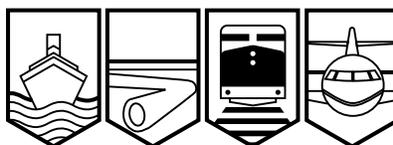


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R03Q0022



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

DU TRAIN Q-149-11-12
DU CANADIEN NATIONAL
AU POINT MILLIAIRE 53,1, SUBDIVISION DRUMMONDVILLE
À MANSEAU (QUÉBEC)
LE 12 MAI 2003

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement en voie principale

du train Q-149-11-12
du Canadien National
au point milliaire 53,1, subdivision Drummondville
à Manseau (Québec)
le 12 mai 2003

Rapport numéro R03Q0022

Sommaire

Le 12 mai 2003, à 22 h 56, heure avancée de l'Est, pendant qu'il roulait en direction ouest, le train de marchandises n° Q-149-11-12 du Canadien National s'est arrêté aux environs du point milliaire 53,1 de la subdivision Drummondville à la suite d'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale. Le matériel roulant déraillé comptait 17 plates-formes chargées de 34 conteneurs, dont la plupart se sont renversées sur le côté parallèlement à l'emprise. Trois des conteneurs transportaient des marchandises dangereuses, mais il n'y a eu aucun déversement de produit. Un tronçon de 1 000 pieds de la voie principale et un tronçon de 300 pieds d'une voie d'évitement ont été endommagés. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le train part de Joffre (Québec) et roule sans incident jusqu'au moment du déraillement. L'équipe d'exploitation compte un mécanicien et un chef de train, qui prennent tous deux place dans la locomotive de tête. Les deux membres de l'équipe répondent aux exigences de leurs postes respectifs et se conforment aux exigences en matière de repos et de condition physique.

Le train a un groupe de traction formé de 3 locomotives et compte 122 wagons chargés et aucun wagon vide. Il pèse quelque 5 190 tonnes et mesure environ 8 430 pieds.

Renseignements sur le lieu de l'événement

Le déraillement s'est produit dans les limites de Manseau (Québec), une localité dont la population est d'environ 700 personnes. Dans le secteur, on trouve un mélange de propriétés résidentielles et de ferme (voir la figure 1).

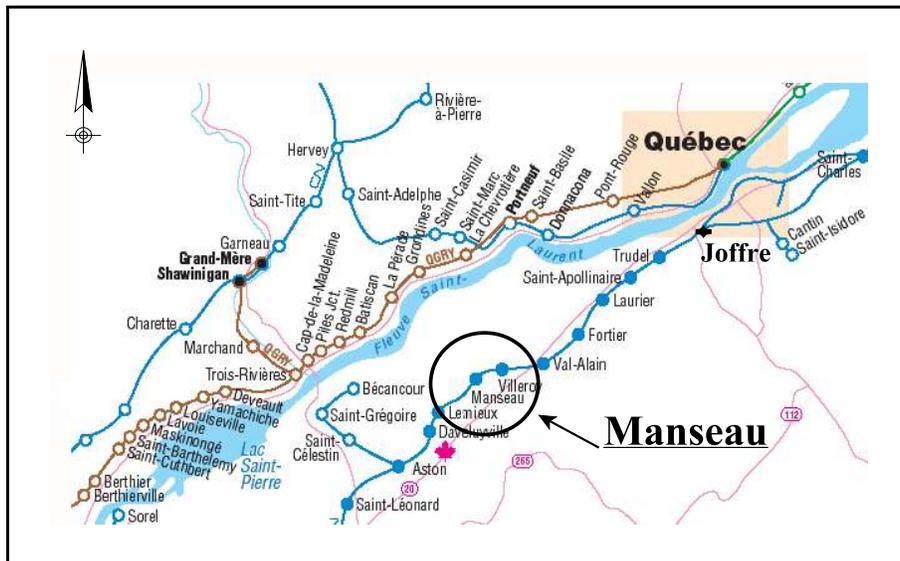


Figure 1. Carte géographique montrant le secteur où le déraillement s'est produit (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

On a relevé les premières marques sur le rail à une quarantaine de pieds à l'est du cœur de croisement menant à un embranchement qui, d'après les schémas de l'Ingénierie du Canadien National (CN) pour la subdivision Drummondville, était l'embranchement M120, situé au point milliaire 53,09. En direction ouest à partir du cœur de croisement, le rail de raccord de l'embranchement était renversé. Le contre-rail et les aiguilles faisant face à l'ouest étaient endommagés, et la voie était en grande partie détruite en direction ouest à partir de l'aiguillage. La plupart des wagons dérailés se sont renversés sur le côté gauche de l'emprise et parallèlement à celle-ci, sur une distance de 1 500 pieds à partir des premières marques. Au total, il y avait 7 wagons intermodaux articulés, consistant en 23 plates-formes portant 44 conteneurs,

dont 17 plates-formes et 34 conteneurs ont déraillé. Sept des plates-formes ont été détruites. Le reste des plates-formes et tous les conteneurs ont subi des dommages minimes, ou n'ont pas été endommagés du tout.

Dans le secteur du déraillement, la voie principale de la subdivision est simple et des trains de voyageurs et des trains de marchandises y circulent. La structure de la voie est constituée de longs rails soudés (LRS) de 132 livres, laminés en 1976 et posés la même année sur des traverses de bois dur. Les rails reposent sur des selles de 14 pouces à double épaulement, sont fixés à chaque traverse par six crampons et sont encadrés par des anticheminants à toutes les deux traverses. Le ballast de pierre concassée est en bon état.

Dans le secteur où l'accident est survenu (voir la figure 2), la voie gravit une légère rampe de 0,3 %, suivie d'une légère pente de 0,3 %. L'aiguillage de l'embranchement M120 se trouve à la sortie d'un raccordement parabolique de deux degrés et une minute vers la gauche (dans le sens d'avancement du train), au point milliaire 53,09. Les premières marques relevées sur la voie se trouvaient à 39 pieds à l'est du coeur de croisement.

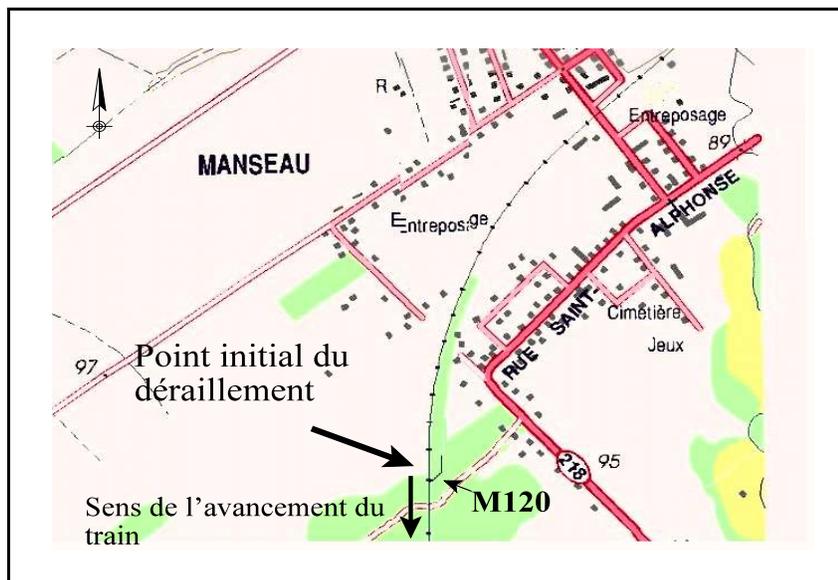


Figure 2. Schéma montrant le point initial du déraillement, à la sortie d'un raccordement parabolique situé au point milliaire 53,09 de la subdivision Drummondville (Source : ministère des Ressources naturelles du Québec)

Un inspecteur de la voie du CN avait inspecté la voie les 5 et 9 mai 2003 et n'avait signalé aucune anomalie. Une voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie avait inspecté la voie pour la dernière fois le 14 avril 2003 et avait signalé un défaut nécessitant des réparations urgentes, au point milliaire 52,41, concernant un surhaussement un peu trop prononcé, qui a été corrigé par la suite.

Entre les points milliaires 52,2 et 53,1, l'indicateur autorisait une vitesse maximale de 75 mi/h pour les trains de voyageurs et de 50 mi/h pour les trains de marchandises. En raison de l'état de la voie dans le secteur (défaut de nivellement transversal causé par un soulèvement dû au gel), un ordre temporaire de vitesse réduite à 40 mi/h était en vigueur du point milliaire 52,5 au point

milliaire 53,0, en l'occurrence dans la courbe immédiatement avant le lieu du déraillement. La circulation ferroviaire était régie par commande centralisée de la circulation en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et était surveillée par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à Montréal (Québec).

Les données du consignateur d'événements montrent qu'à 22 h 56, heure avancée de l'Est (HAE)¹, alors que le train ralentissait pour limiter sa vitesse à 35 mi/h et que la manette des gaz était à la position de ralenti, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché. Moins d'une minute plus tard, la vitesse consignée du train était nulle (0 mi/h).

Au moment du déraillement, la température était de 6 °C. Les vents étaient calmes et il pleuvait.

Des membres des services de police et d'incendie locaux, des employés du CN et des représentants des divers ordres de gouvernement ont été parmi les premiers intervenants arrivés sur le lieu de l'accident.

Le wagon

L'inspection du train a révélé que la caisse d'un des wagons déraillés s'était affaissée sur l'emprise pendant que le train roulait. Le wagon qui s'est affaissé, CN 677048, était un wagon intermodal articulé à cinq plates-formes à évidement central (appelé communément « five-pak »), conçu pour le transport de conteneurs et de remorques routières. Il a été construit en 1991 aux installations principales de réparation de Transcona², et il était un des 140 five-pak (700 plates-formes) qu'on a produits. Il était l'un des plus vieux wagons de sa série et avait parcouru 1,18 million de milles depuis sa mise en service. Lors de sa construction, il a été désigné à l'origine comme étant le wagon CN 679540-679544, chaque plate-forme étant identifiée par son propre numéro de wagon (la plate-forme E portait le numéro CN 679543). Les cinq wagons ont reçu un nouveau numéro, CN 677048 (A à E), le 28 avril 1997. Voici les caractéristiques de ce wagon :

Longueur hors tout	359 pieds
Tare	268 500 livres
Tare par plate-forme	53 700 livres
Capacité de transport totale	831 000 livres
Capacité de transport par plate-forme	166 300 livres
Poids total sur les rails	1 099 500 livres
Bogies	6 X 11

¹ Toutes les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné moins quatre heures).

² Les installations de réparation de Transcona sont établies à Winnipeg, au Manitoba. Il s'agit d'installations homologuées par l'Association of American Railroads pour l'exécution des réparations majeures du matériel roulant.

Essieux	20 par wagon
Appareil de traction	appareils amortisseurs de 15 pouces installés sur les plates-formes des extrémités (c'est-à-dire barres d'attelage pleines entre les plates-formes)
Date de construction	mars 1991
Lieu de construction	installations de réparation de Transcona du CN à Winnipeg
Peint pour la dernière fois	02/1994 (CN - PU)

Dans le secteur de la longrine tronquée de l'évidement, le plancher et le mur de bout (la cloison) se rencontrent à angle droit (voir la figure 3). La cornière inférieure de la cloison est fixée entre la plaque de cisaillement du plancher et la plaque avant de la cloison. Les poteaux d'angle sont reliés aux plaques avant de cloison et aux murs latéraux gauche et droit. Toutes les pièces sont reliées entre elles par des soudures d'angle.

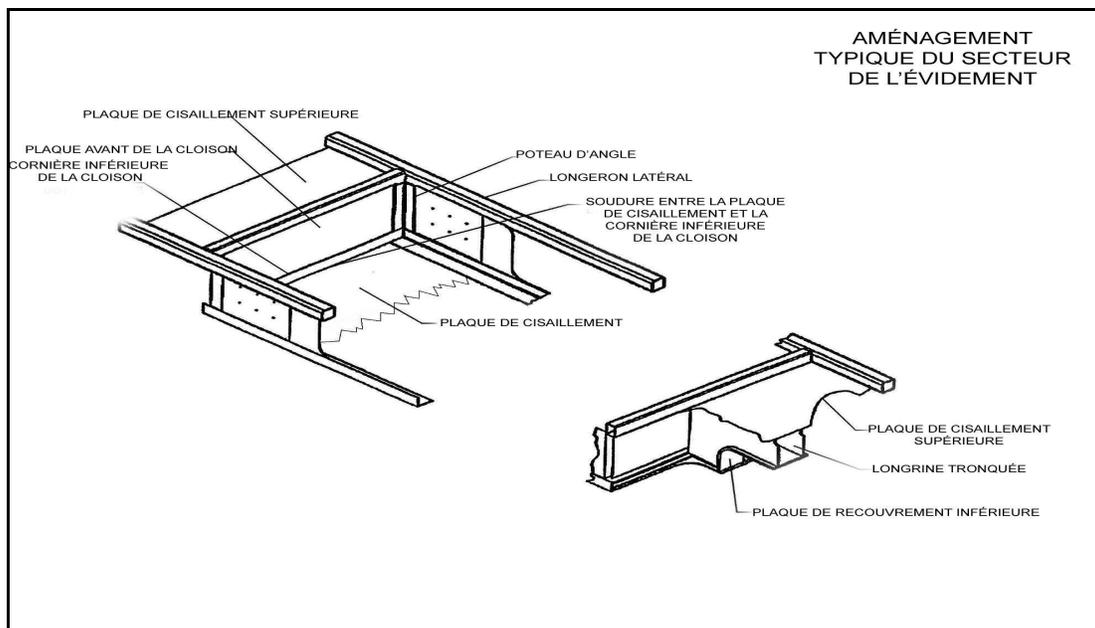


Figure 3. Croquis montrant l'aménagement typique de l'évidement, et terminologie relative à une plate-forme porte-conteneurs

Description générale des dommages

Aperçu. La photo 1 montre le wagon sur la voie, et la photo 2 montre le même wagon après qu'on en a retiré les essieux montés. Les wagons de ce genre ont une zone de chargement parallélépipédique qu'on appelle « évidement ». Ces photos montrent les longerons latéraux rompus ainsi que la rupture le long du rebord inférieur avant de l'évidement, au point de jonction du rebord inférieur de la longrine tronquée.



Photo 1. Position du wagon CN 677048 après le déraillement

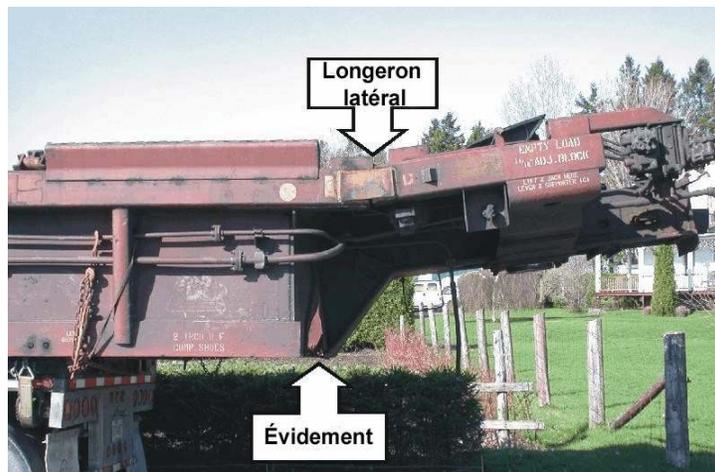


Photo 2. Vue de côté de la plate-forme après qu'elle a été chargée sur une remorque routière en vue de son transport. Les flèches indiquent le secteur touché par la rupture.

Rupture de l'évidement. Les photos 3 et 4 montrent la rupture le long du rebord inférieur avant de l'évidement, à l'endroit où le rebord inférieur de la longrine tronquée s'est séparé de la plaque avant de la cloison. Le rebord inférieur de la plaque avant de la cloison était fixé à une cornière en acier. La rupture a touché toute la cornière en acier, au bord de la soudure qui reliait la cornière au plancher et qui mesurait environ 42 pouces de longueur. Les surfaces de rupture verticales étaient de longueurs différentes. Du côté du wagon qui était sur le rail de la file haute de la courbe, la rupture mesurait environ 14 pouces, alors qu'elle mesurait 12 pouces $\frac{1}{2}$ sur le rail de la file basse de la courbe. On a trouvé des éclats de peinture rouge dans la soudure de la surface touchée par la rupture. Les surfaces de rupture montraient aussi des signes de rouille, d'usure de contact et de contamination similaires à ce qui serait causé par les graisseurs placés en bordure de la voie. On a aussi noté qu'il y avait deux soudures verticales (indiquées par la lettre W dans la photo 4) dans la plaque avant de la cloison, derrière le point de jonction de la

longrine tronquée. Mis à part le ballast qui est entré dans l'évidement au cours du déraillement, on n'a trouvé que très peu de débris (p. ex. une semelle de frein usée et des joints étanches en caoutchouc des freins à air).

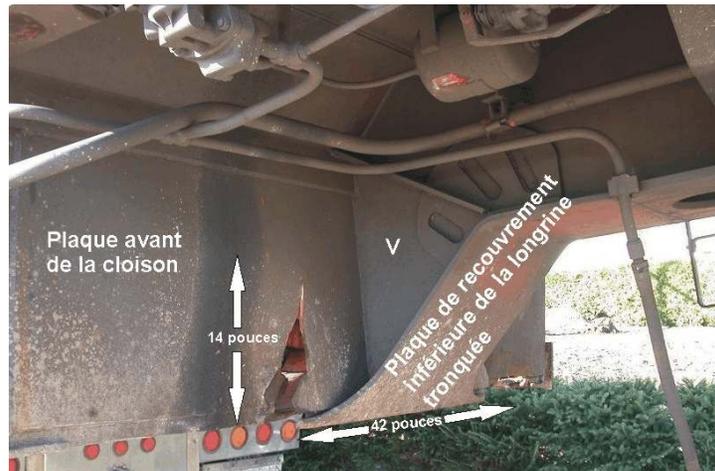


Photo 3. Rebord inférieur avant de la plaque avant de la cloison, vu de sous le wagon dans le secteur de la longrine tronquée

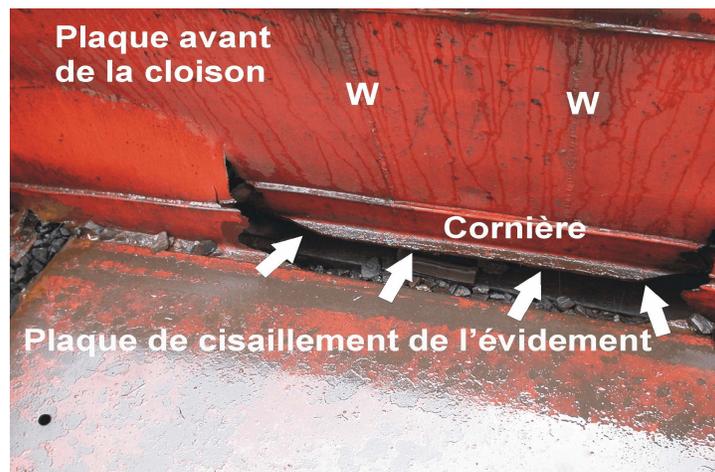


Photo 4. Vue de la rupture de l'intérieur de l'évidement. Les flèches montrent le point où la cornière en acier s'est rompue.

La photo 5 montre une vue en coupe de la géométrie des pièces dans le secteur où la cornière inférieure en acier se fixe à la longrine tronquée et au plancher. Le spécimen a été prélevé au bout opposé, non endommagé, du wagon CN 677048-E, après qu'on a agrandi une fissure préexistante en utilisant des moyens mécaniques.

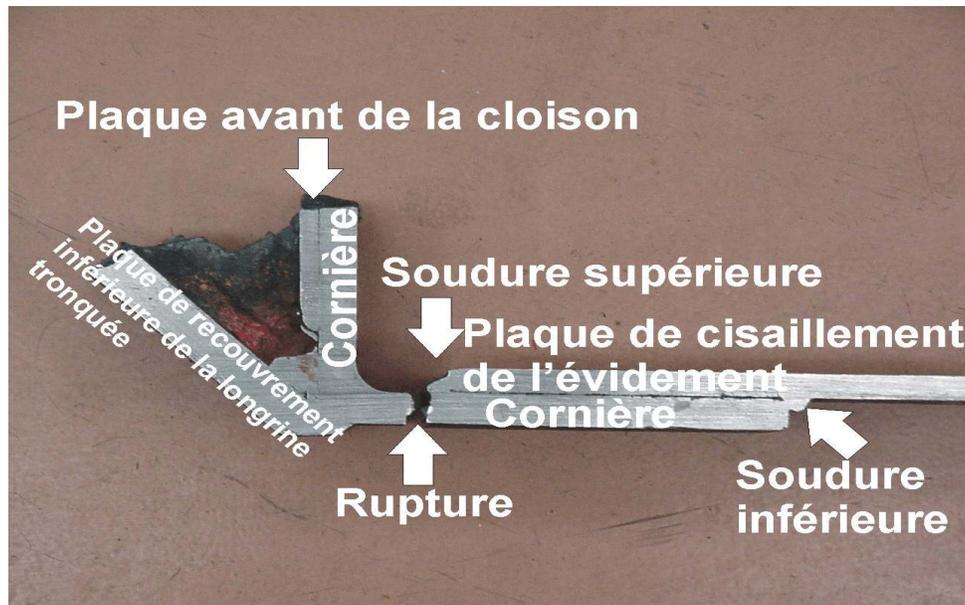


Photo 5. Disposition géométrique typique de la cornière en acier au bas de l'évidement

Dossier de réparation

Le dossier de réparation indique que le five-pak a été en cause dans deux déraillements; un déraillement mineur dans une cour de triage de la CSX Corporation, à Collingwood (Ohio), aux États-Unis, en octobre 2002 (lors duquel une des autres plates-formes du wagon a déraillé), et un déraillement majeur en voie principale touchant 35 wagons, survenu en février 1993 au point milliaire 21 de la subdivision Caramat du CN, et dans lequel le five-pak au complet a été en cause. À la suite de ce dernier accident, on a dû charger le wagon sur un autre wagon plat et le transporter jusqu'aux installations de réparation de Transcona du CN à Winnipeg pour le faire réparer. Le wagon a été remis en service en mars 1994. Il est aussi passé par les installations de réparation de Transcona en 1997 et en 2000 pour des réparations rendues nécessaires par l'usure des pièces.

Un examen des données détaillées de réparation des ateliers d'entretien et des compagnies ferroviaires étrangères a révélé que le secteur de la longrine tronquée et de l'évidement du five-pak n'a pas été réparé dans ces installations de réparation. Le CN n'a pas tenu des dossiers détaillés pour les réparations effectuées dans les installations principales de réparation. Les dossiers de réparation disponibles ont révélé que les installations de réparation de Transcona ont bel et bien exécutés des travaux de modification afin de renforcer la longrine tronquée, et que les soudeurs qui ont travaillé sur le wagon lors de sa dernière visite aux installations principales de réparation, en 2000, étaient qualifiés conformément aux exigences de la section 6, portant sur le soudage, du *AAR Manual of Standards and Recommended Practices* de la Section électricité de la Division de l'ingénierie et de la mécanique de l'Association of American Railroads (AAR). Pour les réparations effectuées dans les installations principales de réparation en 1994 et en 1997, les dossiers de réparation ne documentent pas toutes les soudures exécutées et n'identifient pas la personne qui les a faites.

Inspections faites par le CN

Le wagon a fait l'objet d'inspections normales exécutées par des inspecteurs de wagons autorisés à l'occasion d'inspections de sécurité réalisées dans des triages et des terminaux intermodaux (la dernière inspection de sécurité a eu lieu à Halifax, en Nouvelle-Écosse, le 11 mai 2003 et n'a révélé aucune anomalie). De plus, le wagon a été inspecté régulièrement par des systèmes de détection en voie, comme des détecteurs de boîtes chaudes et de pièces traînantes, et des détecteurs de roues chaudes. Les deux derniers emplacements des systèmes de détection en voie (aux points milliaires 36,9 et 51,7 respectivement) fonctionnaient correctement et n'ont pas lancé d'alarmes lors du passage du train.

La compagnie n'avait pas mis en place un programme d'inspection basé sur l'âge ou le millage de ses wagons intermodaux, voulant qu'un wagon entre dans des installations de réparation désignées à des intervalles prédéterminés pour faire l'objet d'une inspection exhaustive de sa structure, et elle n'était d'ailleurs pas tenue de mettre en place un tel système. On faisait de telles inspections seulement lorsque les wagons entraient en atelier pour subir d'autres travaux de réparation, notamment pour corriger une usure excessive ou pour réparer des dommages consécutifs à un accident.

Rapport du Laboratoire technique

Après l'accident, la plate-forme en cause dans l'accident a été soumise à Montréal à une inspection par le personnel du BST et du CN. On a choisi certaines portions de la plate-forme, notamment une partie du bout opposé qui n'a pas été endommagé, que l'on a fait parvenir au Laboratoire technique du BST à Ottawa, en vue d'examens et d'analyses plus poussés (rapport du Laboratoire technique LP 043/2003). On a procédé à des analyses métallurgiques de portions choisies des surfaces de rupture et de certaines soudures.

On a relevé des fissures pré-existantes à des endroits similaires des deux extrémités de la plate-forme, et on a remarqué l'absence d'une soudure d'angle dans un secteur critique de l'extrémité qui s'est affaissée (voir les photos 6 et 7).



Photo 6. Bout non endommagé de la plate-forme montrant la soudure qui relie le dessous de la plaque de cisaillement du plancher de l'évidement à la cornière en acier



Photo 7. Dessous de la plaque de cisaillement du plancher de l'évidement et de la cornière en acier montrant l'absence de soudure à l'extrémité qui s'est affaissée

Voici les constatations de cette analyse :

- La défaillance principale s'est produite dans la cornière en acier située le long du rebord inférieur avant de l'évidement. La rupture des longerons latéraux a été une rupture secondaire.
- La cornière en acier était conforme aux exigences concernant les matériaux et les dimensions spécifiés.
- On a relevé des fissures pré-existantes sur la surface de rupture principale.

- Au bout opposé non endommagé du même wagon, on a relevé le long du rebord inférieur de l'évidement une fissure pré-existante qui avait la même apparence que la rupture principale et dont l'emplacement était le même.
- L'aspect visuel et l'emplacement des fissures pré-existantes donnent à penser qu'il s'agit de fissures de fatigue.
- La fissuration s'est faite très lentement.
- La présence de la fissure pré-existante de grande taille à l'emplacement de la rupture principale a dû affaiblir la structure à cet endroit, au point que la résistance de cette dernière n'était plus que d'environ le tiers de sa résistance originale.
- La soudure qui relie normalement la cornière en acier au dessous du plancher de l'évidement était absente du côté où la rupture s'est produite. En raison de cette absence, les efforts exercés à cet endroit ont dû être supérieurs à la normale et ont dû causer une accélération du processus de fatigue, accélération qui n'a pu être quantifiée.
- On considère que la qualité générale des soudures à l'endroit de la rupture n'a pas été un facteur contributif notable.
- Il a été impossible de déterminer dans quelle mesure le déraillement précédent et les réparations qui ont suivi ont contribué à la rupture.

Rapport du National Transportation Safety Board

Le 2 septembre 1998, un train de marchandises intermodal de la Burlington Northern and Santa Fe Railway Company, qui roulait en direction ouest, a déraillé à Crisfield (Kansas), aux États-Unis. Le déversement de marchandises dangereuses et les incendies consécutifs au déraillement ont rendu nécessaire l'évacuation de 200 personnes. Personne n'a été blessé. Les dommages ont été évalués à 1,3 million de dollars.

L'accident s'est produit après que la plaque de cisaillement du plancher s'est séparée de la cornière en acier de la cloison du wagon DTTX 72318, un wagon articulé de type five-pak de 125 tonnes à chargement sur deux niveaux (le wagon CN 677048 était un wagon de 100 tonnes à chargement sur deux niveaux). On a relevé une rupture latérale dans une soudure entre la plaque de cisaillement du plancher et la cornière de la cloison, au bout avant de la plate-forme B du wagon. En grande partie, la rupture a suivi le bord de la soudure du côté de la plaque de cisaillement du plancher, et a brisé complètement la plaque de cisaillement du plancher.

On a déterminé que le wagon avait précédemment fait l'objet de réparations inopportunes qui n'avaient pas redonné sa résistance et son état originaux à la plaque de cisaillement du plancher. Les dossiers de réparation du wagon DTTX 72318 ne précisait pas l'endroit où les réparations avaient été faites, et la TTX Company n'avait pas été facturée pour les réparations. Les problèmes de sécurité abordés dans le rapport du NTSB ont porté notamment sur les réparations inopportunes et non documentées dont le wagon DTTX 72318 a fait l'objet et sur la

réaction de l'industrie face aux défaillances structurales des wagons de 125 tonnes à chargement sur deux niveaux qui sont fabriqués par la Thrall Car Manufacturing Company (voir l'annexe A).

Marchandises dangereuses

En vertu du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*, les chargements de marchandises dangereuses doivent être accompagnés en tout temps d'un document d'expédition qui renferme notamment des renseignements sur l'expéditeur, une description des marchandises, l'appellation réglementaire et la quantité expédiée, la catégorie principale et le numéro UN (de l'ONU identifiant la marchandise dangereuse). Le document d'expédition comprend généralement l'identification des plaques et des panneaux orange utilisés au cours du transport. Les documents peuvent être des copies imprimées des documents d'expédition originaux ou des copies électroniques. On peut obtenir des renseignements techniques sur les marchandises dangereuses transportées par l'entremise d'un numéro 24 heures qui sert à communiquer immédiatement avec l'expéditeur. Ce numéro doit être affiché sur le document d'expédition. Certaines des données contenues dans les documents d'expédition sont annexées au bulletin de composition³ et sont utilisées par la compagnie ferroviaire, qui s'en sert pour décrire la composition du train et préciser la position des wagons.

Le bulletin de composition du CN identifiait les conteneurs sur chaque wagon même s'il ne s'agissait pas d'une exigence en vertu du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*. Cependant, trois des conteneurs en cause dans l'accident n'étaient pas identifiés dans le bulletin de composition et, par ailleurs, trois conteneurs qui figuraient dans le bulletin de composition étaient absents. Cela a causé une certaine confusion au cours des premières heures qui ont suivi le déraillement. Les trois conteneurs qui n'apparaissaient pas dans le bulletin de composition étaient chargés à bord du wagon CN 677048. Un de ces trois conteneurs portait une plaque indiquant le numéro UN 3077, désignant une substance dangereuse du point de vue de l'environnement. Il était chargé sur la plate-forme E du wagon CN 677048. Tous les conteneurs faisant partie du convoi qui devaient porter des plaques en vertu du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* affichaient les bonnes plaques.

Le BST a traité dans des rapports précédents du fait que des bulletins de composition étaient inexacts et ne renfermaient pas tous les renseignements voulus au sujet des marchandises dangereuses. Il en a parlé notamment en 2002, dans son rapport sur l'accident survenu à Mont-Saint-Hilaire, au Québec (rapport R99H0010 du BST). Dans son rapport final, le Bureau écrivait :

L'enquête a révélé qu'il n'y aucune procédure de contrôle permettant de vérifier les documents d'expédition électroniques et de les comparer aux originaux ou au bulletin de composition du train. . . . Comme les documents d'expédition sont utilisés par les équipes des trains et par le personnel d'intervention d'urgence, leur disponibilité et

³

Le document appelé « bulletin de composition » renferme des renseignements sur la composition du train. Il regroupe des renseignements comme le nombre de wagons et de locomotives et leur position dans le train, le fait que les véhicules sont chargés ou déchargés et leur poids, ainsi que les gares de destination, les consignes particulières de circulation et l'information sur les marchandises dangereuses.

leur exactitude sont d'une importance critique pour la sécurité. Le Bureau s'inquiète du fait que les risques liés aux inexactitudes possibles dans le bulletin de composition des trains n'ont pas été réglés et présentent encore des conditions dangereuses pour le personnel d'intervention d'urgence et le grand public.

Au moment de l'accident qui est survenu à Mont-Saint-Hilaire, aucune exigence relative au transport des marchandises dangereuses n'était en vigueur pour les bulletins de composition. Depuis cet accident et l'entrée en vigueur du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* le 15 août 2002, on exige des bulletins de composition. L'information sur le bulletin de composition doit être tenue à jour par l'équipe de train et conservée avec le ou les documents d'expédition.

Analyse

Quand la caisse de la plate-forme E du wagon porte-conteneurs chargé CN 677048 s'est affaissée sur la voie principale, elle est entrée en contact avec divers éléments (p. ex. coeur de croisement, contre-rail et aiguilles) du branchement menant à l'embranchement. L'effet combiné du poids de la plate-forme chargée et de la vitesse du train a causé à la structure de la voie des dommages qui ont entraîné la perte de l'écartement et, partant, le déraillement des sept wagons articulés.

Bien qu'il semble y avoir des similitudes entre l'accident décrit dans le rapport susmentionné du NTSB et des défaillances antérieures de plates-formes et l'accident dont il est question dans le présent rapport, il semble que, lors des accidents en question, la présence de débris sur le plancher des plates-formes des wagons a occasionné des contraintes ponctuelles sur des parties des wagons, dues au fait que les conteneurs reposaient sur ces débris. Lors de l'accident à l'étude, bien qu'il y ait eu des débris mineurs dans l'évidement, rien n'indique que les plaques de cisaillement du plancher du wagon CN 677048 aient été soumises à des contraintes ponctuelles. Il y avait tout de même certaines similitudes, en ce sens que des détails étaient absents dans les dossiers de réparation du wagon en cause dans cet accident et dans ceux du wagon en cause dans l'accident de Crisfield. De même, on a relevé des inexactitudes quant à l'identification des conteneurs dans les bulletins de composition.

L'enquête a révélé que ni l'entretien et l'inspection de la voie, ni la méthode de conduite du train n'étaient en cause. Par conséquent, l'analyse portera surtout sur les événements associés à la rupture, sur la réparation du wagon et l'inspection du wagon en service, et sur la documentation relative aux marchandises dangereuses transportées par les wagons en cause dans l'accident.

Rupture

La rupture s'est produite au point d'intersection d'un grand nombre d'éléments de conception. La structure du wagon était conçue de telle façon que tous les efforts imposés au wagon, qu'il s'agisse des efforts dus au poids du chargement ou des efforts de compression et de traction exercés sur les attelages du train, passaient par ce point, en l'occurrence de l'évidement à la longrine tronquée. Ces efforts se concentraient dans le secteur de la jonction entre l'évidement

et la longrine tronquée. Par conséquent, il y avait une concentration considérable de forces dans ce secteur. À cela s'ajoutait une zone locale de concentration de contraintes, en l'occurrence la soudure qui fixait la plaque du plancher de l'évidement à la cornière en acier.

La position du five-pak au point de déraillement initial, à la sortie de la courbe de raccordement, et les longueurs inégales des deux surfaces verticales de rupture dans la plaque avant de la cloison indiquent que la plate-forme du wagon a été soumise à des efforts de torsion au moment de son affaissement⁴. La rouille et la contamination relevées sur certaines surfaces de rupture indiquent que les ruptures n'étaient pas récentes.

Comme une soudure manquait sous le wagon, au point de jonction entre l'évidement et la cornière en acier, les efforts se sont transférés à ce secteur déjà soumis à des efforts considérables par une seule soudure plutôt que par deux. C'est pourquoi la partie entourant cette soudure unique a été soumise à des efforts plus considérables que le bout opposé du wagon. Ces efforts ont causé une accélération de la fissuration de fatigue à l'extrémité qui s'est affaissée, à un tel point que la caisse du wagon ne pouvait plus résister aux efforts dus à une exploitation normale. Au moment où le five-pak se trouvait à la sortie du raccordement parabolique, les forces de torsion qui s'exerçaient sur le wagon, combinées au poids des conteneurs et aux forces qui s'exerçaient sur les attelages, ont été supérieures à la résistance de la structure déjà affaiblie, ce qui fait que la structure s'est rompue et s'est affaissée sur l'emprise ferroviaire.

Dossiers de réparation incomplets

Il est impossible de déterminer si l'absence de la soudure remonte à l'époque de la construction du wagon ou si la disparition de la soudure a eu lieu lors de réparations ultérieures, plus particulièrement lors de celles qui ont résulté du déraillement majeur de 1993. Étant donné la nature répétitive des tâches nécessaires à la construction des wagons dans les installations principales de réparation au cours des programmes d'envergure, il est peu probable qu'on ait oublié de faire la soudure lors de la fabrication originale. De plus, aucune soudure verticale n'était nécessaire dans les matériaux de la plaque avant de la cloison lors de la construction originale, car il s'agissait d'une pièce de métal continue qui allait d'un côté à l'autre. Il a aussi été déterminé que le wagon avait été réparé dans ce secteur à une reprise au moins après la construction initiale, lorsqu'on a modifié la longrine tronquée aux installations de réparation de Transcona.

Les éclats de peinture trouvés sur la surface de rupture ont permis de déterminer que les fractures existaient lorsque le wagon a été peint pour la dernière fois. Il est peu vraisemblable qu'une compagnie ferroviaire étrangère ait procédé à des réparations majeures de ce genre sans essayer de présenter une facture de réparation aux intéressés afin de récupérer une bonne partie de ses dépenses (étant donné que les règles de l'AAR leur permettent de facturer les propriétaires des wagons pour un grand nombre de réparations hors ligne). Le fait qu'on ait dû charger le wagon sur un autre wagon plat pour le transporter jusqu'à des installations

⁴ La rupture verticale sur le côté de la longrine tronquée qui se trouvait sur le rail de la file haute de la courbe était plus longue que la rupture verticale sur le rail de la file basse de la courbe, ce qui indique que la plate-forme du wagon était soumise à un effort de torsion au moment de la rupture.

principales de réparation après le déraillement de 1993 donne une certaine indication de la gravité des dommages et des réparations qu'il a fallu faire à cette époque. Il était d'ailleurs courant de procéder de la sorte pour transporter des plates-formes porte-conteneurs dont la longrine tronquée était endommagée. Il est donc vraisemblable que l'état de la longrine tronquée du wagon CN 677048 a résulté de réparations exécutées quelque temps après la fabrication du wagon.

Comme des dossiers détaillés des réparations faites aux installations principales de réparation n'étaient pas disponibles, il a été impossible de savoir avec exactitude où et quand les réparations ont été faites. On sait que le wagon a été construit aux installations de Transcona, et qu'il y a été réparé à plusieurs reprises, notamment une fois où il a fallu réparer des dommages consécutifs à un déraillement majeur. On sait aussi que les inspections dont le wagon a fait l'objet dans des installations principales de réparation, des chantiers d'entretien, des terminaux intermodaux, des gares de triage, et à l'occasion d'inspections de trains en cours de route n'ont pas permis de déceler l'absence de la soudure ni la présence des fissures de fatigue.

Inspections

Les inspections du matériel roulant qui sont faites en bordure de la voie, soit par des employés de chemins de fer, soit par des dispositifs technologiques (comme des systèmes de détection en voie) ne visent pas à déceler des lacunes mineures de construction des wagons, surtout s'il s'agit de l'absence de soudures ou de soudures mal faites. Les inspecteurs de wagons autorisés sont mieux à même de déceler de tels problèmes et de procéder à des inspections de sécurité du matériel roulant dans les terminaux intermodaux et les cours de triage. Toutefois, l'identification de fissures de fatigue mineures dans l'évidement d'un wagon porte-conteneurs pose un problème, étant donné qu'il est difficile de voir ces parties des wagons et que la tâche s'avère d'autant plus difficile que les wagons sont rarement vides au moment des inspections. Le recours à des méthodes améliorées d'inspection basées sur certains critères (comme l'âge, le millage et le tonnage) et l'emploi d'équipement spécialisé pendant les inspections faciliteraient la détection de défauts de ce genre. Faute d'un tel programme et compte tenu des limitations naturelles des méthodes courantes d'inspection de sécurité et d'inspection en bordure de voie, il y avait peu de chances pour qu'on puisse remarquer l'absence d'une soudure ou déceler des fissures de fatigue majeures avant que le wagon se brise.

Documentation sur les marchandises dangereuses

À l'origine, les chiffres inexacts qui figuraient dans le bulletin de composition au sujet des conteneurs ont empêché les premiers intervenants de déterminer tous les risques liés aux conteneurs déraillés. Comme l'un des conteneurs non identifiés portait une plaque de marchandises dangereuses et comme il était chargé sur la plate-forme qui s'est affaissée sur la voie, on a perdu un temps précieux à vérifier la nature de son contenu. Bien que le produit ne se soit pas échappé lors de l'accident, les premiers intervenants n'étaient pas en mesure de déterminer les risques en temps voulu ou les mesures de sécurité à prendre.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le déraillement s'est produit quand la caisse de la plate-forme E du wagon porte-conteneurs chargé CN 677048 s'est affaissée sur la voie principale, causant à la structure de la voie des dommages graves qui ont entraîné la perte de l'écartement.
2. La défaillance de la plate-forme E du wagon CN 677048 a été causée par la fatigue du métal à un endroit qui était soumis à de fortes contraintes et où il manquait une soudure, ce qui était passé inaperçu lors des inspections et des réparations.

Faits établis quant aux risques

1. Compte tenu des limitations des méthodes courantes d'inspection de sécurité et d'inspection en bordure de voie, il y a peu de chances pour qu'on puisse remarquer sur le terrain l'absence de soudures ou déceler des fissures de fatigue avant que le wagon se brise.
2. Des bulletins de composition inexacts peuvent causer une certaine confusion chez les premiers intervenants relativement au contenu exact des wagons déraillés.

Autres faits établis

1. Bien que le wagon ait été construit dans les installations de réparation de Transcona et qu'il ait été réparé dans des installations principales de réparation à plusieurs reprises par la suite, y compris après un déraillement majeur, il a été impossible de déterminer la raison pour laquelle une soudure était absente, étant donné que les dossiers détaillés d'inspection et de réparation aux installations principales de réparation n'étaient pas disponibles.

Mesures de sécurité prises

Le 14 mai 2003, le Canadien National (CN) a donné à toutes ses équipes d'inspection sur le terrain des instructions disant de faire une inspection visuelle de tous les wagons de la série CN 677 (voir l'annexe B). On a inspecté toutes les soudures et le secteur entourant le point où la longrine tronquée et la plaque de cisaillement inférieure se fixaient à la traverse extrême du wagon, afin de trouver des fissures ou des signes de défaillance à l'intérieur et à l'extérieur de l'évidement destiné à recevoir les conteneurs. On a nettoyé les soudures à l'aide d'une brosse métallique pour pouvoir faire une bonne inspection visuelle. Comme il estimait que cette inspection était d'une importance critique, le CN a exigé qu'elle soit confiée à un superviseur des services de mécanique ou à une personne désignée par ce dernier. Tous les wagons de la série ont été identifiés dans une banque de données et ont été inspectés quand ils sont passés par un terminal d'inspection. Cette inspection a révélé qu'il n'y avait aucun autre wagon dont des soudures étaient défectueuses.

Le 10 juillet 2003, des représentants du CN, de Transports Canada et du BST ont assisté à des essais qu'une entreprise privée (Halton Inspection Services) a réalisés sur un autre wagon five-pak de la série CN 677 (wagon CN 677006) au triage MacMillan du CN, à Toronto (Ontario). Les critères de sélection comprenaient un wagon répondant à la même norme de conception qui n'avait pas été en cause dans un déraillement, et un qui avait parcouru plus de milles que le wagon CN 677048. On a procédé à un contrôle magnétoscopique à sec de la surface supérieure (raccordement entre la plaque de cisaillement, la cornière en acier et la longrine tronquée) et à un contrôle magnétoscopique par voie humide de la surface inférieure du secteur de la longrine, sur les cinq plates-formes du wagon⁵. Les essais ont révélé que trois des plates-formes montraient des fissures mineures. Toutefois, aucune de ces fissures n'était similaire à celles du wagon CN 677048 (voir l'annexe C). La compagnie ferroviaire a meulé les fissures pour les faire disparaître des soudures et a fait des marques sur les secteurs touchés en vue d'une inspection de suivi. Après une inspection du wagon faite le 20 novembre 2003, le rapport technique a indiqué que les fissures relevées précédemment n'avaient pas réapparu.

Le 20 juin 2003, le BST a envoyé à Transports Canada l'Avis de sécurité ferroviaire 03/03, intitulé *Inspection of CN 677 series Doublestack Intermodal Rail Cars*, qui portait sur l'inspection des wagons intermodaux de la série CN 677 à chargement sur deux niveaux. L'avis indiquait que le recours aux méthodes d'inspection visuelle n'était peut-être pas suffisant pour déceler les fissures dont les wagons de type five-pak de la série CN 677 étaient affectés, et qu'il y aurait peut-être lieu de recourir à des méthodes d'inspection améliorées pour s'assurer de déceler toutes les défaillances. En guise de conclusion, le BST disait que, compte tenu des risques auxquels les équipes des trains et le public s'exposeraient si un wagon était affecté par une défaillance structurale, Transports Canada voudra peut-être revoir la façon dont les compagnies ferroviaires s'y prennent pour inspecter les wagons porte-conteneurs similaires au wagon CN 677048 afin de s'assurer que la structure des wagons en question est saine.

Le 31 juillet 2003, Transports Canada a répondu à l'avis, disant que ce matériel roulant avait beaucoup été utilisé pour le service de transport intermodal à grande vitesse et qu'il ne montrait aucun signe de défaillance structurale prématurée. De plus, le personnel de Transports Canada était informé et satisfait des inspections réalisées par la compagnie ferroviaire. À partir de cette information et des données historiques disponibles, la Direction générale de la sécurité ferroviaire de Transports Canada a déterminé que les méthodes d'inspection du CN répondaient aux exigences de son exploitation dans ce domaine. De plus, Transports Canada précisait que la surveillance du rendement et de l'inspection de ce matériel roulant se poursuivrait dans le cadre du programme continu de vérification du matériel roulant.

⁵ Le secteur examiné sur la surface supérieure était la soudure entre la plaque de cisaillement du plancher, la cornière en acier et la plaque avant de la cloison, au point d'intersection de la longrine tronquée de la cloison et des plaques de cisaillement. On a décrit la surface inférieure comme étant la zone soudée située au bas du raccord entre la longrine tronquée et l'évidement.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 11 août 2004.

Annexe A – Données historiques relatives à la défaillance de certaines soudures de wagons intermodaux à évidement central

La Thrall Car Manufacturing Company a été avisée pour la première fois en juillet 1993 des défaillances de certaines soudures de ses wagons de 125 tonnes à chargement sur deux niveaux, soit environ cinq ans après la mise en service des wagons en question. À cette époque, l'inspection dans un triage de Chicago du wagon DTTX 72052 a révélé une fissure dans la plaque de cisaillement du plancher. En novembre 1997, le personnel de l'Union Pacific Railroad (UP) a découvert des fissures entre la plaque de cisaillement du plancher et la cornière inférieure de la cloison de deux wagons de la Thrall Car Manufacturing Company de 125 tonnes à chargement sur deux niveaux : le wagon DTTX 720573 le 22 novembre, à Green River (Wyoming), et le wagon DTTX 720158 le 25 novembre, à Central City (Nebraska). Les wagons ont tous deux été envoyés aux installations de la Thrall Car Manufacturing Company pour y subir des inspections plus poussées et y être réparés. L'UP a découvert, ce qui a été confirmé ultérieurement par l'Association of American Railroads (AAR), que les deux fissures résultaient d'un point de contact dû à la présence d'un corps étranger sous un conteneur chargé. Immédiatement après avoir signalé les premières défaillances en 1997, l'UP a commencé à inspecter les wagons DTTX de 125 tonnes à chargement sur deux niveaux afin de trouver des fissures éventuelles, et plus particulièrement au point de jonction entre la plaque de cisaillement du plancher et la cornière inférieure de la cloison. On a découvert cinq autres wagons affectés de fissures de ce genre au cours d'inspections à Chicago, à Memphis (Tennessee), à Oakland (Californie) et à Chehalis (Washington). Dans chaque cas, l'UP a trouvé des indices de dommages causés par un corps étranger. D'après l'AAR, le service de mécanique de l'UP a informé l'AAR, la Thrall Car Manufacturing Company, et la TTX Company des résultats de ses inspections et les a avisés de ses préoccupations quant à l'existence d'un problème de sécurité.

Le comité de l'AAR chargé du rendement des wagons intermodaux a tenu une téléconférence le 4 décembre 1997. À ce moment, l'UP avait inspecté 303 wagons DTTX et avait découvert des preuves d'un problème de fissuration. Le 10 décembre 1997, l'AAR a adressé la lettre de préalerte (*Early Warning Letter*) 161 (EW-161) à l'ensemble de ses 1 200 membres adhérents qui font appel à l'échange de wagons. La lettre informait les membres des fissures décelées sur des wagons de la Thrall Car Manufacturing Company de 125 tonnes à chargement sur deux niveaux qui avaient été construits depuis 1988, et invitait les intéressés à inspecter ces wagons. Des 1 653 wagons de la TTX Company qui ont fait l'objet d'une inspection, on en compte 71 qui ont été envoyés à des installations de réparation en vue d'inspections plus poussées, et 27 qui ont été réparés. Des témoins ont fait savoir que, dans chacun des wagons réparés, on a relevé des indices de la présence de corps étrangers.

Lors de l'accident visé par le présent rapport, bien qu'on ait trouvé des débris dans le secteur de l'évidement, rien n'indique que les plaques de cisaillement du plancher du wagon CN 677048 aient été soumises à des contraintes ponctuelles. On a toutefois relevé des similitudes en ce qui a trait à l'absence de dossiers détaillés sur la réparation des wagons en cause dans chacun des accidents.

Annexe B – Inspection par le CN des wagons intermodaux de la série CN 677

Les instructions ci-après ont été émises le 14 mai 2003 à l'intention des équipes d'inspection sur le terrain du Service de la mécanique du CN :

(Traduction)

Nous avons appris qu'une défaillance structurale d'un wagon de la série CN 677 avait causé un déraillement.

La défaillance en question a consisté en la rupture du raccord inférieur entre la longrine tronquée et la caisse du wagon. Il semble que la défaillance ait pris son origine dans une rupture pré-existante affectant la soudure qui retenait la plaque de cisaillement inférieure. À compter de maintenant, on devra inspecter soigneusement toutes les soudures des wagons de la série CN 677000 à 677139 (136 wagons / 680 plates-formes) dans le secteur entourant le point où la longrine tronquée et la plaque de cisaillement inférieure se fixent à la traverse extrême du wagon, pour découvrir des signes éventuels de défaillance à l'intérieur et à l'extérieur de l'évidement destiné à recevoir les conteneurs. Pour les besoins de l'inspection, on devra nettoyer les soudures à l'aide de brosses métalliques.

Cette inspection étant d'une importance critique, nous exigeons qu'elle soit confiée à un superviseur du Service de la mécanique (ou à une personne désignée par ce dernier).

Tous les wagons à inspecter doivent être inscrits dans la banque « EPAN » et, à mesure que les wagons seront inspectés et qu'on les aura déclarés bons pour le service (OK), on devra communiquer avec les intéressés (personnel de l'Administration centrale par téléphone ou par courriel) pour faire retirer les wagons de la banque.

Si des fissures sont décelées dans les parties susmentionnées d'un wagon, on devra retirer le wagon du service et communiquer avec le Service de la mécanique à l'Administration centrale, qui prendra des dispositions à cet égard.

La présente initiative étant de nature urgente, les mesures doivent être prises dès que possible. On devra contrôler les mouvements des wagons pour faire en sorte qu'ils soient inspectés dès qu'ils passeront dans les terminaux.

Tous les wagons de la série ont été identifiés dans une banque de données et ont été inspectés dès qu'ils sont passés par un terminal d'inspection. Aucun autre wagon affecté de soudures défaillantes n'a été découvert pendant cette inspection.

Annexe C – Inspection du wagon CN 677006 au triage MacMillan

Le 10 juillet 2003, la Halton Inspection Services de l'Ontario a procédé à des essais avec un wagon jumeau, le wagon CN 677006, au triage MacMillan, à Toronto. L'entreprise a réalisé un contrôle magnétoscopique à sec de la surface supérieure (raccordement entre la plaque de cisaillement et la longrine tronquée), et à un contrôle magnétoscopique par voie humide sur la surface inférieure du secteur de la longrine, et ce pour les cinq plates-formes du wagon.

On a examiné l'ensemble de la soudure reliant la plaque de cisaillement et la tôle inclinée, en portant une attention particulière au raccordement avec la longrine tronquée. Après examen de la soudure, on a délimité les secteurs suspects des soudures et on les a meulés légèrement pour les débarrasser des saletés, des débris et de la peinture qui les recouvraient, et on a procédé à un nouvel examen. Si la soudure semblait encore suspecte après qu'on eut pris ces mesures, on faisait un second meulage et on réexaminait la soudure. Les essais ont permis de constater que trois des cinq plates-formes montraient des fissures mineures, lesquelles se répartissaient comme il suit :

CN 677006-D

- fissure de 1,25 pouce au sommet du bout A
- aucun défaut au bout B
- aucun défaut dans la partie inférieure du bout A

CN 677006-E

- deux fissures d'un pouce au sommet du bout A
- une fissure de 0,5 pouce au sommet du bout B
- aucun défaut dans la partie inférieure du bout B
- aucun défaut dans la partie inférieure du bout A

CN 677006-A

- une fissure de 2,5 pouces provenant d'un secteur de porosité au sommet du bout B
- aucun défaut dans la partie inférieure du bout B
- aucun défaut au sommet et dans la partie inférieure du bout A

Les secteurs suspects qui ont été signalés initialement comprenaient des soudures dont l'apparence était mauvaise (c'est-à-dire des signes de porosité, un cordon de soudure inégal, des projections de soudure excessives et des secteurs correspondant au commencement et à la fin du processus de soudage). À certains endroits, un travail considérable de meulage a été nécessaire pour retirer du matériel de soudage de la surface de la soudure avant de procéder à l'inspection magnétoscopique.

Après l'examen de plusieurs plates-formes, on a noté que les secteurs correspondant au commencement et à la fin du processus de soudage, les cordons de soudure minces ou les poches de porosité produisaient souvent une fissuration sous la surface immédiate du métal. D'autres secteurs de fissuration mineure ont été observés sur le wagon, plus particulièrement près des longerons voisins des conteneurs. La compagnie ferroviaire a marqué les secteurs et a

fait une inspection de suivi après une période de service additionnelle de 90 jours, afin de déterminer si les fissures s'agrandissaient. Par la suite, le wagon a été inspecté le 20 novembre 2003, et le rapport technique d'accompagnement a indiqué que toutes les fissures relevées précédemment avaient été meulées sans être réparées, et que, jusqu'à maintenant, elles n'étaient pas réapparues.

Annexe D – Liste des rapports connexes

Le Laboratoire technique du BST a rédigé le rapport suivant :

LP 043/2003 – *Examination of Fractured Multi-Platform Railway Car CN 677048, Manseau, QC (Drummondville Subdivision) 12 May 2003* (Examen du wagon rompu CN 677048 à plusieurs plates-formes, Manseau (Québec), subdivision Drummondville, 12 mai 2003).

On peut obtenir ce rapport en en faisant la demande au Bureau de la sécurité des transports du Canada.