

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R07T0110



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

DU TRAIN M36321-26

EXPLOITÉ PAR LE CANADIEN NATIONAL

AU POINT MILLIAIRE 264,94 DE LA SUBDIVISION KINGSTON

À COBOURG (ONTARIO)

LE 28 AVRIL 2007

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 M36321-26

exploité par le Canadien National

au point milliaire 264,94 de la subdivision Kingston
à Cobourg (Ontario)

le 28 avril 2007

Rapport numéro R07T0110

Résumé

Le 28 avril 2007, vers 10 h 44, heure avancée de l'Est, alors que le train de marchandises M36321-26 du Canadien National roulait à une vitesse de 46 mi/h en direction ouest, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché, faisant dérailler le train au point milliaire 264,94 de la subdivision Kingston du Canadien National, à Cobourg (Ontario). Un véhicule d'entretien de la voie de marque Herzog et 21 wagons porte-automobiles vides ont déraillé. Lors du déraillement, le réservoir de carburant de l'unité motrice du véhicule Herzog d'entretien de la voie a été percé, déversant environ 9084 litres (2400 gallons) de carburant diesel. Le carburant a pris feu, enflammant la structure de la voie sur près de 1000 pieds, y compris le passage à niveau de Burnham Street. Le service d'incendie local dépêché sur les lieux a éteint l'incendie. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 28 avril 2007, à 4 h 40, heure avancée de l'Est¹, le train de marchandise n° M36321-26 (train 363) à destination de Toronto (Ontario) arrive à Belleville (Ontario). Un changement d'équipe est effectué et le véhicule polyvalent d'entretien de la voie de marque Herzog (véhicule Herzog), composé de 430 pieds de wagons plats et de wagons-tombereaux articulés (HZGX1750) ainsi que d'une locomotive Herzog (HZGX175), est placé en tête de train, derrière trois locomotives² à forte capacité de freinage rhéostatique (FR) et devant 45 wagons porte-automobiles vides. Avant de placer le véhicule Herzog dans le train 363, le chef de train s'informe des instructions concernant la formation des trains avec ce véhicule. La seule restriction contenue dans les Instructions générales d'exploitation et qui semble s'appliquer à ce véhicule requiert qu'il soit positionné à moins de 2 000 pieds de la tête du train, là où l'équipe peut le surveiller.

Le reste du train est constitué de 83 wagons, certains vides et d'autres chargés (voir l'annexe A). Le poids du train est d'environ 9 000 tonnes et sa longueur de 9 602 pieds. L'équipe de train se compose d'un mécanicien et d'un chef de train. Tous deux connaissent bien la subdivision, se conformant aux normes en matière de repos et de condition physique et sont qualifiés pour occuper leurs postes respectifs.

Le train quitte Belleville vers 9 h 30 en direction ouest sur la voie principale nord de la subdivision Kingston (voir figure 1). La vitesse du train est contrôlée à l'aide de la manette des gaz et du frein rhéostatique, conformément aux pratiques de manœuvre des trains. Le voyage jusqu'à Cobourg se déroule sans problèmes.

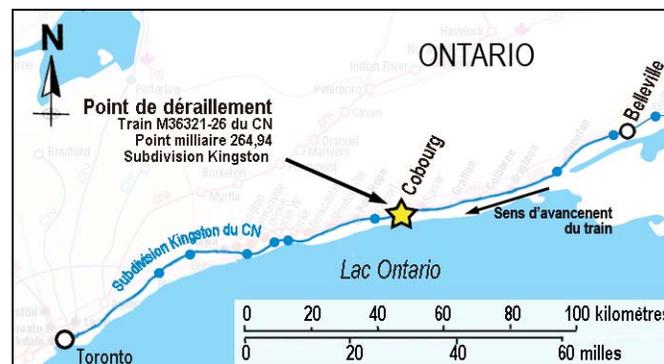


Figure 1. Lieu du déraillement (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

À son arrivée à Cobourg, le train circule à plein régime (position n° 8 de la manette des gaz), à une vitesse de 49 mi/h. Le train n'a pas freiné depuis plus de sept minutes et demie, puis en 18 secondes, la manette des gaz passe de la position n° 8 à la position de ralenti. Huit secondes plus

¹ Toutes les heures sont données en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins quatre heures).

² Une locomotive General Electric ES44DC et deux locomotives General Electric Dash 9-44CW.

tard, le frein rhéostatique est activé en anticipation d'un signal restrictif au point milliaire 264,45 (Cobourg West). L'effort de freinage commence au moment où le train franchit une courbe à droite de 1,19 degré dans une pente de 0,35 %, à l'approche du passage à niveau de Burnham Street.

Au moment où la locomotive de tête franchit le passage à niveau, le train oscille. Le freinage rhéostatique est aussitôt réduit. Treize secondes plus tard, un freinage d'urgence intempestif provenant de la conduite générale se déclenche.

Lors du déraillement, le réservoir de carburant du wagon HZGX175 (huit wagons derrière les locomotives) est percé, déversant environ 9 084 litres (2 400 gallons) de carburant diésel sur la structure de la voie. Le carburant prend feu, enflammant la locomotive Herzog et la structure de la voie.

Les membres de l'équipe appliquent alors les consignes d'urgence pour effectuer l'arrêt contrôlé du train et pour informer le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF). La locomotive de tête s'immobilise à environ 1 000 pieds à l'ouest du passage à niveau.

Le chef de train descend pour tenter d'éteindre l'incendie du wagon HZGX175. Peu de temps après, le service d'incendie local arrive sur les lieux et éteint l'incendie. Personne n'a été blessé.

Examen des lieux

La tête du train s'est immobilisée au point milliaire 265,27. Les trois locomotives et les six premières caisses de wagons articulées du véhicule HZGX1750 (dans l'ordre, les caisses B, G, F, E, D et C) n'ont pas déraillé. Le bogie arrière de la caisse de wagon HZGX1750A a déraillé. La locomotive Herzog (wagon HZGX175) a également déraillé, elle est restée debout, avec la cabine orientée vers l'arrière. La locomotive Herzog était attachée au wagon HZGX1750A par un attelage fixe non normalisé (voir photos 1a et 1b). L'attelage était composé d'une barre d'attelage assemblée, avec des joints sphériques moulés à chaque extrémité espacés de $45\frac{3}{4}$ pouces centre à centre, et d'un connecteur en forme de « U » placé dans la traverse de traction et fixé par une tige à l'étrier d'attelage³. De chaque côté, une plaque limitait le mouvement latéral de la barre d'attelage à environ 30 degrés.



Photo 1a. Attelage non normalisé entre le wagon HZGX1750A sur la gauche et le wagon HZGX175 (la locomotive Herzog) sur la droite



Photo 1b. Joint sphérique portant la marque récente de l'impact causé par le mouvement latéral extrême

Le bogie avant de la locomotive Herzog s'est immobilisé à la verticale, ses roues en travers du rail sud. Lors du déraillement, la barre d'attelage entre les deux wagons a pivoté brusquement jusqu'à sa limite. Les marques d'impact qui ont été produites sont semblables sur la barre d'attelage et sur les plaques limitant le mouvement du connecteur en forme de « U ».

La base de la plaque de garde (côté nord) du bogie avant L4, la plaque de soutien inférieure qui y était fixée, ainsi que la glissière et le boulon du triangle de frein étaient manquants. La plaque de sûreté, qui assure le support en cas de rupture du bloc-ressorts, était pliée et rompue en deux endroits. La traverse inférieure, qui était déformée et rompue, était allée se loger dans la base du réservoir de carburant (voir photo 2). Il y avait une marque d'impact profonde sur le côté de la traverse inférieure et une déchirure longitudinale à la base du réservoir.

³ S. Landrum, P.E., rapport n° HR065-080406, *Drawbar Evaluation*, préparé pour la Herzog Contracting Company, Transportation Technology Services, Southlake, Texas, États-Unis, 16 août 2006.

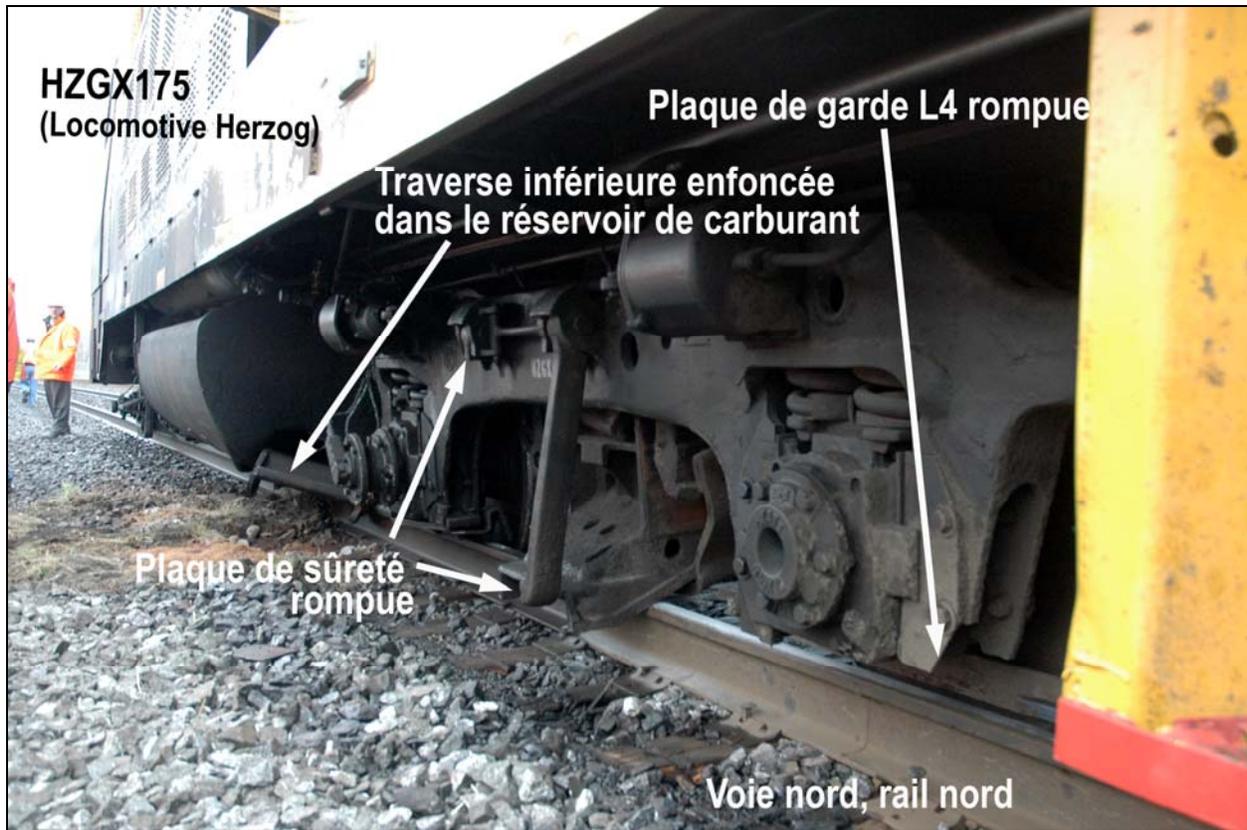


Photo 2. Dommages au côté nord du wagon HZGX175 (locomotive Herzog)

La locomotive Herzog était séparée d'environ 350 pieds du reste des wagons ayant déraillé à l'est du passage à niveau de Burnham Street (voir photo 3). Les deux premiers wagons avaient roulé plus au nord sur les rails et reposaient sur le côté, un à la suite de l'autre. Les 17 wagons suivants s'étaient mis en portefeuille, entassés côte à côte, perpendiculaires à la voie, en travers de l'emprise du chemin de fer, entravant entièrement les deux voies principales. Les trois derniers wagons ayant déraillé étaient restés à la verticale, parallèles à l'emprise du chemin de fer.

Les dommages causés à la voie, y compris les marques de boudin de roue, s'étendaient du véhicule Herzog déraillé jusqu'au wagon en portefeuille le plus à l'ouest (le cinquième), à l'est du passage à niveau (une distance totale d'environ 1 000 pieds). L'ensemble de la structure de la voie présentait des dommages causés par le feu. À l'est du passage à niveau, le rail sud (rail de la file haute) était renversé sur le côté extérieur tandis que le rail de la file basse était demeuré fixé et droit sous les wagons ayant déraillé. Sous les wagons en portefeuille (entre le 5^e et le 21^e wagon déraillé), la voie nord et une partie de la voie sud étaient détruites.



Photo 3. Photo aérienne, orientée vers l'ouest, du site du déraillement (source : Canadien National)

Sur la photo 4, la vue aérienne des wagons ayant déraillé montre un tronçon de rail coincé sous l'extrémité est du wagon TTGX941885 ainsi que l'extrémité est du rail nord qui est soulevée. La plaque de garde, la plaque inférieure et la glissière du triangle de frein de la locomotive HZGX175 ont été retrouvées, en une seule pièce, enfoncées dans le talus du côté nord, près de l'endroit où le bogie avant du wagon TTGX978605 s'est immobilisé.



Photo 4. Photo aérienne, orientée vers l'ouest, du matériel roulant ayant déraillé (source : Canadien National)

Les spécialistes du Laboratoire technique du BST ont été dépêchés sur les lieux de l'accident. Ils ont procédé à une inspection approfondie du véhicule Herzog. Les surfaces brisées de la plaque de garde R4, une partie de la traverse inférieure ainsi qu'un tronçon de rail provenant des environs du point de déraillement ont été envoyés au Laboratoire technique du BST pour y être analysés.

Renseignements consignés

La locomotive de tête, CN 2252, modèle ES44DC de General Electric, était équipée d'un consignateur d'événements de locomotive (CEL) et d'instruments de pointe. Les instruments affichaient la puissance de l'effort de freinage rhéostatique en effort de traction (ET). L'effort de traction est défini comme la résistance de freinage, en kilos-livres-pieds, exercée au point de contact entre la roue et le rail. Toutefois, étant donné que la relation fonctionnelle entre l'ET et l'intensité, en ampères (c'est-à-dire l'effort de freinage rhéostatique), est non linéaire, la vitesse du train doit être prise en considération, comme le montre le tableau des données du CEL qui suit.

Heure	Point milliaire (CN 2552)	Vitesse (mi/h)	Position du FR	ET par locomotive (kilos-livres-pieds)	Ampérage du FR
10 h 43 min 29 s	264,40	49	activé	0	
10 h 43 min 35 s	264,49	49	Position n° 2	0	
10 h 43 min 56 s	264,77	45		26	715
10 h 44 min 06 s	264,89	44	Position n° 8	33	815 ⁴
10 h 44 min 10 s	264,94	43	Position n° 8	45	920 - force de ralentissement maximale
10 h 44 min 16 s	265,01	44	Position n° 6	37	850 ⁴
10 h 44 min 17 s	265,03	45	Position n° 3	26	715
10 h 44 min 18 s	265,04	46	Position n° 4	17	570 ⁴
10 h 44 min 24 s	265,11	44	Position n° 6	26	715 ampères - tête de train en freinage d'urgence
10 h 44 min 27 s	265,15	37	Position n° 8	37	queue de train en freinage d'urgence
10 h 44 min 50 s	265,27	0	Position n° 8	0	arrêté

Les données du CEL indiquent que :

- À 10 h 43 min et 56 s, le freinage a débuté. Au-dessus de 700 ampères (A) de freinage rhéostatique étaient générés par chaque locomotive.
- Quatorze secondes plus tard, à 10 h 44 min 10 s, alors que la tête de train était déjà engagée dans la courbe à droite de 1,19 degré, la force de ralentissement maximale a été atteinte.
- Entre 10 h 44 min 16 sec et 10 h 44 min 18 s, il s'est produit une accélération brusque du train, la vitesse augmentant de 2 mi/h.
- Au cours de cette accélération, le mécanicien de locomotive a réduit le freinage rhéostatique à 45 %.
- À 10 h 44 min 24 s, alors que les wagons HZGX1750A et HZGX175 se situaient aux environs du point milliaire 264,94, le freinage d'urgence a été déclenché à partir de la conduite générale.
- À 10 h 44 min 27 s, le système automatisé de freinage de queue de train a été activé.

⁴ Valeurs interpolées à partir des données du CEL

- À 10 h 44 min 34 s, le mécanicien de locomotive a purgé le frein direct de la locomotive.
- Le train s'est immobilisé seize secondes plus tard, au point milliaire 265,27.

Subdivision Kingston

La subdivision Kingston du CN est composée de deux voies principales s'étendant de Montréal (Québec) jusqu'à Toronto. C'est un corridor principal utilisé pour le transport de passagers et de marchandises, y compris les matières dangereuses. La vitesse maximale permise est de 100 mi/h pour les trains de passagers et de 65 mi/h pour les trains de marchandises. La circulation des trains est régie par le système de commande centralisée de la circulation (CCC), tel qu'autorisé par le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* et supervisé par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à Toronto.

Renseignements sur la voie

Dans le secteur du déraillement, la voie est composée de rails de 136 livres de profil RE, de traverses en bois dur et le ballast est composé de granit et de laitier concassé. Le ballast était en bonne condition avec des épaulements de douze pouces. Les rails reposent sur des selles de rail de 14 pouces à double épaulement qui sont fixées à des traverses de bois dur n° 1 au moyen de six crampons par selle, avec des anticheminants de marque Woodings et Fair à toutes les deux traverses.

Les dernières inspections de la voie principale nord avaient conduites le 12 avril 2007, par une voiture de détection des défauts de rails, et le 30 mars 2007 par une voiture TEST du CN. Aux environs du déraillement, un certain nombre de défauts urgents ou prioritaires concernant le nivellement transversal, le gauchissement horizontal et le surécartement avaient été identifiées. Trois jours avant le déraillement (le 25 avril 2007), des travaux d'entretien de la voie avaient été entrepris afin de régler les problèmes de géométrie de la voie. Les procédures de stabilisation de la voie après son entretien et celles à suivre avant de retirer les limites de vitesse avaient été respectées. La dernière fois que la voie avait été inspectée était le 26 avril 2007 par un véhicule rail-route. Aucune anomalies n'avaient été remarquées.

Véhicule Herzog

Le véhicule Herzog est un véhicule automoteur d'entretien de la voie de 495 pieds, conçu sur mesure pour travailler à des vitesses allant jusqu'à 50 mi/h (voir photo 5). En activité, le véhicule est dirigé grâce à une télécommande portative qui peut être installée dans la cabine de commande, à l'avant comme à l'arrière, ou qui peut être portée par l'opérateur.



Photo 5. Véhicule articulé d'entretien de la voie Herzog.

À une extrémité du véhicule se trouve un wagon plat muni d'une cabine de commande et possédant l'espace nécessaire pour accueillir une pelle rétrocaveuse montée sur rail. Des bogies articulés partagés assurent la liaison entre le wagon plat et six caisses de wagons-tombereaux. Ensemble, ces sept caisses de wagon sont identifiées comme le véhicule HZGX1750. Ce véhicule est à son tour relié à une locomotive (HZGX175). En activité, les rails sur le dessus des wagons-tombereaux sont jointés pour permettre à la pelle rétrocaveuse de circuler sur la longueur du véhicule HZGX1750. La locomotive fournit la force motrice au véhicule Herzog. Le véhicule Herzog avait été placé dans le train 363, avec sa locomotive orientée vers l'arrière. Le véhicule était parti de Kingston (Ontario) et devait arriver deux jours plus tard à Hornepayne (Ontario).

Pratiques de conduite des trains

Les pratiques de conduite des trains du CN sont définies dans le *Locomotive Engineer Operating Manual* (Manuel de conduite à l'intention des mécaniciens), imprimé 8960, section G, intitulée « Conduite des trains ». Ce document précise les points suivants :

G1 : Politique concernant la conduite des trains:

- Les mécaniciens de locomotive doivent avoir une connaissance approfondie des caractéristiques physiques du territoire sur lequel ils travaillent et doivent utiliser cette connaissance et faire preuve de jugement afin d'assurer une conduite appropriée.
- Les mécaniciens de locomotive doivent faire une « planification préalable » tenant compte du profil du territoire, des arrêts prévus, de la vitesse et du jeu des attelages, en évitant de faire un usage brusque de la manette des gaz et du système de freinage du train.
- La vitesse du train doit être contrôlée principalement à l'aide de la manette des gaz.
- Dans la mesure du possible, le frein rhéostatique doit toujours être utilisé pour obtenir l'effort de freinage initial.

À la section G1.1, intitulée « Groupe de traction », le guide décrit les effets de l'ajout d'une locomotive à un groupe de traction. La section indique que « plus le nombre de locomotives augmente, plus l'effort de traction, la force du freinage rhéostatique et le poids augmentent. Il faut donc faire preuve d'une prudence extrême ». La section précise aussi que l'indicateur de charge de la locomotive indique seulement l'intensité de courant, en ampères, des moteurs de traction de l'unité en question et non pas la somme totale du courant de toutes les unités du groupe de traction.

Utilisation du frein rhéostatique dans la conduite des trains

Les trois locomotives du train 363 étaient des locomotives à forte capacité de freinage rhéostatique. Selon le *Locomotive Engineer Operating Manual* du CN, imprimé 8960, section F (janvier 2005) :

La manette de commande du frein rhéostatique doit être déplacée lentement et doucement dans sa plage de fonctionnement, et on doit surveiller l'indicateur de charge afin de prévenir l'apparition de forces de compression considérables dans le train. L'indicateur de charge indique l'intensité du courant du frein rhéostatique et est une bonne indication de la force du freinage rhéostatique.

Les forces de compression excessives peuvent causer le déraillement du train ou la détérioration graduelle de la structure de la voie, plus particulièrement si ces forces surviennent lorsque le train franchit des branchements, des liaisons, des courbes prononcées et d'autres types d'irrégularités de la voie.

Afin d'éviter les problèmes de conduite des trains, les restrictions suivantes concernant le freinage rhéostatique doivent être respectées :

* 1 ou 2 locomotives dans un groupe de traction : aucune restriction concernant le freinage rhéostatique.

* 3 locomotives ou plus dans un groupe de traction : utilisation du freinage rhéostatique limitée à un maximum de 500 ampères lorsque la tête du train franchit un branchement, une liaison ou une courbe, et ce, jusqu'à ce qu'au moins la moitié du train ait franchi le passage en question (section 7.3).

Puis, à la section 1.2.1 intitulée « Mise en portefeuille », on demande aux opérateurs :

... de faire preuve d'une prudence extrême lors d'un arrêt ou d'un ralentissement avec les attelages comprimés. Il faut tenir dûment compte de la déclivité, de la courbure de la voie et de la répartition du tonnage du train.

et

... d'utiliser avec précaution le frein rhéostatique d'un train sans l'utilisation du frein à air pour ralentir ou immobiliser le train, surtout lorsque le groupe de traction est formé de trois locomotives ou plus. Ces précautions sont très importantes quand (...) les wagons attachés à la locomotive ou se situant près de la locomotive sont vides ou sont un enchaînement de wagons longs et courts.

La section G7, intitulée « Formation des trains », précise qu'une tranche de wagons vides placée devant plusieurs wagons chargés, surtout lorsque le train est long, peut compliquer la conduite du train. Parmi les circonstances pouvant occasionner des problèmes, on mentionne le freinage rhéostatique excessif sur des portions de voie courbes ou ondulées ainsi que l'accouplement de wagons longs et vides (surtout s'ils sont suivis d'un tonnage élevé).

À la section G8.1, intitulée « Régulation de la vitesse des trains seulement à l'aide du frein rhéostatique », le manuel précise que :

... lorsque le train est composé de wagons vides ou légers à l'avant et de wagons chargés et lourds à l'arrière, la compression brusque des attelages lors du passage dans une courbe peut occasionner des forces latérales considérables et causer le déraillement du train ou endommager la structure de la voie.

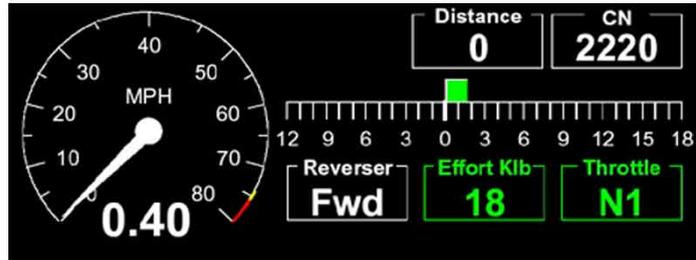
En 1979, l'Association of American Railroads (AAR) a publié une série de directives concernant la conduite des trains⁵. La section 4.6.2 du AAR Research Reference R-185 (novembre 1979)⁶ demande que :

Autant que possible, les efforts de freinage élevés sont à éviter pour ralentir ou immobiliser un train, surtout dans les courbes, puisque les forces latérales et longitudinales générées peuvent être suffisantes pour causer le déplacement latéral de la voie, le chevauchement des rails ou leur renversement.

Les locomotives acquises par le CN avant 2005 affichent l'intensité du freinage rhéostatique en ampères (voir photo 6a), tandis que les locomotives acquises après 2005 affichent l'effort de freinage rhéostatique en effort de traction (voir photo 6b). Au moment de l'accident, la locomotive de tête n'était pas munie du manuel d'utilisation expliquant le fonctionnement de l'interface de l'opérateur et du CEL, même si des copies de ce manuel étaient disponibles au bureau des équipes de Belleville.

⁵ AAR Research Reference R-185, *Track Train Dynamics Report to Improve Freight Train Performance - TTD Guidelines for Optimum Train Handling, Train Makeup, and Track Considerations*, novembre 1979.

⁶ AAR Research Reference R-185, *Track Train Dynamics Report to Improve Freight Train Performance - TTD Guidelines for Optimum Train Handling, Train Makeup, and Track Considerations*, novembre 1979.



FR exprimé en effort de traction

Photo 6a. Indicateur de charge analogique. **Photo 6b.** Indicateur de l'effort de traction des locomotives acquises depuis 2005.

Dès l'année 2001, les mécaniciens de locomotive du CN avaient été avisés que certaines interfaces de locomotives pourraient afficher l'effort de traction ou la force de ralentissement du freinage rhéostatique en livres-force⁷. Les équipes aux commandes des locomotives plus récentes ont reçu, sur demande, le document *New Load Meter – GE ES44DC Locomotives CN 2220 – 2254*. Ce document inclut un tableau aidant à comprendre la relation entre l'effort de traction et la charge, en ampères, du moteur de traction⁸. Toutefois, les membres de l'équipe du train 363 n'étaient pas en possession de ce document.

Le mécanicien de locomotive du train 363 avait reçu une formation en matière de freinage rhéostatique pour la dernière fois en 2003. Il avait aussi reçu, le 12 décembre 2006, une formation spécifique d'un jour sur la puissance de traction répartie; le freinage rhéostatique des nouvelles locomotives y avait aussi été abordé. Le *Locomotive Engineer Operating Manual* actuellement en usage ne fait pas mention de locomotives exprimant l'effort de freinage rhéostatique en effort de traction.

Formation des trains au Canadien National

Le CN utilise un système informatisé pour établir ses plans de service ferroviaire. Le système est conçu pour identifier les compositions de trains qui contreviennent aux exigences des

⁷ Le bulletin d'exploitation GLD 1101 du 27 août 2001 limite l'effort de traction ou le freinage rhéostatique à 100 000 livres par locomotive à l'approche d'une structure de pont. Cette restriction, appliquée aux locomotives à courant alternatif n'appartenant pas au CN, est maintenant incluse au point F7.4 du *Locomotive Engineer Operating Manual*.

⁸ Ce document a été distribué aux responsables des locomotives le 1^{er} mai 2006. Toutefois, il a fallu attendre le mois de mars 2007 pour qu'il soit distribué à grande échelle aux mécaniciens de locomotive du CN du district des Grands Lacs. Des copies ont alors été expédiées aux gares du district (y compris celle de Belleville) et ont été mises à la disposition des mécaniciens de locomotive.

Instructions générales d'exploitation (IGE) du CN. Les IGE n'imposent aucune restriction quant à la répartition du tonnage d'un train. Ainsi, le système de planification de la formation des trains du CN ne tient pas compte de la répartition du tonnage dans la production des plans de service ferroviaire. En comparaison, d'autres compagnies de chemin de fer canadiennes exigent que, dans la mesure du possible et sous réserve de la répartition des wagons en fonction de leurs destinations, les wagons chargés soient placés le plus près possible des locomotives afin de minimiser la possibilité d'événements indésirables dus à la dynamique voie-train.

Positionnement du matériel roulant potentiellement problématique

Le document AAR Research Reference R-185, à la section 3.9 intitulée « Special Type and Potentially Troublesome Equipment », précise que :

Plusieurs wagons et chargements particuliers doivent être soumis à des consignes particulières de manipulation en raison de la conception du matériel roulant, du chargement des wagons ou du positionnement dans le train de ces wagons. Une analyse dynamique, prenant en considération le chargement du wagon, la position du wagon dans la formation du train et les caractéristiques physiques de la voie à parcourir doit être effectuée pour le matériel roulant considéré comme potentiellement problématique.

Le véhicule Herzog a été conçu sur mesure pour automatiser certains travaux d'entretien de la voie. Ce véhicule peut être placé dans un train afin de faciliter le déplacement entre les régions d'opération⁹. Les IGE du CN, bien qu'elles abordent le positionnement de certains véhicules spécialisés, ne fournissent aucune directive spécifique concernant le positionnement du véhicule Herzog.

D'autres compagnies de chemin de fer de classe 1 utilisant le véhicule Herzog ont, dans leurs instructions d'exploitations, des directives qui limitent le positionnement du véhicule Herzog en queue de train.

Positionnement des wagons vides dans la subdivision Kingston

En avril 2006, à la suite d'un déraillement dans la subdivision Kingston, le BST a émis l'avis de sécurité ferroviaire (ASF) 02/06 intitulé « Formation des longs trains de marchandises dans la subdivision Kingston du CN ». L'avis de sécurité précisait que :

En raison de la grande influence qu'ont les forces excessives sur la sécurité d'un train, de l'utilisation croissante de trains de marchandises longs et lourds dans la subdivision Kingston et aussi en raison des risques potentiels pour la sécurité publique posés par un déraillement dans le

⁹ T. Judge, éditeur, *Choosing the Best M/W Machine - Railway Track and Structures*, août 2006, pages 21, 22 et 43.

corridor Montréal – Toronto, nous invitons Transports Canada à réviser les procédures du CN concernant la formation des trains de marchandises générale dans la subdivision Kingston.

Au cours de discussions avec Transports Canada après la publication de l'ASF 02/06, le CN a affirmé suivre une pratique non écrite qui exige que, si un train transporte une tranche de plus de 25 wagons porte-automobiles vides ou une tranche de 25 wagons plats vides, cette tranche de wagons vides doit être positionnée en queue de train. Bien que cette restriction soit propre à la subdivision Kingston, aucune évaluation formelle des risques n'a été effectuée afin de confirmer les avantages pour la sécurité de cette pratique. De plus, le degré de conformité à cette pratique par la compagnie de chemin de fer n'est pas documenté. Le train 363 possédait une tranche de 45 wagons porte-automobiles vides près de la tête du train.

À l'exception de la pratique non écrite, la répartition du tonnage et la longueur des trains ne sont pas du tout mentionnées dans les instructions du CN concernant la formation des trains de marchandises générales dans la subdivision.

Événements analogues

Cet accident était le deuxième déraillement récent impliquant un véhicule Herzog placé immédiatement à l'arrière des locomotives. L'accident précédent s'était produit le 27 mai 2006, près d'Armstrong (Ontario). La même première caisse de wagon (HZGX1750A) a déraillé au cours d'un arrêt de routine du train de marchandises M30041-26 du CN. Le rapport d'incident/d'accident du CN a identifié la formation du train comme un des facteurs ayant contribué au déraillement. Ce déraillement était considéré hautement prioritaire et le rapport d'incident/d'accident du CN mentionnait que des mesures correctives seraient prises.

Le BST a enquêté sur plusieurs événements impliquant des forces de compression considérables agissant sur de longs trains formés de wagons vides à l'avant et de wagons chargés à l'arrière ou de wagons vides placés entre deux tranches de wagons chargés (notamment les rapports R01M0061 et R02W0060).

Exigences de l'Association of American Railroads en matière d'essai et de certification des wagons

À la section C, partie II, du *Manual of Standards and Recommended Practices* de l'AAR intitulée « Specifications for Design, Fabrication and Construction of Freight Cars, M-1001 », on précise, au chapitre II, paragraphe 2.1.6, que les wagons doivent générer un rapport latéral/vertical (L/V) (c'est-à-dire le rapport de la force latérale sur la force verticale) de moins de 0,82 lorsqu'ils sont soumis à un effort de traction de 200 000 livres-force dans une courbe de dix degrés. Toutefois, dans les directives de l'AAR, aucune exigence ne requiert la vérification du rapport L/V lorsque des forces de compression agissent sur le train (le scénario de la mise en portefeuille).

Le véhicule Herzog a subi un essai indépendant et il a été déterminé qu'il était conforme aux normes de conception de l'AAR. Le rapport de l'essai indépendant précise que les calculs étaient basés sur un effort de traction et non sur un effort de compression des attelages. Dans un scénario de mise en portefeuille, il faudrait atteindre un effort de compression de 336 000 livres-force pour dépasser un rapport L/V de 0,82.

Même s'il est conforme à la norme M-1001, paragraphe 2.1.6 de l'AAR, l'attelage non normalisé du véhicule Herzog permet à la barre d'attelage d'atteindre un angle dépassant les 30 degrés. Un tel angle augmente la force latérale appliquée sur un accouplement au cours de la compression des attelages, même lorsque l'effort de compression est modéré et que le train se situe sur une voie en alignement droit. L'angle de l'accouplement a été identifié comme un des facteurs ayant contribué à deux récents déraillements impliquant des locomotives qui n'étaient pas munies d'attelages à dispositif de centrage (événements R05C0082 et R02C0050).

Protocole d'enquête sur les accidents du Canadien National

Pour les déraillements majeurs, le CN a mis sur pied un protocole d'intervention rapide afin d'accélérer l'intervention sur les lieux de l'accident et de minimiser les perturbations du service. Ce protocole d'intervention rapide comprend le positionnement stratégique, 24 heures par jour et 7 jours sur 7, d'employés contractuels et de matériel lourd ainsi que le développement et la formation du personnel et des employés de certains autres organismes (y compris dans les collectivités environnantes) afin d'obtenir un protocole d'intervention en cas d'accident structuré. Cette approche a grandement amélioré la vitesse des travaux pour remettre en état les lieux d'un accident.

Le CN dispose d'un processus organisationnel pour le signalement, l'enquête et l'analyse d'accidents et d'incidents. Ce processus est présenté dans les documents « Normes relatives aux enquêtes sur les blessures et accidents » et « Instructions relatives à l'établissement des rapports de blessures et d'accidents ». En plus, le processus concernant la surveillance, le suivi et l'évaluation des mesures correctives prises à la suite de blessures ou d'accidents est décrit dans le document du CN intitulé « *Corrective Action/Safety Measure Management Standard* » (Norme de gestion des mesures correctives/mesures de sécurité). Les gestionnaires et les superviseurs locaux et régionaux sont responsables d'entrer les données dans le système de suivi et de rapport (appelé SAP) de l'entreprise. Le groupe de gestion des risques régional et le groupe de gestion des risques d'entreprise doivent effectuer le suivi du système et le contrôle de la qualité des données.

Analyse du Laboratoire technique du BST

Des échantillons de rails et des éléments du véhicule Herzog ont été prélevés sur le lieu du déraillement et expédiés au Laboratoire technique du BST à des fins d'analyse (rapport technique LP 042/2007 du BST, disponible sur demande). À la suite des analyses en laboratoire, il a été déterminé que :

- La rupture de l'échantillon de rail a été causée par un effort excessif. Il n'y avait aucun signe de rupture progressive. La dureté et la microstructure de l'échantillon de rail étaient normales pour ce type de rail. Aucune anomalies provenant des matériaux n'ont été relevées.
- La rupture de la plaque de garde de l'unité motrice du véhicule Herzog s'est produite en raison de contraintes excessives imposées par un impact direct au coin inférieur inférieur. Les deux surfaces de contact de la rupture, sur la plaque de garde, confirmaient que la rupture était due à des contraintes excessives et elles ne présentaient aucun signe de rupture progressive. Aucune anomalie provenant des matériaux n'a été relevée.
- La traverse inférieure de l'unité motrice du véhicule Herzog avait été arrachée lors d'un impact avec un corps étranger. La forme de la marque d'impact coïncide avec la forme du champignon de rail de l'échantillon relevé sur les lieux de l'accident (voir photos 7a et 7b).



Photo 7a.

Partie de la surface avant de la traverse inférieure montrant la marque d'impact la section de l'échantillon de rail prélevé sur les lieux du déraillement.



Photo 7b.

D'après les mesures relevées sur le site du déraillement et les données du train, une analyse des forces L/V du matériel roulant susceptible d'avoir déraillé en premier (le wagon HZGX1750A, le wagon-tombereau vide, et le wagon HZGX175, la locomotive Herzog) a été effectuée. Les deux wagons étaient reliés par un attelage non normalisé permettant à la barre d'attelage d'atteindre des angles supérieurs à 30 degrés. Les résultats de l'analyse (voir l'annexe B) indiquent que :

- La force de compression exercée sur le train lors du déraillement était excessive en comparaison avec les conditions normales de conduite des trains et elle dépassait la limite de résistance du véhicule Herzog. Le grand angle de la barre d'attelage du wagon Herzog vide a converti la force de compression du train en une force latérale excessive qui causa le déraillement.

- L'angle maximal que pouvait atteindre la barre d'attelage du wagon HZGX1750A était de 37,3 degrés. À cet angle, et soumis à un effort de freinage rhéostatique de 135 000 livres, le rapport L/V du longeron du bogie arrière du wagon HZGX1750A était de 4,51 (cas avec les joints à hauteur égale), soit plus de 5 fois le critère de déraillement. Même dans le cas selon les conditions normales de conception, le rapport L/V aurait atteint 3,10, ce qui excède largement le critère de déraillement. Le rapport L/V du longeron du bogie avant du wagon HZGX175 (la locomotive Herzog) se situait entre 0,59 et 1,06.

Le rapport L/V du longeron du bogie arrière du wagon HZGX1750A était suffisant pour causer le soulèvement des roues ou le renversement du rail de la file basse, et celui du longeron du bogie avant du wagon HZGX175 était suffisant pour faire pivoter le rail de la file haute. En raison du rapport L/V élevé du longeron du wagon HZGX1750A, le bogie arrière a probablement déraillé en premier, ce qui a eu pour effet de relâcher la retenue de la barre d'attelage à l'arrière de la locomotive, permettant ainsi à l'angle de la barre d'attelage de continuer de s'agrandir. L'effort latéral a pivoté et renversé presque simultanément le rail de la file haute sous le bogie avant du wagon HZGX175.

Analyse

Introduction

Avant cet accident, certains problèmes de voie aux environs du site du déraillement avaient été identifiés, mais ils avaient été résolus en temps opportun. En conséquence, l'état, l'inspection et l'entretien de la voie ne sont pas considérés avoir contribué au déraillement. L'analyse traitera du rôle du matériel roulant dans la séquence de déraillement et plus spécifiquement du rôle qu'y ont joué la formation du train, l'utilisation du freinage rhéostatique et la conception du matériel roulant.

L'accident

Le point de déraillement (PDD) se situait aux environs du point milliaire 264,94. Les marques de roue sur la structure de la voie s'étendaient, à l'ouest de ce point, jusqu'à l'endroit où le véhicule Herzog s'est immobilisé. Ces marques, ainsi que les dommages causés à la structure du passage à niveau, indiquent que le bogie arrière du HZGX1750A a déraillé du côté de la file basse (côté nord) de la courbe à droite, et que le bogie avant du HZGX175 a déraillé du côté de la file haute (côté sud). Les wagons déraillés ont continué leur route dans cette position à partir du PDD jusqu'à l'endroit où ils se sont immobilisés, environ 350 pieds à l'ouest du passage à niveau.

Le PDD coïncidait avec la compression des attelages lors d'un effort de freinage rhéostatique excessif. La compression a agi sur l'attelage non normalisé situé entre les wagons HZGX1750 et HZGX175. Cet attelage, qui permet un angle de barre d'attelage supérieur à 30 degrés, a contribué à l'amplification de la force latérale exercée sur la barre d'attelage, une force latérale suffisante pour produire un rapport L/V élevé. En raison de ces forces latérales excessives agissant sur le wagon HZGX1750A, un wagon vide, le bogie arrière de ce wagon s'est soulevé et

a déraillé du côté du rail de la file basse au moment où il entrait dans une courbe à droite de 1,19 degré.

Après que le wagon HZGX1750A ait déraillé à l'intérieur de la courbe, la structure de la voie n'exerçait plus de contrainte sur la barre d'attelage, lui permettant de pivoter jusqu'à sa limite. Cette situation a augmenté encore plus l'ampleur des forces latérales. Sous l'effet de ces forces, le bogie avant de la locomotive Herzog a été poussé vers le côté haut de la courbe, faisant tourner et renverser le rail de la file haute, puis finalement tomber du côté bas, vers le centre de la voie.

Malgré l'existence au sein du CN d'une pratique non écrite concernant la formation des trains dans la subdivision Kingston, 45 wagons porte-automobiles vides ainsi que le véhicule Herzog avaient été placés en tête du train 363. Lorsqu'un freinage rhéostatique brusque et excessif a été appliqué à l'entrée de la courbe au point milliaire 264,94, les forces longitudinales produites durant le freinage, aggravées par le positionnement des wagons vides à l'avant et des wagons chargés à l'arrière, ont causé la compression des attelages à l'avant du train.

Selon les directives de l'AAR concernant la conduite des trains, le système d'attelage non normalisé entre l'unité motrice (HZGX175) et la première caisse de wagon-tombereau (HZGX1750A) peut être considéré comme potentiellement problématique. D'autres chemins de fer de classe 1 ont des instructions d'opération qui limitent le positionnement des véhicules Herzog en queue de train. Même si le CN avait connu un déraillement similaire du même véhicule Herzog onze mois plus tôt, un accident que le CN considéra comme hautement prioritaire, la nature problématique de l'attelage du véhicule Herzog n'avait pas été documentée, ni traitée dans les instructions d'opération du CN. Quand le chef du train 363 a cherché à connaître les instructions concernant le positionnement du véhicule Herzog avant de quitter Belleville, la seule restriction des IGE était que le véhicule Herzog devait être positionné à moins de 2 000 pieds de la tête de train afin que l'équipe puisse le surveiller. Par conséquent, il a été positionné directement à l'arrière des locomotives. Le positionnement du véhicule Herzog directement à l'arrière des locomotives, là où les forces de compression sont les plus grandes, a augmenté l'ampleur des forces latérales transmises par l'attelage non normalisé.

Essais de compression des attelages non normalisés

Les essais effectués sur les attelages non normalisés du véhicule Herzog ont démontré qu'ils étaient conformes aux exigences de l'AAR (c'est-à-dire un rapport L/V de moins de 0,82 lorsque soumis à un effort de traction de 200 000 livres-force dans une courbe de dix degrés). Toutefois, ces exigences ne s'appliquent qu'au comportement du wagon lorsqu'il est soumis à des forces de traction. Au cours de ce déraillement, le véhicule Herzog n'a pas pu franchir de façon sécuritaire une courbe de 1,19 degré avec un effort de compression de seulement 135 000 livres. Dans des conditions de conduite normales, quand seul le frein rhéostatique est utilisé pour contrôler le train, ou encore lors d'un effort de freinage d'urgence, des forces de compression élevées vont être produites. En l'absence d'une exigence obligeant les essais de compression des attelages non normalisés avant qu'ils soient placés dans un train, les wagons possédant des attelages ne résistant pas à des forces de compression élevées continueront d'être positionnés dans des convois sans les restrictions appropriées et risquent ainsi de dépasser la résistance de la structure de la voie.

Restrictions relatives au positionnement du matériel roulant spécialisé

Le véhicule Herzog, avec son système d'attelage non normalisé, est souvent placé dans des grands convois pour être transféré d'une région à l'autre. En mai 2006, le même bogie du véhicule Herzog positionné à la tête du train, derrière l'unité motrice, a déraillé lors d'un freinage dans une courbe à Armstrong. Le CN considéra l'enquête interne de cet accident comme hautement prioritaire. L'enquête du CN identifia la conduite et la formation du train comme des facteurs ayant causé l'accident. À la suite de cet accident, les équipes de train ont reçu une formation sur les techniques appropriées de conduite des trains. Toutefois, même si d'autres chemins de fer de classe 1 ont connu des problèmes similaires et ont adopté des restrictions qui limitent le positionnement des véhicules Herzog en queue de train, le CN n'a effectué aucun changement à ses instructions d'opération concernant ces véhicules. Donc, le CN n'a pas mis à jour ses IGE après avoir commencé à exploiter ce nouveau matériel roulant spécialisé. Une situation semblable augmente les chances que du matériel roulant soit positionné dans un train sans les restrictions requises, compromettant ainsi la sécurité des opérations ferroviaires.

Modification de l'affichage du freinage rhéostatique des locomotives

La locomotive de tête (CN 2252) a été mise en service avec un pupitre de commande modernisé affichant l'intensité du freinage rhéostatique en effort de traction (ET). Toutefois, au moment de l'accident, les instructions d'opération des locomotives et les plus anciennes locomotives du CN se référaient au freinage rhéostatique et l'affichaient en ampères. La relation entre l'ET et l'ampérage est non linéaire et peut porter à confusion. Par exemple, à 45 mi/h, la limite en ampères par locomotive (telle que précisée dans le *Locomotive Engineer Operating Manual*) est déjà dépassée avant même que 50 % de l'ET maximum ne soit appliqué.

Bien que les mécaniciens de locomotive aient reçu une formation sur les nouvelles locomotives lors d'un cours intensif d'un jour en décembre 2006, les équipes ont connu des difficultés persistantes pour comprendre la relation entre l'ET et l'ampérage. Lorsque les commandes d'une locomotive affichent l'effort de freinage rhéostatique d'une façon différente de celle présentée dans les instructions d'opération, il y a un risque plus élevé que l'intensité de l'effort de freinage rhéostatique, appliqué par le mécanicien de locomotive pour contrôler le train dans des conditions de conduite normales, soit incorrecte.

Rupture d'éléments de la locomotive Herzog due à des contraintes excessives au cours du déraillement

L'examen des lieux et les analyses du Laboratoire technique du BST ont déterminé que la rupture fragile des éléments de la locomotive Herzog, suite à des contraintes excessives, n'a pas causé le déraillement. L'inspection des dommages a déterminé que la plaque de garde et la traverse inférieure ont toutes deux été heurtées par un objet dans le même plan longitudinal. De plus, la forme de la marque d'impact sur la traverse inférieure indique que l'objet l'ayant heurtée, bien qu'il n'ait pas été récupéré, est probablement l'extrémité du rail nord brisé. La locomotive Herzog (HZGX175) avait déjà déraillé lorsque le rail nord s'est brisé. L'extrémité du

rail brisé a alors heurté et endommagé certains éléments du bogie avant du wagon HZGX175. La traverse inférieure a alors été projetée vers la base du réservoir de carburant, causant la fuite du carburant diésel.

Directives, politiques et procédures d'enquête sur les accidents du Canadien National

Le CN possède un processus organisationnel pour le signalement, l'enquête et l'analyse d'accidents ainsi qu'un processus séparé pour la surveillance et le suivi des mesures correctives. Toutefois, l'emphasis sur la reprise rapide du service peut entraîner des procédures ne prenant pas ou peu en considération les résultats d'enquêtes sur les accidents.

Le déraillement survenu à Armstrong avait été considéré par le CN comme un accident hautement prioritaire, et la conduite et la formation du train avaient été identifiées comme des causes de l'accident. Toutefois, les documents du CN ne montrent aucune analyse des causes fondamentales du déraillement et n'identifient pas quels aspects de la conduite et de la formation du train y ont contribué. L'équipe avait reçu une formation sur la conduite des trains, mais aucune restriction n'avait été adoptée quant au positionnement du véhicule Herzog. Par conséquent, malgré un récent déraillement dans des circonstances similaires, le véhicule Herzog a tout de même été inclus dans la formation du train 363 sans restriction additionnelle pour contrôler son comportement lorsqu'il est soumis à des forces de compression.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le déraillement s'est produit lorsque des forces latérales excessives agissant sur le bogie arrière du wagon HZGX1750A, ont soulevé le wagon et l'ont fait dérailler du côté du rail de la file basse, à l'entrée d'une courbe de 1,19 degré. Les forces latérales ont aussi poussé le bogie avant de la locomotive Herzog du côté haut de la courbe; il a fait renverser le rail de la file haute puis est tombé du côté bas.
2. Les forces latérales excessives ont été produites lorsque les forces longitudinales ont été transférées par l'attelage non normalisé situé entre le wagon HZGX1750A et la locomotive Herzog.
3. Le positionnement du véhicule Herzog directement derrière les locomotives du train 363, là où les forces agissant sur le train sont les plus grandes, a augmenté l'ampleur des forces latérales transférées par le système d'attelage non normalisé.
4. Les forces longitudinales ont été produites lors d'une utilisation brusque et excessive du frein rhéostatique et elles ont été aggravées par le positionnement de wagons vides à l'avant de wagons chargés, causant la compression des attelages à la tête du train.

Faits établis quant aux risques

1. En l'absence d'une exigence obligeant des essais de compression sur les attelages non normalisés avant de les autoriser dans un train, des wagons possédant des attelages pouvant générer des forces latérales dépassant les limites de résistance de la structure de la voie continueront d'être mis en services sans restrictions appropriées, augmentant ainsi le risque de déraillement sous l'effet de forces de compression normales.
2. Lorsque les Instructions générales d'exploitation ne sont pas à jour pour tenir compte de l'exploitation de nouveau matériel roulant spécialisé, comme le véhicule Herzog, les chances que ce matériel soit mal positionné dans le train augmentent, mettant en jeu la sécurité des opérations ferroviaires.
3. Lorsque les commandes d'une locomotive affichent l'effort de freinage rhéostatique d'une façon différente à celle présentée dans les instructions d'opération, il y a un risque plus élevé que le mécanicien de locomotive utilise un niveau de freinage rhéostatique incorrect pour contrôler le train dans des conditions de conduite normales.

Autres faits établis

1. La locomotive Herzog (HZGX175) avait déjà déraillé lorsque le rail nord s'est brisé. L'extrémité du rail brisé a heurté et endommagé certains éléments du bogie avant du wagon HZGX175 et la traverse inférieure a été projetée vers la base de son réservoir de carburant, causant la fuite du carburant diésel.
2. Malgré un récent déraillement dans des circonstances similaires, qui avait permis aux experts du Canadien National de remarquer la conception particulière de l'attelage du véhicule Herzog, le véhicule a tout de même été positionné dans le train sans restriction additionnelle.

Mesures de sécurité prises

Avis de sécurité ferroviaire et lettre d'information sur la sécurité ferroviaire du BST

En août 2007, le BST a publié la lettre d'information sur la sécurité ferroviaire (LIF) 14-07 et les avis de sécurité ferroviaire (ASF) 08-07 et 09-07.

- La LIF 14-07 indique que le train 363, propulsé par trois locomotives à forte capacité de freinage rhéostatique (FR), et dont les wagons vides avaient été placés à l'avant des wagons chargés, a déraillé à Cobourg lorsqu'il entra dans une courbe à droite de 1,19 degré en effectuant un freinage rhéostatique maximum (c'est-à-dire plus de 900 ampères (A) par locomotive). Le *Locomotive Engineer Operating Manual* du Canadien

national (CN) prescrit aux équipes de train de limiter l'utilisation du freinage rhéostatique des groupes de traction de trois locomotives à forte capacité et plus à moins de 500 A par locomotive lorsque la tête du train franchit un branchement, une liaison ou une courbe. L'effort de freinage excessif de trains formés de wagons vides à l'avant et de wagons chargés à l'arrière a été identifié comme un facteur causal ou contributif de plusieurs déraillements récents.

- L'ASF 08-07 explique que le véhicule Herzog possède un système d'attelage non normalisé qui permet à la barre d'attelage d'atteindre un angle supérieur à 30 degrés. Même si ce wagon a subi des essais et se conforme aux exigences de l'Association of American Railroads (AAR) (norme M-1001, paragraphe 2.1.6), on sait que de tels angles accentuent la force latérale exercée sur les attelages lors d'une compression des attelages, même si la force de compression est modérée ou si le train se trouve sur une voie en alignement droit. L'ASF indique que le véhicule Herzog peut être problématique et recommande que Transports Canada révise les exigences d'essai du matériel roulant potentiellement problématique afin de s'assurer que les risques qui lui sont associés sont identifiés et atténués.
- L'ASF 09-07 explique que, malgré une pratique non écrite du CN interdisant le positionnement de plus de 25 wagons porte-automobiles ou wagons-tombereaux vides en tête de train dans la subdivision Kingston, 45 wagons porte-automobiles vides ont été positionnés en tête du train 363, dont 21 ont déraillé lors de cet accident. Les risques pour la sécurité des opérations ferroviaires présentés par les trains formés d'une manière connue pour augmenter les forces de compression (par exemple le positionnement de wagons vides à l'avant et de wagons chargés l'arrière) doivent être compris et atténués. L'ASF recommande que Transports Canada révise les pratiques du CN concernant la formation des trains dans la subdivision Kingston afin de déterminer si ces pratiques ferroviaires sont sécuritaires et, s'il y a lieu, d'intervenir de manière appropriée pour assurer la sécurité des trains.

Mesures de sécurité de l'exploitant

À la suite du déraillement, le CN a pris les mesures de sécurité suivantes :

- le CN a cessé de placer le véhicule Herzog dans ses trains réguliers en attendant que la société Herzog fournisse des instructions spécifiques concernant sa manipulation;
- le CN s'est assuré que l'information mettant en relation l'effort de freinage rhéostatique exprimé en ampères et l'effort de traction fasse partie de la formation sur les trains à puissance de traction répartie; et
- le CN a publié un avis pour mettre à jour son *Locomotive Engineering Operating Manual* et y inclure une limite concernant l'intensité de l'effort de traction, en plus de la limite en ampères.

À la suite du déraillement, la Herzog Contracting Corporation a marqué tous ses wagons à usages multiples d'une instruction spéciale concernant leur positionnement (voir photo 8). Cette instruction indique que ce matériel doit seulement être positionné en queue de train.



Photo 8. Véhicule Herzog (locomotive HZGX175)

Mesures de sécurité de l'organisme de réglementation

Le premier mai 2007, Transports Canada, Région de l'Ontario, a rencontré les cadres supérieurs du CN afin de discuter des récents déraillements de trains de marchandises en voie principale. Le CN a confirmé à TC qu'il ne possédait pas d'instructions internes concernant les trains formés de wagons vides placés en avant de wagons chargés. Il a aussi indiqué qu'il travaillait actuellement à l'élaboration d'une stratégie traitant les pratiques concernant la formation des trains.

De juin à août 2007, Transports Canada, Région de l'Ontario, a examiné les mesures correctives du CN et en a effectué le suivi. Transports Canada s'est assuré que le CN n'inclut plus le véhicule Herzog dans ses trains commerciaux.

Préoccupations liées à la sécurité

Normes relatives à la résistance du matériel roulant aux forces de compression

Depuis l'an 2000, le Bureau a enquêté sur trois déraillements (R07T0110, R05C0082 et R02C0050) impliquant du matériel roulant dont les attelages, bien que conformes aux exigences actuelles de l'AAR en matière de conception, ont, sous l'effet de forces de compression, généré, des forces latérales suffisantes pour causer le déraillement du train suite au renversement des rails ou au soulèvement des roues, . Alors qu'il existe des normes relatives à la conception des wagons lorsqu'ils sont soumis à des efforts de traction, il n'en existe aucune concernant les forces de compression.

Lorsque des wagons sont positionnés dans un train sans que le tonnage remorqué soit pris en considération et que le frein rhéostatique est utilisé comme principal moyen de contrôler la vitesse du train, des forces de compression élevées seront inévitablement générées. Bien qu'en temps normal ces forces sont insuffisantes pour causer le soulèvement des roues ou le renversement des rails, ces récents accidents ont démontré que des forces de compression élevées peuvent provoquer des déraillements lorsque des wagons « pouvant être source de complications » sont positionnés en tête de train.

Par conséquent, le Bureau s'inquiète du fait que, sans normes relatives au comportement du matériel roulant lorsque soumis à des forces de compression, les wagons pouvant être source de continueront d'être positionnés dans les trains sans que des restrictions appropriées soient appliquées.

Formation des trains et répartition du tonnage

Le Bureau est encouragé d'apprendre que le CN tente d'élaborer une stratégie afin d'améliorer ses pratiques concernant la formation des trains. Toutefois, la répartition du tonnage et la formation des trains continuent de causer ou de contribuer aux déraillements des trains.

Depuis plus de sept ans déjà, le Bureau fait remarquer que la formation des trains est une importante question de sécurité ferroviaire¹⁰. En 2004, le Bureau a recommandé que « Transports Canada encourage les compagnies de chemin de fer à mettre en œuvre des technologies ou des méthodes de contrôle des trains afin de s'assurer que les forces générées lors d'un freinage d'urgence permettent l'exploitation du train en toute sécurité » (recommandation R04-01, publiée en avril 2004). En 2005, la réponse de Transports Canada à cette recommandation a été évaluée et le Bureau a estimé cette réponse entièrement satisfaisante. Toutefois, il semble de plus en plus évident que les encouragements faits à l'industrie ferroviaire ne sont pas suffisants pour régler ce problème de sécurité.

¹⁰ B. Tucker, *Trends In Transportation Safety* – TSB Key Safety Issues, présenté au Groupe de Recherche sur les Transports au Canada le 2 novembre 2001.

En 2006, le BST a souligné la question de la répartition du tonnage et de la longueur des trains dans l'ASF 02/06 intitulé « Formation des longs trains de marchandises dans la subdivision Kingston du CN ». En réponse à cet ASF, Transports Canada a signalé que le CN possédait une pratique non écrite qui exigeait que les tranches de plus de 25 wagons porte-automobiles ou de wagons plats vides soient positionnées en queue de train. Pourtant, ce déraillement démontre que les pratiques non écrites n'ont pas été respectées, ni suivies de près, ni validées efficacement.

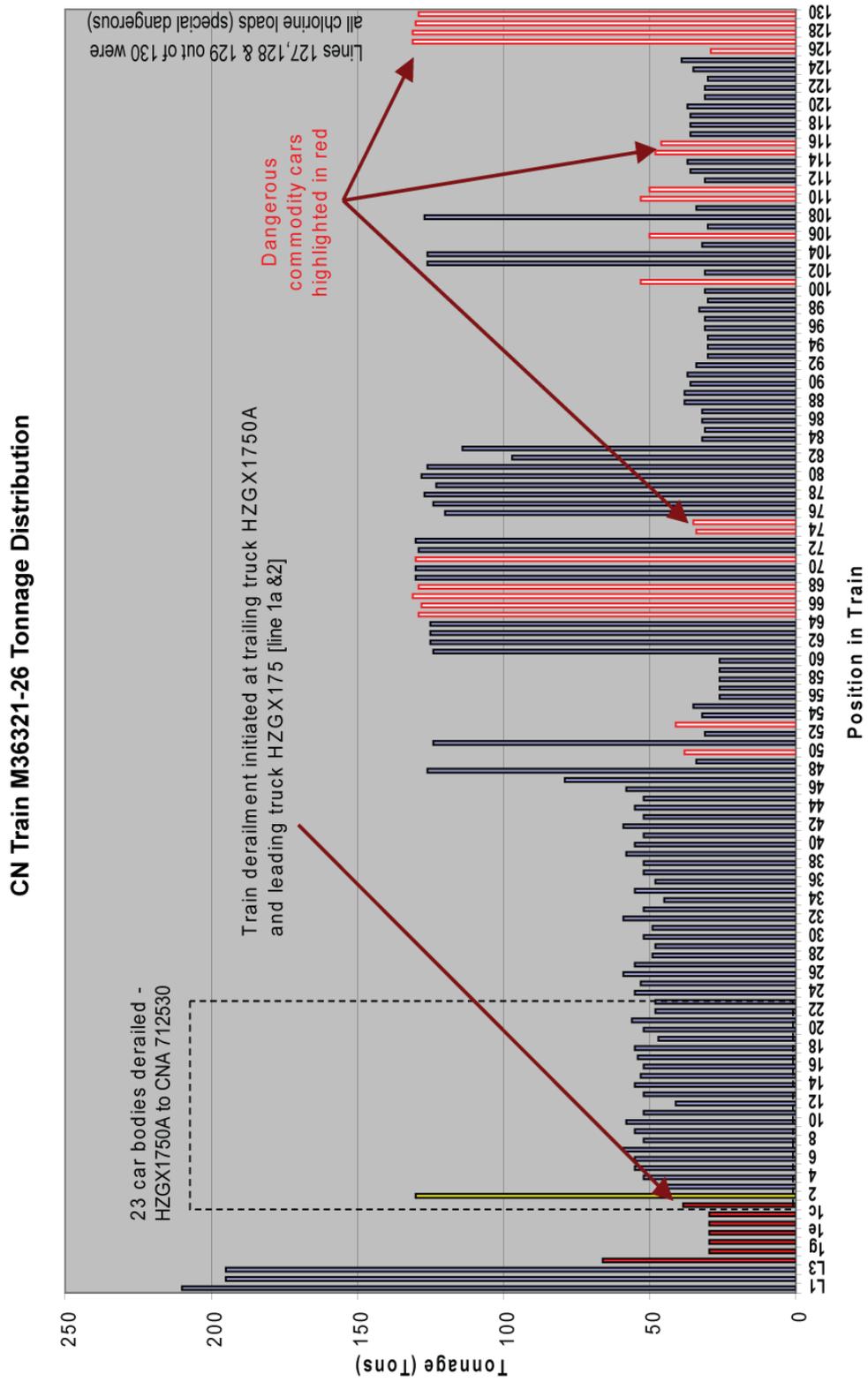
En 2007, en réponse à des avis supplémentaires du BST concernant cette question de sécurité ferroviaire (LIF 14-07, LIF 08-07, et LIF 09-07), Transports Canada a signalé que le CN travaillait à l'élaboration d'une stratégie afin d'améliorer ses techniques de répartition du tonnage. Toutefois, malgré des rencontres régulières concernant ce problème entre la direction du CN et Transports Canada, le CN ne possède toujours pas de système de formation des trains prenant en considération la répartition du tonnage.

Par conséquent, le Bureau demeure inquiet de la fréquence des déraillements causés ou aggravés par les forces générées par les trains, plus spécialement sur les corridors ferroviaires traversant des secteurs densément peuplés.

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 14 mai 2008.

Visitez le site Web du BST (www.bst.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 sites connexes.

Annexe A – Répartition du tonnage du train



2. Plate-forme HZGX1750A

Les observations effectuées après le déraillement ont déterminé que le wagon HZGX1750A était fixé au wagon HZGX175 par une barre d'attelage avec deux joints sphériques aux extrémités et que ces joints, conçus pour être à la même hauteur au-dessus du rail, ne l'étaient pas.

Bogie avant : bogie articulé partagé avec la plate-forme C
Bogie arrière : bogie à deux essieux

Limite de charge 84 000 livres
Tare 77 180 livres

(Tout le véhicule HZGX1750)
(Limite de charge 615 200 livres)
(Tare 505 000 livres)

3. Dimensions de la barre d'attelage avec joints

Distance entre les joints : 3 pieds 11 pouces (ou 4 pieds)

Hauteur du joint à l'extrémité de la locomotive : 30 pouces
Hauteur du joint à l'extrémité du wagon : 33 pouces

Remarque : la hauteur des deux joints devrait être la même. La différence de hauteur est probablement due à une suspension manquante de la locomotive.

Angle longitudinal de la différence de hauteur : 3,66 (3,58) degrés

Joint à l'extrémité de la locomotive :

Épaisseur de la barre : 5 ¹/₄ pouces
Largeur à l'intérieur de l'étrier : 10 ¹/₂ pouces
Largeur à l'extrémité de l'étrier : 10 ⁵/₈ pouces
Joint à l'extrémité de l'étrier : 5 ¹/₄ pouces

Écart entre la barre et l'extrémité de l'étrier dans la direction du train :

Gauche : 2 ¹/₂ pouces
Angle de rotation: 28.4 degrés
Droite : 2 ⁷/₈ pouces
Angle de rotation: 33.2 degrés

Joint à l'extrémité du wagon :

Épaisseur de la barre :	5 ^{1/4} pouces
Largeur à l'intérieur de l'étrier :	10 ^{1/2} pouces
Largeur à l'extrémité de l'étrier :	10 ^{7/8} pouces
Joint à l'extrémité de l'étrier :	5 ^{1/4} pouces

Écart entre la barre et l'extrémité de l'étrier dans la direction du train :

Gauche :	3 ^{11/16} pouces
Angle de rotation :	44,6 degrés
Droite :	1 ^{15/16} pouce
Angle de rotation :	21,7 degrés

Remarque : l'angle normal de la barre d'attelage sans déformation est d'environ 30 degrés, le même que pour les angles de rotation des bogies articulés.

4. Le consignateur d'événement de locomotive (CEL) a enregistré les forces de compression au niveau des joints :
3 x 45 000 livres = 135 000 livres
5. Après le déraillement, la barre d'attelage était en position de portefeuille et son angle entre l'axe longitudinal de la locomotive Herzog et la plate-forme HZGX1750A était à son maximum. Les calculs effectués reconstituent l'accident de quatre façons différentes; la reconstitution avec les données réelles de l'accident, la reconstitution avec les joints à hauteur égale, la reconstitution dans les conditions normales de conception et la reconstitution avec un angle de barre d'attelage minimal. Le coefficient de friction entre les roues et le rail est assumé être de 0,4.
6. Bogie arrière du wagon HZGX1750A

6.1 Calculs - cas données réelles:

$$\begin{aligned}V &= \frac{1}{2} (77\ 180) - 135\ 000 \sin (3,66) = && 29\ 972 \text{ livres} \\L &= 135\ 000 \sin (44,6) = && 94\ 791 \text{ livres} \\L/V \text{ bogie} &= && 3,16 \\L/V \text{ longeron} &= (L-f*V/2)/(V/2) = && 5,93\end{aligned}$$

6.2 Calculs - cas avec les joints à hauteur égale :

Barre d'attelage horizontale, angle latéral maximum de 44,6 degrés

$$\begin{aligned}V &= \frac{1}{2} (77\ 180) = && 38\ 590 \text{ livres} \\L &= 135\ 000 \sin (44,6) = && 94\ 791 \text{ livres} \\L/V \text{ bogie} &= && 2,46 \\L/V \text{ longeron} &= (L-f*V/2)/(V/2) = && 4,51\end{aligned}$$

6.3 Calculs - cas selon les conditions normales de conception :
Barre d'attelage horizontale, angle latéral maximum de 30 degrés

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2} (77\ 180) = && 38\ 590 \text{ livres} \\ L &= 135\ 000 \sin (30) = && 67\ 500 \text{ livres} \\ L/V \text{ bogie} &= && 1,75 \\ L/V \text{ longeron} &= (L-f*V/2)/(V/2) = && 3,10 \end{aligned}$$

6.4 Calculs - cas avec un angle de barre d'attelage minimal :
Barre d'attelage horizontale, angle latéral minimum de 21,7 degrés

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2} (77\ 180) = && 38\ 590 \text{ livres} \\ L &= 135\ 000 \sin (21,7) = && 49\ 916 \text{ livres} \\ L/V \text{ bogie} &= && 1,29 \\ L/V \text{ longeron} &= (L-f*V/2)/(V/2) = && 2,19 \end{aligned}$$

7. Bogie avant de la locomotive HZGX175

7.1 Calculs - cas données réelles:

Angle horizontal de la barre d'attelage de 3,66 degrés, angle latéral maximum de 33,2 degrés

$$\begin{aligned} V \text{ bogie} &= \frac{1}{2} (260\ 000) + 135\ 000 \sin (3,66) = 138\ 618 \text{ livres} \\ V \text{ longeron} &= && 69\ 309 \text{ livres} \\ L &= 135\ 000 \sin (33,2) = && 73\ 921 \text{ livres} \\ L/V \text{ bogie} &= && 0,53 \\ L/V \text{ longeron} &= && 0,67 \end{aligned}$$

7.2 Calculs - cas avec les joints à hauteur égale :

Barre d'attelage à l'horizontale, angle latéral maximum de 44,6 degrés

$$\begin{aligned} V \text{ bogie} &= \frac{1}{2} (260\ 000) = && 130\ 000 \text{ livres} \\ V \text{ longeron} &= && 65\ 000 \text{ livres} \\ L &= 135\ 000 \sin (44,6) = && 94\ 791 \text{ livres} \\ L/V \text{ bogie} &= && 0,73 \\ L/V \text{ longeron} &= && 1,06 \end{aligned}$$

7.3 Calculs - cas selon les conditions normales de conception :

Barre d'attelage à l'horizontale, angle latéral maximum de 30 degrés

$$\begin{aligned} V \text{ bogie} &= \frac{1}{2} (260\ 000) = && 130\ 000 \text{ livres} \\ V \text{ longeron} &= && 65\ 000 \text{ livres} \\ L &= 135\ 000 \sin (30) = && 67\ 500 \text{ livres} \\ L/V \text{ bogie} &= && 0,52 \\ L/V \text{ longeron} &= && 0,64 \end{aligned}$$

7.4 Calculs - cas avec un angle de barre d'attelage minimal :
Barre d'attelage à l'horizontale, angle latéral minimum de 28,4 degrés

V bogie = $\frac{1}{2}$ (260 000) =	130 000 livres
V longeron =	65 000 livres
L = 135 000 sin (28,4) =	64 391 livres
L/V bogie =	0,50
L/V longeron =	0,59