



RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R07T0323



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

CANADIEN NATIONAL
TRAIN N^o M-38461-29
POINT MILLIAIRE 9,30 DE LA SUBDIVISION HALTON
MALPORT (ONTARIO)
LE 30 OCTOBRE 2007

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident 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

Canadien National

Train n° M-38461-29

Point milliaire 9,30 de la subdivision Halton

Malport (Ontario)

Le 30 octobre 2007

Rapport numéro R07T0323

Résumé

Le 30 octobre 2007 vers 8 h 56, heure avancée de l'Est, le train n° M-38461-29 est du Canadien national (CN) s'est arrêté à Malport (Ontario), point milliaire 8,00 de la subdivision Halton pour dételé une tranche de wagons intermodaux qui avaient été placés en tête du train. Après avoir dételé les wagons, l'équipe a réattelé les locomotives au reste du train et a procédé à un essai de freins, après quoi le train a essayé de repartir. Après quatre tentatives infructueuses, le chef de train est descendu du train et a constaté que 32 wagons avaient déraillé et que la voie ferrée était endommagée ou détruite sur une distance de 2 500 pieds environ. Personne n'a été blessé, et il n'y a pas eu de déversement de produits dangereux.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 30 octobre 2007 à 3 h 44, heure avancée de l'Est (HAE)¹ le train de marchandises n° M-38461-29 est (train 384) du Canadien national (CN) part de Sarnia (Ontario) à destination de Toronto. Le train se compose de 4 locomotives et de 131 châssis de wagons (59 chargés et 72 vides). Il pèse 7 810 tonnes et mesure 7 839 pieds de longueur. Le train compte une tranche de 16 châssis de wagons intermodaux (34 châssis de wagon) qui ont été placés directement derrière les locomotives et qui doivent être dételés au terminal intermodal de Brampton² (TIB), à Malport (Ontario) (voir la figure 1).



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

Le TIB est une des plus grands terminaux intermodaux du Canada. Le terminal assure la manutention d'environ 60 millions de tonnes brutes (mtb) chaque année, et achemine environ

¹ Toutes les heures sont exprimées d'après l'HAE (Temps universel coordonné [UTC] moins quatre heures).

² Un terminal intermodal est une installation ferroviaire où l'on charge des conteneurs et des remorques sur des wagons plats et où l'on décharge des conteneurs et des remorques placés sur des wagons plats, avant et après l'étape du transport routier de ces conteneurs ou remorques.

16 trains par jour. À l'occasion, des tranches de wagons intermodaux qui doivent être dételés au TIB sont ajoutées à des trains de marchandises mixtes comme le train 384. Pour déteiler ces wagons, le train s'arrête sur la voie principale, déteiler les wagons intermodaux et les envoie au terminal, après quoi les locomotives se réattellent aux wagons restants et repartent vers leur destination. Le trafic roulant vers l'est entre dans le TIB et en repart en passant par un triangle de virage qui relie la voie nord de la subdivision Halton au point milliaire 8,81 et au point milliaire 8,70.

Au point milliaire 8,80, on trouve un passage à niveau triple à la hauteur de Goreway Drive. Cette artère orientée dans l'axe nord-sud, sur laquelle la limite de vitesse est de 60 km/h, et où circulent fréquemment des véhicules de transport en commun, croise les deux voies de la subdivision Halton et la voie n° 1 du triangle de virage du TIB. Le passage à niveau de Goreway Drive est protégé par des feux clignotants, des cloches et des barrières, les circuits d'activation des signaux se trouvant à environ 2 500 pieds à l'ouest du passage à niveau.

D'ouest en est, la subdivision Halton va du point milliaire 49,5, à la jonction avec la subdivision Oakville à Burlington (Ontario), jusqu'au point milliaire 0,0, où elle rejoint la subdivision York à Toronto. Dans le secteur où le déraillement s'est produit, la voie principale de la subdivision Halton est double, et la vitesse maximale autorisée est de 50 mi/h pour les trains de marchandises et les trains de voyageurs. Lors du déraillement, aucune limitation de vitesse n'était en vigueur dans le secteur.

Chaque jour, 36 trains de marchandises et quatre trains de voyageurs empruntent les voies de la subdivision Halton, ce qui correspond à un trafic annuel de 87 mtb. Dans la subdivision, la circulation des trains est régie grâce au système de commande centralisée de la circulation (CCC), en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), et elle est supervisée par un contrôleur de la circulation ferroviaire posté à Toronto.

L'équipe du train est composée d'un mécanicien et d'un chef de train. Les membres de l'équipe se conforment tous deux aux normes en matière de repos et de condition physique, ils répondent aux exigences relatives à leurs postes respectifs et ils connaissent bien la subdivision et les procédures de dételage des wagons intermodaux au TIB.

Le jour de l'événement, le train roule vers l'est sur le tronçon nord de la voie principale de la subdivision Halton. On utilise le freinage rhéostatique pour faire ralentir le train, de façon que le chef de train puisse descendre aux alentours du point milliaire 9,0. On fait ensuite avancer le train sur une distance d'environ 3 000 pieds, après quoi on serre les freins à air pour immobiliser le train. Le frein direct de la locomotive n'a pas été purgé³. Le chef de train déteiler

³ Les freins à air d'une locomotive diesel ou électrique sont « indépendants » des freins utilisés dans le reste du train. Quand on commande un serrage (« automatique ») des freins du train, la locomotive réagit de la même façon que tout autre matériel roulant (c'est-à-dire qu'elle serre ses propres freins). Toutefois, l'effort de freinage de la locomotive s'établit plus rapidement qu'à d'autres endroits du train. Dans ces conditions, des forces considérables de compression (des attelages) peuvent s'exercer pendant le freinage, et faire en sorte que les roues de la locomotive s'enraient (glissent sur les rails). Pour prévenir une telle situation, le mécanicien peut intervenir et « purger » le frein direct de la ou des locomotives.

Examen sur place

L'examen sur place a révélé que les wagons nos 20 à 51 avaient déraillé, dont sept wagons contenant des résidus de produits dangereux. Tous les wagons sont restés sur leurs roues et ont subi des dommages minimes. La voie ferrée a été endommagée ou détruite sur une distance de 2 500 pieds environ.

Les wagons déraillés étaient étalés d'est en ouest le long du tronçon nord de la voie principale, entre le passage à niveau de Goreway Drive et la structure de signalisation du point milliaire 9,3. Les wagons déraillés n'ont pas obstrué le tronçon sud de la voie principale.

L'examen du rail a révélé la présence de nombreuses marques laissées par des boudins de roues sur le côté intérieur du rail nord et du rail sud. Certains essieux montés chevauchaient le rail sud, à l'est de l'endroit où le rail s'était rompu dans des soudures aluminothermiques. Les dommages causés aux traverses, aux anticheminants et aux crampons se trouvaient surtout du côté intérieur des deux rails. On a retracé les marques de roues et déterminé que leur point d'origine se trouvait aux environs du point milliaire 9,3, où il y avait des marques sur le champignon et sur le côté intérieur du rail sud (voir la photo 1). À environ 20 pieds à l'est, on a relevé des marques similaires sur le rail nord. Près de ces marques de roues, les crampons du côté intérieur étaient soulevés, ce qui dénote un éventuel renversement du rail.

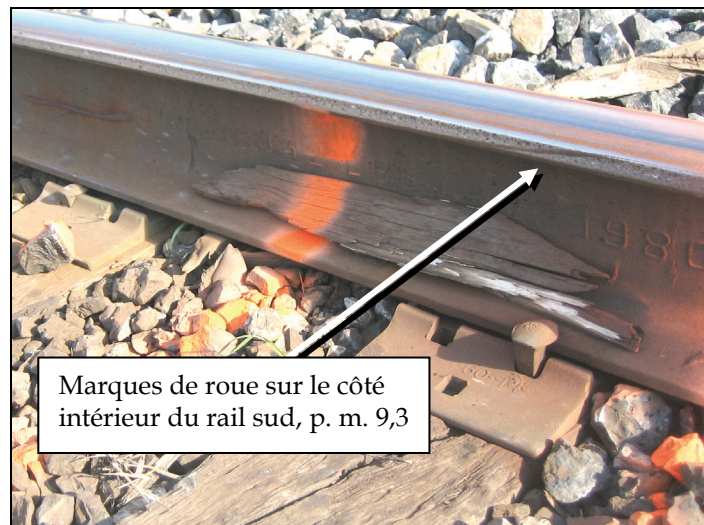


Photo 1. Point milliaire 9,3 sur le tronçon nord de la voie, subdivision Halton

Plusieurs des wagons déraillés portaient des marques d'impact récentes au centre de l'ouverture d'attelage de la traverse extrême du wagon, et sur la saillie d'arrêt de la tête d'attelage. Après avoir examiné un groupe de 10 wagons basculants pneumatiques, on a constaté que sept de ces wagons⁴ montraient des rainures profondes sur les côtés de leurs bras

⁴ Les wagons basculants pneumatiques étaient les wagons 20 à 26 du groupe de wagons déraillés. Dans le train original (avant qu'on ne détèle des wagons au TIB), ces classes de wagons occupaient les positions 54 à 60 à partir de l'avant du train.

d'attelage et des marques d'impact sur le côté des ouvertures de la traverse extrême (voir les photos 2a et 2b). Les rainures en question étaient particulièrement évidentes entre les wagons nos BGSX 122226 (le 23^e wagon) et BGSX 122227 (le 24^e wagon). De plus, la table de roulement des roues de ces deux wagons montrait des signes de martèlement et des rayures.



Photo 2a. Rainures profondes sur le côté du bras d'attelage du wagon n° BGSX 122226

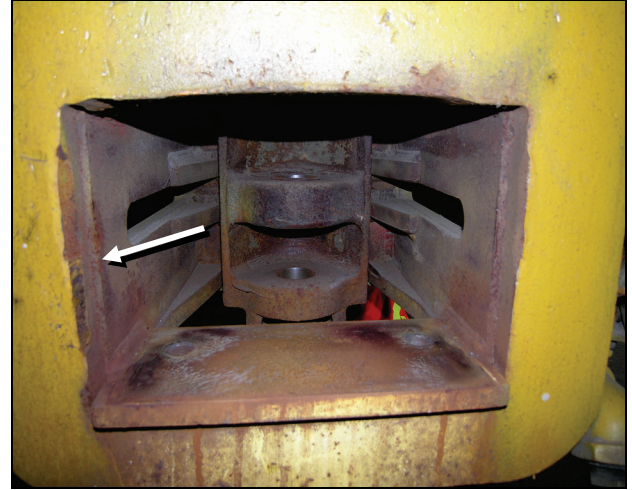


Photo 2b. Marques d'impact sur l'ouverture de la traverse extrême

Particularités de la voie

Dans le secteur du déraillement, la voie ferrée était en alignement droit et descendait une faible pente en direction est. La voie était faite de longs rails soudés de 132 livres de profil RE, fabriqués par la Sydney Steel en 1980 et posés en 1987. Les rails, posés sur des traverses n° 1 en bois dur et reposant sur des selles de rail de 14 pouces à double épaulement, étaient retenus aux traverses par deux crampons passés dans chaque selle de rail. Le rail était encadré à toutes les deux traverses par des anticheminants de type Fair. Le ballast, constitué d'un mélange de pierre granitique concassée et de scories, était dans un état acceptable et avait des banquettes de 14 pouces.

Dans le secteur voisin du lieu du déraillement, les traverses étaient dans un état plus ou moins bon (voir la photo 3). Avant le déraillement, le dénombrement le plus récent des traverses défectueuses (fait par le CN en avril 2007 – voir l'annexe A), a signalé la présence de 41 traverses défectueuses par groupe de 100 traverses, un peu à l'ouest du point de déraillement (PDD), et de 1 056 traverses défectueuses entre le point milliaire 9,0 et le point milliaire 10,0. Le dernier programme majeur de renouvellement des traverses qui a été réalisé remontait à l'installation des rails, en 1987.

En 2007, on a réalisé des travaux substantiels de réfection de la voie dans différents secteurs de la subdivision Halton. À ces endroits, on a réalisé les travaux suivants :

- Installation de 42 260 traverses;
- Installation de 7 nouveaux branchements;
- Nivellement de 62 milles de voie (au moyen d'une bourreuse Mark IV);

- Remplacement de longs rails soudés sur une distance de 7 milles;
- Exécution de 934 soudures bout à bout et de 812 soudures aluminothermiques;
- Libération des rails sur une distance de 4,62 milles.

Dans le cadre de ce programme, on a placé en avril 2007 des traverses de remplacement le long de l'emprise, dans le secteur du déraillement. Ces traverses n'avaient pas été installées le jour de l'accident.

Les rails du tronçon nord de la voie principale ont été inspectés pour la dernière fois le 9 octobre 2007, par une voiture Sperry de contrôle des rails. L'inspection n'a signalé aucun défaut du rail dans les environs du lieu où le déraillement s'est produit. Avant l'accident, la voiture TEST du CN est passée dans le secteur pour la dernière fois le 2 août 2007. Elle n'a relevé aucun défaut nécessitant une intervention urgente dans le secteur du déraillement. La dernière inspection de la voie, faite par un véhicule rail-route, avait été faite la veille du déraillement, le 29 octobre 2007. Aucune anomalie n'avait été signalée à cette occasion.



Photo 3. État des traverses dans le secteur du déraillement

Durée de vie utile des traverses

Bien des facteurs influent sur la durabilité et la durée de vie utile des traverses en bois, notamment le climat, le trafic ferroviaire et le tonnage transporté, la taille des traverses, la courbure de la voie, et le séchage, la fabrication et le traitement des traverses. Dans les secteurs où le trafic ferroviaire est considérable, la durée de vie utile des traverses dépend en grande partie des réactions mécaniques dues aux cycles de charge répétés des trains. Une étude portant

sur la durée de vie utile des traverses des grands réseaux de catégorie 1⁵ des États-Unis a permis de déterminer que, indépendamment d'autres facteurs, la durée attendue de vie utile se situe entre 20 et 30 ans pour un niveau de trafic annuel se situant entre 5 et 30 mtb. La durée de vie utile tombe à moins de 20 ans pour un niveau de trafic annuel de plus de 38 mtb, et elle est d'environ 15 ans si le niveau de trafic annuel excède les 50 mtb.

On estime qu'une traverse de voie principale est défectueuse si elle est affectée par au moins un des défauts suivants : traverse endommagée par des entailles profondes dues aux selles de rail, traverse dont le bois est éclaté, traverse affectée par des fissures verticales vis-à-vis de la surface portante des selles de rail, traverse mâchée par les crampons, traverse brisée ou entaillée par les boudins de roue. La détérioration des traverses avec le temps est un processus non linéaire. En effet, l'efficacité des traverses varie peu pendant les deux tiers (2/3), voire les trois quarts (¾) de leur durée de vie utile. Par la suite, une fois que les fibres du bois ont commencé à se dégrader, le processus de détérioration peut accélérer les voies principales à fort tonnage, dès que les traverses montrent des signes de détérioration visible ou fonctionnelle, la rupture peut se produire dans l'espace d'une année ou deux ⁶.

Règlement sur la sécurité de la voie et inspections

Le *Règlement sur la sécurité de la voie* (RSV) ⁷ porte sur les prescriptions minimales de sécurité à observer sur une ligne de chemin de fer faisant partie d'un réseau de transport ferroviaire. La partie II A établit les limites de vitesse de circulation (en mi/h) pour les différentes catégories de voies (voir le tableau 1). La compagnie de chemin de fer considère que les voies de la subdivision Halton sont des voies de catégorie 4.

⁵ Robert E. Ahlf, Section 8, Ties - *Railway Track Systems: Engineering and Design*, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, pages T1-T41, August 2007. (en anglais seulement)

⁶ Voir la note en pas de page n° 5.

⁷ *Règlement concernant la sécurité de la voie*, aussi appelé *Règlement sur la sécurité de la voie*, révisé en juillet 2000, TC E-26, depuis la révision du 17 mars 2008 (TC E-30).

Pour les voies répondant à toutes les prescriptions reliées à la :	Vitesse maximale permise pour les trains de marchandises :	Vitesse maximale permise pour les trains de voyageurs :
Catégorie 1	10	15
Catégorie 2	25	30
Catégorie 3	40	60
Catégorie 4	60	80
Catégorie 5	80	95 (pour les trains LRC (Léger, Rapide et Confortable), 100 mi/h)
Catégorie 6	110	110

Tableau 1. Limites de vitesse de circulation

La partie II D-II établit les normes minimales relatives à l'état des traverses pour chaque catégorie de voie. On y lit notamment que :

- (c) Chaque tronçon de 39 pieds de voie :
 - de catégorie 1 doit reposer sur 5 traverses;
 - de catégorie 2 doit reposer sur 8 traverses;
 - de catégorie 3 doit reposer sur 10 traverses;
 - de catégorie 4 et 5 doit reposer sur 12 traverses;
 - de catégorie 6 doit reposer sur 14 traverses.

Ces traverses ne doivent pas présenter :

- (1) De rupture de part en part;
- (2) De fissures ou de défauts permettant au ballast de pénétrer dans la traverse ou empêchant la fixation de crampons ou d'attaches de rail;
- (3) De détériorations telles que les selles de rail ou le patin des rails puissent se déplacer latéralement sur plus de ½ pouce par rapport à la traverse; ou
- (4) d'entailles causées par les selles sur une profondeur supérieure à 40 pour cent de l'épaisseur de la traverse.

La dernière inspection faite par Transports Canada (TC) sur le tronçon sud de la voie de la subdivision Halton remonte au 15 juin 2006. À cette occasion, on a documenté huit défauts, dont cinq traverses défectueuses, sur le tronçon sud. Les travaux correctifs que le CN a fait réaliser sur le tronçon sud, notamment l'installation de traverses de sécurité, des travaux de colmatage et la pose de crampons supplémentaires, ont été exécutés entre le 16 juin et le 29 juin 2006. Les dossiers d'inspection de TC n'indiquent pas que le tronçon nord de la voie, dans les environs des lieux du déraillement, avait été inspecté au cours des deux années qui ont précédé l'événement.

Wagons basculants pneumatiques

Les wagons basculants pneumatiques (voir la photo 4) servent au transport de produits en vrac, comme du minerai de fer et du ballast. Habituellement, un wagon basculant pneumatique est constitué d'un châssis d'acier monté sur des bogies, et d'une trémie à bascule. La trémie est munie de portes latérales qui s'ouvrent quand la trémie est inclinée à un angle suffisant pour permettre le déchargement du produit en vrac. Une fois activés, des vérins pneumatiques reliés au châssis du wagon amorcent le basculement. Un piston soulève le lit d'un côté et entraîne le déchargement du produit de l'autre côté du wagon, à travers la porte latérale ouverte.



Photo 4. Wagons basculants pneumatiques de la série BGSX

Les wagons basculants pneumatiques (de la série BGSX) qui ont été mêlés au déraillement ont été conçus et fabriqués en vue d'une utilisation dans l'industrie minière. Ces wagons sont conçus pour rouler sur des voies dont la courbure est accentuée et sur des voies construites sur un sol peu tassé (par exemple une voie temporaire). Pour réduire au minimum le risque de déraillement, on avait équipé les wagons d'attelages à garde inférieure de type E, approuvés par l'Association of American Railroads (AAR). Ces attelages étaient munis d'un about pivotant renforcé pour locomotive et axe d'un plein de pivotement vertical. Les attelages étaient conçus pour atteindre une valeur maximale de pivotement de 13 degrés de part et d'autre de l'axe longitudinal.

Certains des wagons basculants pneumatiques qui ont été mêlés à cet événement étaient conçus pour recevoir une cabine à partir de laquelle on dirige le basculement de la benne du wagon. Toutefois, la cabine de ces wagons n'a jamais été installée, ou bien elle a été démontée. Ces wagons, comme le BGSX 122226 avaient une traverse extrême allongée (voir la photo 5).

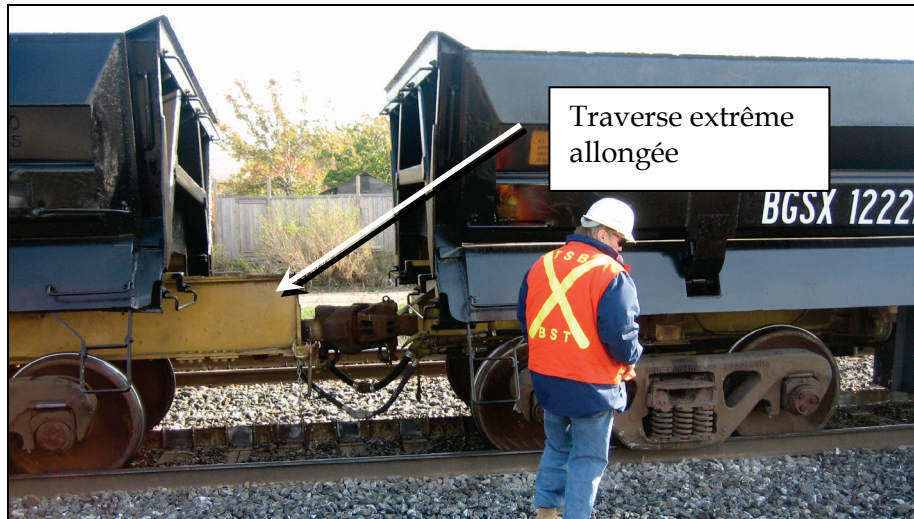


Photo 5. Vue de profil du wagon n° BGSX 122226 (avec traverse extrême allongée) et du wagon n° BGSX 122227

Ces wagons basculants pneumatiques avaient été achetés par la Compagnie minière Québec Cartier et devaient être affectés aux opérations minières en circuit fermé de la compagnie. Les wagons avaient été achetés de la Strata Mining, établie à Grand Forks au Dakota du Nord, et ils étaient en route vers Baie-Comeau (Québec). À leur arrivée, les wagons devaient être chargés sur des remorques et transportés jusqu'à Port-Cartier (Québec), leur destination finale.

Politique du CN concernant la conduite des trains

Le CN compose ses trains de façon à se conformer à ses lignes directrices, politiques, pratiques et procédures en matière de conduite des trains. Les wagons sont séparés en tranches de wagons en fonction de leur destination. Les équipes chargées d'atteler et de dételer des tranches de wagons spécifiques à différents endroits en cours de route sont encouragées à s'acquitter de cette tâche avec la plus grande efficacité possible et en prenant les mesures de sécurité voulues.

Les procédures du CN en matière de conduite des trains sont énoncées dans l'imprimé 8960, intitulé *Locomotive Engineer Operating Manual* (manuel du mécanicien). À la section G1 du manuel, portant sur la politique relative à la conduite des trains et intitulée Train Handling Policy, on lit notamment ce qui suit :

- Les mécaniciens doivent connaître à fond les caractéristiques physiques du territoire qu'ils vont parcourir, et doivent faire appel à ces connaissances et à leur jugement pour assurer la conduite sûre de leur train;
- Les mécaniciens doivent « planifier à l'avance » en tenant compte du profil du territoire, des arrêts prévus, des accélérations et décélérations nécessaires et du contrôle du jeu des attelages, et en évitant une utilisation énergique de la commande des gaz de la locomotive et du circuit de freinage du train;
- Il faut utiliser surtout le levier du manipulateur pour contrôler la vitesse du train;

- On doit utiliser le plus possible le freinage rhéostatique pour obtenir l'effort de freinage initial. (traduction)

Lignes directrices de l'AAR concernant le matériel roulant susceptible de poser des problèmes

On reconnaît généralement au sein de l'industrie ferroviaire que certains wagons spécifiques et certains chargements spéciaux doivent faire l'objet d'une manutention spéciale. L'AAR décrit ces wagons comme étant des matériels roulants « susceptibles de poser des problèmes ». En 1979, l'AAR a publié à l'intention de l'industrie une directive portant sur la conduite des trains qui se fondait sur des recherches relatives au comportement de ces wagons. Voici un extrait du document de recherche de l'AAR portant sur le matériel roulant spécial et le matériel roulant susceptible de causer des problèmes, intitulé AAR Research Reference R-185, section 3.9, Special Type and Potentially Troublesome Equipment :

De nombreux wagons spécifiques et chargements spéciaux doivent faire l'objet d'une manutention spéciale en raison de la conception du matériel roulant, du chargement des wagons ou de la configuration des séries de wagons de ce type. On devrait procéder à un examen dynamique du matériel roulant reconnu comme étant susceptible de poser des problèmes, en tenant compte du chargement des wagons, de la position qu'ils occupent dans le train et des particularités physiques des voies sur lesquelles ils sont appelés à rouler. (traduction)

Exigences de l'AAR quant à l'essai et à la certification des wagons

Au paragraphe 2.1.6 du chapitre II du manuel M1001⁸ de l'AAR, on précise que le ratio entre les forces latérales et les forces verticales (ratio L/V) exercées par les bogies des wagons dans une courbe de 10 degrés, lorsque le train est soumis à un effort de traction de 200 000 lbf (livres force), devrait être inférieur à 0,82. Les lignes directrices de l'AAR n'exigent pas qu'on vérifie le ratio L/V dans des conditions de compression des attelages (p. ex. scénario de mise en portefeuille).

Lors de l'événement, les attelages à about pivotant des wagons BGSX, qui autorisent une valeur maximale de pivotement de 13 degrés des barres d'attelage, étaient conformes aux exigences du paragraphe 2.1.6. du manuel M1001 de l'AAR.

⁸ Manuel des normes et des pratiques recommandées de l'AAR, intitulé AAR Manual of Standards and Recommended Practices, section II, M1001. (en anglais seulement)

Analyse par le laboratoire du BST

L'examen fait par le laboratoire technique du BST a permis notamment :

- d'identifier les wagons qui auraient été les premiers à dérailler;
- de calculer les forces en-train et l'effort latéral transformé qui se sont exercés pendant le déraillement;
- d'évaluer les effets de la conception des wagons sur le déraillement;
- d'évaluer les effets du serrage des freins lors du déraillement;
- d'évaluer les effets que l'état de la voie a eus sur le déraillement.

À partir des données du consignateur d'événements de locomotive (CEL) on a calculé l'accélération/la décélération du train en tenant compte de la vitesse consignée, des points milliaires et des données chronologiques, après quoi on a tracé une courbe en fonction du temps (voir la figure 3).

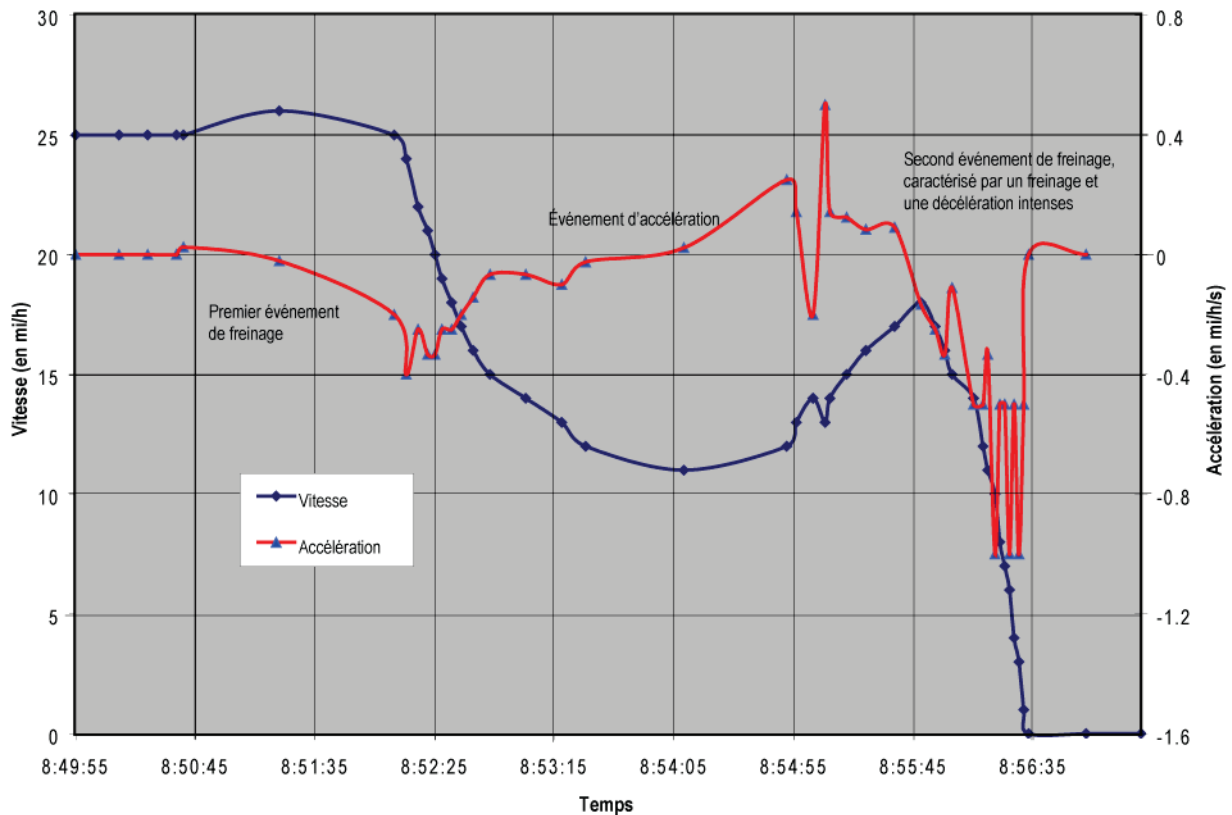


Figure 3. Vitesse et accélération en fonction du temps

À partir du graphique de décélération et des données du CEL, on a pu faire les observations suivantes :

- Tout juste avant le déraillement, le train a connu deux événements de freinage (décélération) et un événement d'accélération.

- Le premier événement de freinage a consisté en une combinaison de serrages brefs et légers du frein automatique et d'une application soutenue du frein rhéostatique (FR).
- À 0851:47, le serrage et le desserrage du frein automatique ont causé une perturbation locale mais non significative du processus de décélération. La décélération du train était en-deçà des limites de sécurité (-0,4 mi/h/seconde).
- Le train a ralenti en douceur pendant toute la durée de l'application du FR.
- Après que le chef de train est descendu du train, on a poussé la manette des gaz.
- L'accélération brusque consignée à 0855:04 correspond à un changement rapide de la position de la manette des gaz.
- Le second événement de freinage a été caractérisé par un freinage et une décélération intenses. Le frein direct de locomotive n'a pas été purgé, d'où une augmentation rapide de la capacité de freinage du frein direct de locomotive. Alors que la pression du cylindre de frein approchait de la pression correspondant à la pression nominale de serrage de 80 livres par pouce carré un peu avant l'arrêt final, trois pointes de décélération d'environ 1 mi/h/s ont été consignées.

En faisant une corrélation entre la position du train et les événements de décélération, on a déterminé que deux wagons basculants pneumatiques (nos BGSX 122226 et BGSX 122227) se trouvaient près du PDD (approximativement au point milliaire 9,3) pendant les pointes de décélération. L'analyse en laboratoire a aussi révélé que :

- Pour les wagons qui auraient été les premiers à dérailler (nos BGSX 122226 et BGSX 122227), on a estimé que les forces en-train maximales qui ont suivi l'application vigoureuse du frein direct étaient de l'ordre de 175 kips (1 kip = 1 000 livres).
- Les attelages du BGSX 122227 étaient désalignés par rapport à l'axe longitudinal du wagon.
- Les wagons nos BGSX 122227 et BGSX 122226 étaient équipés d'attelages dont les barres d'attelage peuvent atteindre une valeur maximale de pivotement de 13 degrés.
- Quand les barres d'attelage atteignent l'angle maximal de 13 degrés, le ratio L/V des efforts latéraux transformés exercés par les bogies des wagons nos BGSX 122226 et BGSX 122227 se situait entre 1,9 et 2,1.
- Les 100 traverses qui se trouvaient un peu à l'ouest du PDD étaient dans un état plus ou moins bon, et avaient un taux de défauts de 41 p. 100. Pour ces voies, la résistance au renversement du rail (ratio L/V) est d'environ 1,3. En comparaison, pour des voies neuves ayant le même motif de cramponnage, la résistance au renversement du rail

est d'environ 2,77. Pour une voie de 10 ans, la valeur de résistance au renversement du rail est de 2,34 environ.

Autres événements du même genre

Depuis 2002, on a signalé un certain nombre de déraillements impliquant des wagons dont les attelages/systèmes de traction permettent un large débattement des barres d'attelage. Il y a eu notamment les accidents suivants :

- Le 2 mars 2005, 16 wagons du train de marchandises n° M31031-02 (train 310) ont déraillé pendant que le train faisait un arrêt contrôlé sur une voie en alignement droit, à Coteau (Québec). Au nombre des wagons déraillés, il y avait 10 wagons basculants pneumatiques de la série BGSX, qui faisaient partie d'un groupe de 27 wagons basculants pneumatiques que la Compagnie minière Québec Cartier avait commandés, et dont la destination était Baie-Comeau (Québec). Les wagons basculants pneumatiques étaient équipés d'attelages qui permettaient un angle maximal de 13 degrés des barres d'attelage. On avait placé en tête du train les wagons basculants pneumatiques vides, en l'occurrence les wagons 4 à 31 derrière les locomotives, et on avait placé 67 wagons chargés de grain à la queue du train.
- Le 28 avril 2007, tandis que le train de marchandises n° M36321-26 du CN roulait à 46 mi/h, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché, à la suite duquel on a constaté que 23 wagons avaient déraillé dans la ville de Cobourg (Ontario). Le premier matériel roulant à dérailler était une machine d'entretien de la voie qui était munie d'un attelage non standard, permettant aux barres d'attelage d'atteindre des angles de l'ordre de 30 degrés (rapport n° R07T0110 du BST).
- Le 8 juillet 2002, déraillement de 2 locomotives et des 27 premiers châssis de wagons du train de marchandises n° A44251-08. Pendant un freinage, les attelages sans dispositif de centrage dont les locomotives déraillées étaient équipées ont fait en sorte que les angles des attelages atteignent une valeur maximale d'environ 19 degrés. Les forces de compression qui se sont transmises par ces attelages ont généré des efforts latéraux suffisants pour causer le renversement du rail et un soulèvement des roues, qui ont entraîné le déraillement (rapport n° R02C0050 du BST).
- Le 27 mai 2005, déraillement de 2 locomotives et des 24 premiers wagons du train de marchandises n° 277-26 du chemin de fer Canadien Pacifique, dont 3 wagons-citernes contenant des résidus d'ammoniac anhydre. La combinaison de forces considérables de compression des attelages pendant un freinage rhéostatique brusque et d'un angle prononcé des bras d'attelage (atteignant 19 degrés) dû à la présence d'attelages sans dispositif de centrage, a généré des efforts latéraux transformés excessifs qui ont entraîné le renversement du rail et, partant, le déraillement (rapport n° R05C0082 du BST).

Analyse

Introduction

Le train 384 n'était pas particulièrement long, ni particulièrement lourd. Les membres de l'équipe étaient expérimentés et ils connaissaient bien le territoire ainsi que la façon de s'y prendre pour dételer des wagons à cet endroit. La voie n'était pas affectée par des défauts antérieurs du rail qui auraient nécessité une intervention urgente ou par des défauts de la géométrie de la voie. Il n'y a pas eu de freinage d'urgence, soit commandé par l'équipe soit provenant de la conduite générale. Or, 32 wagons ont déraillé et la voie ferrée a été endommagée ou détruite sur une distance de 2 500 pieds environ. Le déraillement du train 384 a consisté non pas en un seul déraillement, mais plutôt en deux déraillements qui sont survenus à environ une heure d'intervalle.

L'analyse examinera la suite des événements qui ont entraîné les déraillements. Elle traitera de la façon dont les facteurs relatifs au matériel roulant, à la voie et à la conduite du train ont contribué au déraillement. À cette fin, l'analyse s'intéressera aux éléments suivants :

- instructions spéciales quant à la manutention des wagons susceptibles de poser des problèmes;
- exigences quant aux essais des attelages/systèmes de traction;
- établissement des priorités relativement à l'entretien planifié de la voie.

L'accident

Le premier déraillement

Les marques d'impact qui ont été relevées sur les bras d'attelage et sur les ouvertures des traverses extrêmes d'un groupe de wagons basculants pneumatiques qui ont déraillé donnent à penser que le déraillement a résulté de la compression des attelages. Les dommages causés à la voie concordaient avec l'hypothèse d'un renversement du rail, à la suite duquel les roues des wagons sont tombées entre les rails. On a procédé à une analyse dynamique portant surtout sur les deux wagons basculants pneumatiques qui ont subi les dégâts les plus lourds : les wagons n^{os} BGSX 12226 et BGSX 12227 (en l'occurrence les wagons qui occupaient les 39^e et 40^e positions dans le train avant qu'on ne détèle les wagons au TIB). Les résultats de l'analyse détaillée des données relatives à la voie et au matériel roulant et des données du consignateur d'événements semblent indiquer qu'un déraillement causé par des forces considérables de compression des attelages s'est produit lorsque le train a fait son premier arrêt dans la subdivision Halton. La reconstitution chronologique de cet événement dû à la compression des attelages place les deux wagons basculants pneumatiques dans les environs du point de déraillement. Le premier déraillement s'est vraisemblablement produit pendant le freinage, lors duquel des forces L/V ont exercé une pression excessive sur la structure de la voie, laquelle était déjà affaiblie, et ont causé le renversement du rail, après quoi les roues des wagons n^{os} BGSX 12226 et BGSX 12227 sont tombées entre les rails au point milliaire 9,3.

Bien que le déraillement se soit produit sur une voie en alignement droit, sur laquelle les efforts latéraux sont censés être limités du fait de l'alignement des wagons, cette partie de la subdivision Halton était susceptible de supporter un trafic de tonnage élevé et d'être soumise à des accélérations et des freinages fréquents. Les traverses du tronçon nord de la voie dans le secteur du déraillement, étaient détériorées. Bien que les traverses altérées aient été identifiées et que leur remplacement ait été planifié, les traverses n'avaient pas été remplacées avant l'accident. À cause du mauvais état des traverses, la résistance de la voie au renversement des rails était réduite d'environ 50 p. 100 par rapport à celle d'une voie en bon état. Les forces L/V qui se sont exercées pendant la mise en portefeuille n'auraient pas été suffisantes pour provoquer le renversement du rail si la voie avait été en bon état.

Cependant, la structure de la voie étant affaiblie à cause du mauvais état des traverses, elle n'a pas résisté aux forces latérales aussi bien qu'elle aurait dû le faire.

Des contraintes longitudinales considérables ont été générées du fait que le frein direct de la locomotive n'ait pas été purgé, ce qui fait que le serrage du frein direct de locomotive a été rapide et vigoureux à l'avant du train. Le groupe homogène de wagons intermodaux qui se trouvait à l'avant du train, dont les wagons comptaient un grand nombre d'attelages fixes, a fait en sorte que les forces de compression des attelages s'exercent plus loin dans le train, en l'occurrence à l'endroit où les wagons basculants pneumatiques de série BGSX étaient placés. Les wagons basculants pneumatiques de la série BGSX étaient munis d'attelages à about pivotant conçus pour des efforts de traction considérables, qui autorisaient une valeur maximale de pivotement de 13 degrés des barres d'attelage. Les forces longitudinales appliquées sur les organes de traction entre les wagons n^{os} BGSX 12226 et BGSX 12227 ont accentué les forces latérales transformées que ces wagons exerçaient. La force latérale résultante qui s'exerçait sur le wagon n^o BGSX 12226 a été amplifiée encore davantage par la traverse extrême allongée située à l'arrière du wagon, qui a causé une mise en portefeuille et a fait en sorte que les attelages atteignent leur angle de débattement maximal.

Le second déraillement

Après avoir fini de dételer les wagons, les membres de l'équipe sont revenus en marche arrière avec les quatre locomotives et les ont attelées au reste du train. Ils ont mis sous pression la conduite générale, ont desserré les freins et ont commencé à remorquer la rame. Le train a pu avancer dans les premiers temps, mais comme les rails s'étaient renversés au PDD, les wagons qui suivaient ont déraillé à la suite. À mesure que les wagons déraillaient, ils sont restés sur leurs roues, et leurs conduites d'air comprimé sont restées raccordées. Chaque fois qu'un essieu monté additionnel tombait sur la structure de la voie, la traînée augmentait. Pour compenser l'augmentation de la traînée, l'équipe a augmenté la puissance des moteurs afin de garder le train en mouvement, jusqu'à ce qu'il devienne évident que la traînée était trop forte et que la puissance des locomotives était insuffisante pour lutter contre la traînée. On a alors immobilisé le train. Par conséquent, le second déraillement s'est produit après que l'équipe, ignorant qu'un premier déraillement s'était produit, a réattelé le groupe de traction aux wagons laissés sur la voie principale et a commencé à remorquer la rame. Les wagons déraillés ont alors continué d'écartier les rails devant eux, faisant dérailler les wagons qui les précédaient et qui les suivaient, et ce jusqu'à ce que la puissance de traction des locomotives ne soit plus suffisante pour lutter contre la traînée produite par les wagons déraillés.

Instructions spéciales concernant la manutention des wagons susceptibles de poser des problèmes

Les wagons basculants pneumatiques, avec leur traverse extrême allongée, leurs attelages à about pivotant et leurs organes de traction renforcés, correspondaient à la définition que l'Association of American Railroads (AAR) donne des wagons « susceptibles de poser des problèmes ». On avait modifié ces wagons pour les rendre capables de rouler sur des voies dont la courbure est accentuée, dans le cadre d'opérations minières en circuit fermé. Les attelages de ces wagons permettent une valeur maximale de pivotement de 13 degrés des bras d'attelage. Quand ces wagons sont placés dans un train mixte, son attelage modifié/ses organes de traction modifiés accentuent les forces latérales qui s'exercent sur l'attelage lorsque les attelages se compriment pendant un freinage.

En incluant le déraillement dont il est question dans le présent rapport, des wagons basculants pneumatiques de ce modèle ont été placés dans des trains de marchandises générales du CN à deux reprises au cours d'une période de trois ans. Dans les deux cas, ces wagons ont déraillé pendant un serrage des freins du train. Il est avéré que ces wagons posent des problèmes quand ils sont placés dans un train dans le cadre d'un échange de matériel. Toutefois, lors de l'accident, ni la compagnie de chemin de fer ni le propriétaire des wagons ne les avaient identifiés comme étant des wagons « susceptibles de poser des problèmes ».

En l'absence d'instructions spéciales relatives à la manutention de wagons qui sont susceptibles de poser des problèmes quand ils sont placés dans des trains de marchandises mixtes, il peut arriver qu'on intègre ces wagons à des trains dans lesquels les forces en-train pourraient être considérables.

Exigences quant aux essais des attelages/organes de traction

On doit soumettre les wagons basculants pneumatiques utilisés en service d'échange à des essais et à un processus de certification indépendants, pour s'assurer qu'ils sont conformes aux exigences de l'AAR. Une de ces exigences veut que le wagon ait un ratio L/V de moins de 0,82 lorsqu'il roule une courbe de 10 degrés et qu'il est soumis à un effort de traction de 200 000 lbf (livres force). Cette exigence ne porte que sur le comportement des wagons dans des conditions de traction. Il n'y a pas d'exigences similaires quant aux essais de wagons dans des conditions de compression. Faute d'exigences relatives aux essais des attelages/organes de traction dans des conditions de compression des attelages, des matériels roulants munis d'attelages/d'organes de traction qui font augmenter les efforts latéraux pendant le freinage continueront d'être mis en service sans qu'on impose les restrictions pertinentes, d'où une augmentation des risques de déraillement.

Établissement des priorités quant à l'entretien planifié de la voie

La subdivision Halton est une subdivision à voies multiples établie dans une zone densément peuplée, qui achemine un tonnage considérable et où des trains de marchandises et des trains de voyageurs circulent fréquemment. Dans le secteur où le déraillement s'est produit, on

manœuvre régulièrement des trains ou du matériel intermodaux à destination et en provenance du terminal intermodal de Brampton (TIB). L'accroissement du trafic intermodal sur les voies de la subdivision s'est accompagné d'un regain de l'activité ferroviaire à l'entrée du TIB. Dans un secteur qui voit passer un trafic annuel de plus 50 mtb, on estime à environ 15 ans la durée de vie utile des traverses. Dans le secteur où le déraillement s'est produit, les traverses, dont l'installation remontait à 1987, avaient dépassé cette durée de plus de 5 ans.

On considère généralement que les voies en alignement droit sont des endroits peu propices aux accidents causés par des forces latérales élevées, étant donné que l'alignement de la voie a tendance à concentrer les forces en-train dans l'axe longitudinal. Toutefois, dans le secteur où ce déraillement s'est produit, la structure de la voie est exposée continuellement à des forces en-train considérables. Sur une structure de la voie qui a vieilli, une telle activité peut entraîner une détérioration accélérée de la voie. Si, au moment de planifier l'entretien de la voie d'un secteur donné, on ne tient pas dûment compte des activités ferroviaires qui ont lieu dans ce secteur et du tonnage qui y est acheminé, on risque de ne pas accorder la priorité voulue aux secteurs qui auraient besoin d'une attention particulière aux fins de la prévention des déraillements.

Inspections de la voie faites par l'organisme de réglementation dans le secteur du déraillement

En juin 2006, pendant une inspection de la voie menée par l'organisme de réglementation, on a constaté que, dans les environs du point de déraillement, plusieurs sections du tronçon sud de la voie nécessitaient une intervention urgente, en raison du mauvais état des traverses. Au cours des deux semaines qui ont suivi cette inspection, le CN a réalisé les travaux correctifs qui s'imposaient sur le tronçon sud de la voie. Toutefois, même si certaines traverses étaient dans un état plus ou moins bon, rien n'indique que l'organisme de réglementation ait inspecté le tronçon nord de la voie dans le secteur du déraillement, au cours des deux années qui ont précédé l'événement.

Perception du premier déraillement

Lors du premier déraillement, les wagons ont déraillé à plus de 1 000 pieds à l'ouest de l'endroit où le chef de train se préparait à dételer des wagons. Les wagons avaient déraillé mais n'avaient pas brisé les rails, et ils ne s'étaient pas non plus mis en portefeuille. Après avoir déraillé, les roues sont vraisemblablement restées appuyées sur l'âme du rail. Il n'y a pas eu de rupture de la conduite générale, donc pas de fuite d'air. Par conséquent, le premier déraillement est passé inaperçu parce que les deux wagons déraillés sont restés sur leurs roues, qu'ils se trouvaient à plus de 1 000 pieds derrière la cabine de la locomotive, et que le déraillement n'a pas affecté la continuité de la conduite générale.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le premier déraillement s'est produit pendant le freinage, lors duquel des forces L/V ont exercé une pression excessive sur la structure de la voie, laquelle était déjà affaiblie, et ont causé le renversement du rail sud, après quoi les roues des wagons nos BGSX 122226 et BGSX 122227 sont tombées entre les rails.
2. La structure de la voie en alignement droit était affaiblie par des traverses détériorées qui ont causé une diminution de la résistance de la voie aux contraintes latérales.
3. Des contraintes longitudinales considérables ont été générées du fait que le frein direct de la locomotive n'ait pas été purgé, ce qui fait que le serrage du frein direct de locomotive s'est fait rapidement et de manière vigoureuse à l'avant du train.
4. Les forces longitudinales appliquées sur les organes de traction entre les wagons nos BGSX 122226 et BGSX 122227 ont accentué les forces latérales transformées exercées par ces wagons. La force latérale résultante qui s'exerçait sur le wagon n° BGSX 122226 a été amplifiée encore davantage par la traverse extrême allongée située à l'arrière du wagon, qui a causé une mise en portefeuille et a fait en sorte que les attelages atteignent leur angle de débattement maximal.
5. Le second déraillement s'est produit après que l'équipe, ignorant qu'un premier déraillement s'était produit, a réattelé le groupe de traction aux wagons laissés sur la voie principale et a commencé à remorquer la rame. Les wagons déraillés ont alors continué d'écarter les rails devant eux, faisant dérailler les wagons qui les précédaient et qui les suivaient, et ce jusqu'à ce que la puissance de traction des locomotives ne soit plus suffisante pour lutter contre la traînée produite par les wagons déraillés.

Faits établis quant aux risques

1. En l'absence d'instructions spéciales relatives à la manutention de wagons qui sont susceptibles de poser des problèmes quand ils sont placés dans des trains de marchandises mixtes, il peut arriver qu'on intègre ces wagons à des trains dans lesquels les forces en-train pourraient être considérables.
2. Faute d'exigences relatives aux essais des attelages/organes de traction dans des conditions de compression des attelages, des matériels roulants munis d'attelages/d'organes de traction qui font augmenter les efforts latéraux pendant le freinage continueront d'être mis en service sans qu'on impose les restrictions pertinentes, d'où une augmentation des risques de déraillement.
3. Si, au moment de planifier l'entretien de la voie d'un secteur donné, on ne tient pas dûment compte des activités ferroviaires qui ont lieu dans ce secteur et du tonnage qui y est acheminé, on risque de ne pas accorder la priorité voulue aux secteurs qui nécessiteront une attention particulière aux fins de la prévention des déraillements.

Autres faits établis

1. Même si certaines traverses étaient dans un état plus ou moins bon, rien n'indique que l'organisme de réglementation ait inspecté le tronçon nord de la voie dans le secteur du déraillement au cours des deux années qui ont précédé l'événement.
2. Le premier déraillement est passé inaperçu parce que les deux wagons déraillés sont restés sur leurs roues, qu'ils se trouvaient à plus de 1 000 pieds derrière la cabine de la locomotive, et que ce déraillement n'a pas affecté la continuité de la conduite générale.

Mesures de sécurité prises

Le Canadien National a élaboré des instructions spéciales concernant la manutention des wagons basculants pneumatiques de la série BGSX. Il a aussi communiqué avec le propriétaire des wagons pour lui faire savoir qu'à l'avenir, on ne pourra faire rouler ce matériel roulant que si l'on a au préalable modifié ses organes de traction de façon à limiter l'angle maximal de débattement des attelages.

Le Canadien National a imposé des exigences similaires pour les déplacements d'autres matériels roulants équipés d'organes de traction du même type.

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 30 juillet 2008.

Visitez le site Web du BST (www.tsb.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

*Annexe A – Dénombrement par le CN des traverses défectueuses
(avril 2007) – du point milliaire 1,2 au point
milliaire 24,0 de la subdivision Halton*

Voie	Point milliaire	Défauts
01	1,2 à 2	390
01	2 à 3	766
01	3 à 4	923
01	4 à 5	1 001
01	5 à 6	895
01	6 à 7	932
01	7 à 8	986
01	8 à 9	1 004
01	9 à 10	1 056
01	10 à 11	
01	11 à 12	
01	12 à 13	
01	13 à 14	
01	15,4 à 16	612
01	16 à 17	1 023
01	17 à 18	1 023
01	18 à 19	1 055
01	19 à 20	1 118
01	20 à 21	1 007
01	21 à 22	1 416
01	22 à 23	866
01	23 à 24	1 163
01		
01		
01		
Total		17 236

Voie n° 1 (nord et principale)

Voie	Point milliaire	Défauts
02	00 à 1,1	373
02	1,2 à 2	722
02	2 à 3	1 196
02	3 à 4	992
02	4 à 5	997
02	5 à 6	1 196
02	6 à 7	703
02	7 à 8	1 258
02	8 à 9	1 178
02	9 à 10	988
02	10 à 11	
02	11 à 12	
02	12 à 13	
02	13 à 14	
02	15,4 à 16	650
02	16 à 17	1 238
02	17 à 18	1 076
02	18 à 19	1 038
02	19 à 20	1 209
02	20 à 21	1 032
02	21 à 22	1 508
02	22 à 23	966
02	23 à 24	1 090
02		
02		
02		
Total		19 410

Voie n° 2 (sud)

36 646
