après 19h56.
- 15- Neige cessant 06h44, poudrerie cessant 09h18 puis de 10h50-14h10. Dégagement et devenant très froid.
- 16- Ensoleillé, venteux et très froid.
- 17- Ennuagement tôt en après-midi. Neige 12h35-16h10, 17h41-
- 18- Neige de la veille à 17h44. Dégagement par la suite.
- 19- Ensoleillé avec passages nuageux. Neige 12h48-13h44; 15h08-16h23.
- 20- Ensoleillé et froid.
- 21- Ensoleillé avec passages nuageux. Neige de 14h40 à 15h10; puis 17h54-18h50; 19h56-20h50.
- 22- Ensoleillé.
- 23- Nuageux. Neige 05h31-21h07. Grésil 17h54-21h50. Pluie verglaçante 18h31-22h57. Pluie 22h57-.
- 24- Nuageux. Pluie de la veille à 09h40. Neige 01h40-01h54; de 05h27 à 05h40; puis de 11h32 à 20h10.
- 25- Ensoleillé et froid.
- 26- Ensoleillé et froid.
- 27- Ensoleillé et froid.
- 28- Ensoleillé. Ennuagement en soirée.
- 29- Nuageux; brumeux le matin. Averses de neige: 09h26-14h38.
- 30- Neige: 02h37 au lendemain. Grésil: 19h56-20h21.
- 31- Neige cessant à 12h21. Eclaircies en P.M. Neige: 15h44-20h35, puis de 00h10 au lendemain.

- 1- Sunny and cold.
- 2- Cloudy periods. Morning fog. Ice crystals: 08h40-11h56. Clouding over in the evening.
- 3- Cloudy periods. Morning fog. Clouding over in the evening.
- 4- Cloudy and mild. Freezing rain 17h50-19h46, 21h50 into next day. Snow and ice pellets 19h46-21h50.
- 5- Freezing rain or drizzle ends at 09h31, 23h57 into next day. Drizzle: 11h40 -23h57. Snow from 21h47-.
- 6- Snow ending at 08h47. Freezing drizzle ending at 04h55. Intermittent snow: 09h04 to the next day.
- 7- Cloudy. Snow from the day before to 01h51, 11h43-13h44, 16h35-22h50.
- 8- Clearing at night. Sunny. Increasing clouds in late evening.
- 9- Cloudy. Snow begins at 12h34 until following day.
- 10- Light snow from previous day until 05h40 then clearing. A few flurries: 22h45-23h20.
- 11- Sunny and cold.
- 12- Late morning clouding over. Snow: 16h25-16h42.
- 13- Cloudy with snow 06h26-23h50. Very light freezing drizzle 23h42 to following day.
- 14- Fzng drz to 02h04, snow 01h57-06h44, liquid+fzng+ frozen pcprn 07h56-16h50, rain+snow after 19h56.
- 15- Snow ending 06h44, blowing snow ending 09h18 then from 10h50-14h10. Clearing and becoming very cold.
- 16- Sunny, windy and very cold.
- 17- Clouding over in the early afternoon. Snow 12h35-16h10, 17h41-
- 18- Snow from the last day to 17h44. Clearing afterwards.
- 19- Sunny with cloudy periods. Snow 12h48-13h44; 15h08-16h23.
- 20- Sunny and cold.
- 21- Sunny with cloudy periods. Snow 14h40-15h10; 17h54-18h50; 19h56-20h50.
- 22- Sunny.
- 23- Cloudy. Snow 05h31-21h07. Ice pellet 17h54-21h50. Freezing rain 18h31-22h57. Rain 22h57-.
- 24- Cloudy. Rain from the last day to 09h40. Snow 01h40-01h54; 05h27-05h40; and 11h32-20h10.
- 25- Sunny and cold.
- 26- Sunny and cold.
- 27- Sunny and cold.
- 28- Sunny. Clouding over in the evening.
- 29- Cloudy; hazy in the morning. Snowshowers: 09h26-14h38.
- 30- Snow: 02h37 to the following day. Ice pellets: 19h56-20h21.
- 31- Snow ending at 12h21. sunny breaks in P.M. Snow: 15h44-20h35, then from 00h10 to the next day.

Date	
01 -	29 cm
08 -	32 cm
15 -	45 cm
23 -	47 cm

Relevé nivométrique du mois courant
Snow survey for the current month



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service
de l'environnement
atmosphérique

Atmospheric
Environment
Service

SOMMAIRE MÉTÉOROLOGIQUE MENSUEL MONTHLY METEOROLOGICAL SUMMARY

Aéroport de Québec
Québec City Airport

FEVRIER 1992
FEBRUARY 1992

LAT: 46° 48' N		LONG: 71° 23' W		ALTITUDE: ELEVATION: 72,8		MÈTRES (NMM) METRES (ASL)		HEURE NORMALE UTILISÉE STANDARD TIME USED		de l'est eastern																	
DATE	TEMPÉRATURE TEMPERATURE			DEGRÉS-JOURS DEGREE-DAYS			HUMIDITÉ REL. REL. HUMIDITY		ORAGE THUNDERSTORM	PRÉCIPITATIONS PRECIPITATION			NEIGE AU SOL SNOW ON GROUND	VENT WIND			INSOLATION EFFECTIVE BRIGHT SUNSHINE										
	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM	MOYENNE MEAN	DE CHAUFFE HEATING	DE CROISSANCE GROWING	DE RÉFRIGÉRATION COOLING	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM		PLUIE (HAUTEUR) RAINFALL	NEIGE (HAUTEUR) SNOWFALL	PRÉCIP. TOTALES TOTAL PRECIP		VITESSE MOYENNE AVERAGE SPEED	DIRECTION DOMINANTE PREVAILING DIRECTION	VITESSE MOYENNE MAX. EN 2 MIN & DIRECTION MAX 2 MIN MEAN SPEED & DIRECTION		HEURES HOURS									
	°C	°C	°C	BASE 18.0°C	BASE 5.0°C	BASE 18.0°C	%	%	mm	cm	mm	km/h		km/h													
1	-9,4	-16,8	-13,1	31,1			86	43			0,2	0,2	61	17,0	ENE*	ENE*	30	2,0									
2	-12,3	-21,5	-16,9	34,9			73	41					61	8,1	SW	SW	22	1,1									
3	-2,4	-20,3	-11,4	29,4			75	40					60	13,1	SW	WNW	26	7,7									
4	-8,8	-17,4	-13,1	31,1			87	55			2,8	2,0	60	13,0	E	E	33	0,0									
5	-8,1	-15,3	-11,7	29,7			86	48			1,6	1,6	63	12,1	NE	NE	30	0,2									
6	-13,4	-22,0	-17,7	35,7			77	55					63	6,5	ENE	ENE	17	6,1									
7	-7,9	-13,9	-10,9	28,9			87	58			2,0	1,4	63	30,3	E	ENE	39	0,0									
8	-6,8	-9,4	-8,1	26,1			89	71			5,0	3,8	64	20,8	ENE*	E	30	0,0									
9	-8,6	-22,1	-15,4	33,4			88	47			1,4	1,2	67	20,0	W	WSW*	37	3,1									
10	-16,0	-26,0	-21,0	39,0			73	45			0,6	0,2	67	12,9	WSW	WSW*	20	7,6									
11	-5,8	-22,6	-14,2	32,2			88	41			5,0	3,8	68	10,2	NW	NNW	33	0,0									
12	-21,1	-27,6	-24,4	42,4			65	43					71	19,9	WSW	WSW	39	8,6									
13	-8,4	-26,5	-17,5	35,5			88	55			1,2	0,8	71	8,7	W	W*	19	0,9									
14	-4,1	-16,9	-10,5	28,5			90	42			0,6	0,6	72	9,2	WSW*	NW	22	8,0									
15	-6,4	-20,5	-13,5	31,5			92	58			8,0	7,2	71	14,4	ENE	ENE	33	0,0									
16	-4,8	-11,7	-8,3	26,3			92	75			5,2	4,6	79	21,7	E	ENE*	33	0,0									
17	0,4	-11,7	-5,7	23,7			89	72			TR	TR	81	19,5	WSW	W	28	1,2									
18	-3,2	-9,8	-6,5	24,5			94	73			TR	TR	75	12,5	ENE	ENE*	19	3,0									
19	-3,4	-6,4	-4,9	22,9			98	87		0,4	9,2	11,8	72	22,6	E	E	39	0,0									
20	-2,2	-13,9	-8,1	26,1			96	57			2,2	2,2	78	11,4	W	WNW*	24	6,7									
21	-7,5	-17,3	-12,4	30,4			89	53			1,2	1,4	78	9,8	ENE	ENE	20	1,0									
22	-6,8	-19,6	-13,2	31,2			95	46			4,8	3,6	79	4,6	NE	SW*	17	0,0									
23	-5,4	-17,3	-11,4	29,4			93	55					82	10,7	W	SW	26	6,1									
24	-6,8	-19,5	-13,2	31,2			71	47					82	5,1	NNW*	NNW*	13	9,4									
25	-6,6	-16,1	-11,4	29,4			96	52			9,2	10,6	79	18,4	ENE	ENE*	31	1,6									
26	-1,8	-6,7	-4,3	22,3			97	77		TR	3,8	3,8	88	14,1	WSW	WSW	24	0,0									
27	-1,5	-15,7	-8,6	26,6			100	66			6,0	5,0	88	20,7	WSW	WNW	33	0,0									
28	-11,4	-20,2	-15,8	33,8			92	52			6,2	5,4	91	16,5	WSW	W*	24	2,8									
29	-11,9	-25,5	-18,7	36,7			80	45			TR	TR	95	19,1	N*	WNW	30	9,3									
	MOY. MEAN	MOY. MEAN	MOY. MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY. MEAN	MOY. MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY. MEAN	DOMINANTE PREVAILING	MAXIMALE ENE*	TOTAL											
	-7,3	-17,6	-12,5	883,9	0,0	0,0	87	55	0	0,4	76,2	71,2	14,6	WSW	ENE*	39	86,4										
NORMALE NORMAL	-6,0	-15,6	-10,8	815,1	0,0	0,0			0	11,2	70,2	78,1	18,9	WSW			113,4										
SOMMAIRE DE DEGRÉS-JOURS/DEGREE-DAY SUMMARY										JOURS AVEC PRÉCIPITATIONS TOTALES: DAYS WITH TOTAL PRECIPITATION:					JOURS AVEC CHUTES DE NEIGE DAYS WITH SNOWFALL												
AU-DESSOUS DE 18°C BELOW 18°C		ANNÉE EN COURS THIS YEAR		ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR		NORMALE NORMAL		AU-DESSUS DE 5°C ABOVE 5°C		ANNÉE EN COURS THIS YEAR		ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR		NORMALE NORMAL		0.2 OU PLUS OR MORE		1.0 OU PLUS OR MORE		2.0 OU PLUS OR MORE		10.0 OU PLUS OR MORE		50.0 OU PLUS OR MORE			
TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH		883,9		769,9		815,1		TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH		0,0		0,0		0,0		OR MORE		OR MORE		OR MORE		OR MORE		OR MORE		OR MORE	
CUMUL DEPUIS LE 1 ^{er} JUILLET ACCUMULATED SINCE JULY 1		3848,6		3639,8		3724,3		CUMUL DEPUIS LE 1 ^{er} AVRIL ACCUMULATED SINCE APRIL 1		1828,2		1753,8		1689,2		20		16		12		2		0		20	

Avis/Note

- Journée climatologique/Climatological Day
- Normale/Normal 1951-1980
- TR = Trace
- M = Manquant/Missing
- Pas de valeur/No entry = Pas d'événement/No occurrence
- * Indique la première de plusieurs des directions dominantes et/ou la vitesse moyenne maximale en 2 minutes (voir page 4)./Indicate first or more than one prevailing direction and/or maximum 2 minutes mean speed (see page 4).
- C = Calme/Calm

Sommaire quotidien de FEVRIER 1992
Aéroport de Québec

- 1- Nuageux, neige....05h10, 07h40-11h20.
Dégagement en après-midi.
- 2- Ennuagement tôt le matin. Dégagement en fin de journée.
- 3- Ensoleillé et doux.
- 4- Ennuagement en A.M. Neige: 17h54-.... Poudrerie 19h28-23h46.
- 5- Neige-17h25. Dégagement par la suite.
- 6- Ensoleillé. Ennuagement en soirée.
- 7- Faible neige 03h45-04h30, 05h45-06h35, 07h57-.... Venteux.
- 8- Faible neige-11h25, et à nouveau, 14h26....
- 9- Neige-15h40. Dégagement par la suite.
- 10- Ensoleillé. Ennuagement en fin de journée. Faible neige 21h45-....
- 11- Faible neige-16h10, par la suite dégagement.
- 12- Ensoleillé et froid.
- 13- Nuageux, neige 05h55-11h21, 21h38-....
- 14- Neige-06h50. Devenant ensoleillé en A.M.
- 15- Ennuagement tôt le matin. Neige: 09h48-11h16, 13h40-15h28, 17h25-.... Poudrerie 15h30-....
- 16- Nuageux. Neige-13h45, 16h49-23h20. Poudrerie-15h45.
- 17- Nuageux avec éclaircies. Neige 20h25-22h20.
- 18- Nuageux avec éclaircies. Neige 23h59-....
- 19- Neige-10h54. Bruine verglaçante 03h10-06h19. Neige 16h40-....
- 20- Neige....- 09h18, ensuite devenant ensoleillé A.M.
- 21- Faible neige: 06h48-13h50 et 14h43-16h22. Dégagement en soirée.
- 22- Ennuagement le matin; neige: 13h24-21h41. Dégagement en soirée.
- 23- Ensoleillé.
- 24- Ensoleillé avec passages nuageux.
- 25- Ennuagement en matinée. Neige 13h35-....
- 26- Neige-06h39. Bruine verglaçante 06h39-06h56. Neige intermittente 07h33-....
- 27- Neige parfois forte-17h40.
Faible neige, 19h28-23h27. Dégagement en soirée.
- 28- Ennuagement en matinée. Neige 13h51-....
- 29- Neige-06h10; devenant ensoleillé et froid.

Daily summary of FEBRUARY 1992
Québec City Airport

- 1- Cloudy, snow....05h10, 07h40-11h20.
Clearing in the afternoon.
- 2- Clouding over early in the morning. Clearing late in the day.
- 3- Sunny and mild.
- 4- Clouding over in A.M. Snow: 17h45-.... Blowing snow 19h28-23h46.
- 5- Snow-17h25. Clearing afterwards.
- 6- Sunny. Clouding over in the evening.
- 7- Light snow 03h45-04h30, 05h45-06h35, 07h57-.... Windy.
- 8- Light snow....-11h25, and from 14h26-....
- 9- Snow-15h40. Clearing afterwards.
- 10- Sunny. Clouding over late in the day. Light snow 21h45-....
- 11- Light snow-16h10, then clearing.
- 12- Sunny and cold.
- 13- Cloudy, snow 05h55-11h21, 21h38 -....
- 14- Snow-06h50. Becoming sunny in A.M.
- 15- Clouding over early morning. Snow: 09h48-11h16, 13h40-15h28, 17h25-.... Drifting snow 15h30-....
- 16- Cloudy. Snow-13h45, 16h49-23h20. Blowing/ drifting snow-15h45.
- 17- Cloudy with breaks. Snow 20h25-22h20.
- 18- Cloudy with breaks. Snow 23h59-....
- 19- Snow-10h54. Freezing drizzle 03h10-06h19. Snow 16h40-....
- 20- Snow- 09h18, then becoming sunny A.M.
- 21- Light snow: 06h48-13h50 and 14h43-16h22. Clearing in the evening.
- 22- Clouding over in the morning; snow: 13h24-21h41. Clearing in evening.
- 23- Sunny.
- 24- Sunny with cloudy periods.
- 25- Increasing cloudiness in the morning. Snow 13h35-....
- 26- Snow-06h39. Freezing drizzle 06h39-06h56. Intermittent snow 07h33-....
- 27- Snow heavy at times-17h40.
Light snow, 19h28-23h27. Clearing in the evening.
- 28- Clouding over in the morning. Snow 13h51-....
- 29- Snow-06h10; becoming sunny and cold.

Relevé nivométrique du mois courant
Snow survey for the current month

Date
01 - 61 cm
08 - 65 cm
15 - 69 cm
23 - 77 cm

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 230 559