

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

**RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R10M0026**



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

**DU TRAIN DE MARCHANDISES N° 305-13
EXPLOITÉ PAR CAPE BRETON AND CENTRAL
NOVA SCOTIA RAILWAY
AU POINT MILLIAIRE 65,6 DE LA SUBDIVISION HOPEWELL
À AVONDALE (NOUVELLE-ÉCOSSE)
LE 13 JUIN 2010**

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a conduit une enquête à propos de cet incident dans le but d'améliorer la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles et pénales.

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement en voie principale

du train de marchandises n° 305-13
exploité par Cape Breton and Central
Nova Scotia Railway
au point milliaire 65,6 de la subdivision Hopewell
à Avondale (Nouvelle-Écosse)

le 13 juin 2010

Numéro de rapport R10M0026

Résumé

Le 13 juin 2010, à environ 13 h 59, heure avancée de l'Atlantique, un train de marchandises de la compagnie Cape Breton and Central Nova Scotia Railway (CBNS) se déplaçant vers l'ouest à 24 mi/h déraile, endommageant 15 wagons, dont 8 wagons-citernes (7 chargés de gaz de pétrole liquéfié et 1 de résidus de peroxyde d'hydrogène). Le déraillement a lieu au point milliaire 65,6 de la subdivision Hopewell de la CBNS, à proximité d'Avondale (Nouvelle-Écosse). Il n'y a ni blessures ni émission de matières dangereuses. Dix résidences sont évacuées et leurs habitants sont autorisés à rentrer chez eux environ 1 semaine plus tard. Le BST conduit une enquête sur le déraillement à la demande du gouvernement provincial.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 13 juin 2010, le train de marchandises de la compagnie Cape Breton and Central Nova Scotia Railway¹ (CBNS) n° 305-13 (le train) a quitté Port Hawkesbury, Nouvelle-Écosse, à destination de New Glasgow, Nouvelle-Écosse. Le train, propulsé par 5 locomotives, comprenait 62 wagons chargés et 10 wagons vides. Le poids et la longueur du train étaient respectivement d'environ 7760 tonnes et 4300 pieds.

L'équipe de train était constituée d'un chef de train et d'un mécanicien de locomotive. Les deux se trouvaient dans la cabine de la locomotive de tête. Ils étaient qualifiés pour leurs postes respectifs, répondaient aux normes d'aptitude au travail et de repos, et connaissaient bien la subdivision.

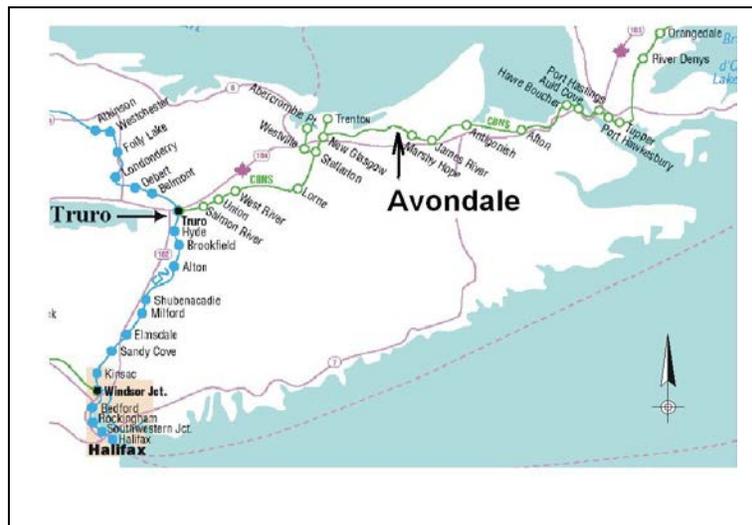


Figure 1. Plan du lieu du déraillement (source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

Le voyage au départ de Port Hawkesbury s'est déroulé sans incident jusqu'au point milliaire 65,6, près d'Avondale, dans le comté de Pictou (voir la figure 1). À 13 h 58 min 51 s², le train a déclenché un freinage d'urgence lorsqu'il se déplaçait à 24 mi/h, avec le manipulateur à la position 6, le long d'une courbe de 4° vers la gauche dans le sens de la marche (deuxième partie d'un double virage), lorsqu'il descendait le long d'un tronçon de voie dont la pente était d'environ 1 %. L'équipe de train a suivi les procédures d'urgence. Le chef de train a inspecté le train et a déterminé que le 44^e wagon à partir de la tête s'était détaché de ses bogies et que 14 autres (du 45^e au 58^e) avaient déraillé dans la courbe.

Les conditions météorologiques et la visibilité étaient bonnes, et la température était de 18°C.

¹ La CBNS est une société ferroviaire sous réglementation provinciale. Elle est une filiale de RailAmerica Inc., dont le siège social se trouve à Jacksonville, aux États-Unis.

² Toutes les heures sont indiquées en heures avancées de l'Atlantique (temps universel coordonné moins 3 heures).

Renseignements sur le lieu du déraillement

L'accident a eu lieu dans une zone rurale et a bloqué une ferme et un passage à niveau public, dont les signaux clignotants et la sonnerie ont été endommagés.

Environ 1350 pieds de voie ont été gravement endommagés ou détruits, dont un aiguillage qui conduisait à une voie adjacente à la voie principale.

Sept des wagons endommagés étaient des wagons-citernes chargés de gaz de pétrole liquéfié (GPL) (classe 2.1, n° ONU 1075) et 6 d'entre eux (wagons 45 à 50) ont basculé sur le côté et ont été gravement endommagés. Les wagons-citernes étaient dotés d'attelages à double garde³ qui réduisent au minimum le risque de détachement et de perforation du cylindre extérieur au cours d'un déraillement. Les trois bras d'attelage et la mâchoire d'attelage des wagons 45, 46 et 48 se sont brisés au cours de la séquence qui a suivi le déraillement. Les surfaces fragmentées des bras d'attelage laissaient apparaître des bulles de moulage.

L'autre wagon-citerne qui avait déraillé était un wagon à résidus dont le dernier chargement avait été du peroxyde d'hydrogène stabilisé (classe 5.1 (8), n° ONU 2015). Il reposait sur le côté et la tête de sa citerne avait été perforée (voir photo 1 – photo inférieure droite). Les autres wagons qui avaient déraillé étaient des wagons couverts chargés de produits du papier. Ils ont percuté les wagons qui avaient précédemment déraillé, se sont empilés et ont causé des dommages graves à l'équipement et à la voie.

³ Les attelages à double garde réduisent le risque de perforation des têtes de citerne sous l'effet de l'impact d'un attelage détaché et contribuent à réduire au minimum le risque de dommages aux citernes en maintenant les wagons moins inclinés par rapport à la verticale.



Photo 1. Des wagons qui ont déraillé. Dans la photo inférieure droite, la flèche indique l'emplacement de la perforation de la tête de citerne du wagon de résidus de peroxyde d'hydrogène.

Le lieu du déraillement a été étudié et les positions finales des wagons qui ont déraillé ont été déterminées (voir l'annexe A). Des marques de roue étaient visibles sur le haut du rail extérieur (nord), environ 40 à 50 pieds dans la courbe de raccordement de sortie de la courbe de 4°. Ces marques étaient visibles sur 400 pieds vers l'ouest, le long des traverses et du patin du rail nord, jusqu'à la zone où la voie a été détruite.

Marchandises dangereuses

Le GPL est un gaz liquéfié inflammable, sans couleur et sans odeur, dont les vapeurs sont plus lourdes que l'air. Il crée un risque d'incendie très dangereux lorsqu'il est exposé à une source d'inflammation, dont une décharge d'électricité statique. Tel quel, ou lorsqu'il se transforme en gaz, le GPL est un irritant qui peut blesser les yeux ou causer des gelures ou des problèmes respiratoires. Il est toxique pour le système nerveux central à haute concentration, et il peut être asphyxiant. En sa présence, des vêtements de protection des yeux et de la peau ainsi qu'un dispositif de protection du système respiratoire (comme un appareil respiratoire autonome) sont recommandés tant que la zone n'est pas déclarée sécuritaire après l'utilisation d'équipement spécialisé de détection de gaz.

Le peroxyde d'hydrogène est généralement utilisé comme agent oxydant de nombreux composés organiques et inorganiques. Il peut réagir avec de nombreux métaux courants et enflammer des matières combustibles. Le peroxyde d'hydrogène peut former des mélanges explosifs avec certaines substances organiques. De plus, il attaque les tissus humains et ses

vapeurs irritent les yeux et les membranes muqueuses. Le peroxyde d'hydrogène est plus lourd que l'eau, et il est miscible avec elle dans toutes les proportions. Des vêtements de protection des yeux et de la peau ainsi qu'un dispositif de protection du système respiratoire (comme un appareil respiratoire autonome) sont recommandés. Dans les environnements contrôlés, des combinaisons pare-éclaboussures qui protègent les mains et les bottes, ainsi que des écrans faciaux ou des respirateurs couvrant tout le visage, peuvent être utilisées.

Wagon-citerne – PROX 98433

Le 47^e wagon, PROX 98433, était le wagon-citerne ayant déraillé le plus à l'ouest et présentant des dommages importants aux organes de roulement. Le wagon s'est arrêté sur le côté, détaché de ses bogies, et obstruait le passage à niveau public au point milliaire 65,42. Les roues, le longeron de bogie de tête et le dessous présentaient de nombreuses marques de glissement et d'impact.

Le 4 juin 2010, le wagon PROX 98433 a été acheminé vers l'est, par la voie de la station de Moncton du CN, pour être utilisé comme wagon à résidus par la CBNS. PROX 98433 était un wagon-citerne chargé de GPL dont le poids total était d'environ 131 tonnes. Un examen de son certificat de construction (F-808812) et les spécifications figurant dans le registre de matériel ferroviaire UMLER ont indiqué ce qui suit :

Date de construction : 04-81	Longueur : 68 pieds
Capacité : 33 851 gallons	Poids à vide : 100 300 livres
Centre de gravité : 89,76 po	Poids brut sur rail : 263 000 livres
Spécification du réservoir : 112J340W	Type de bogie : Barber S-2 (3 11/16 po de course de ressort, D-5)

À chaque extrémité du wagon, l'épaisseur des cales du glisseur de caisse de droite était différente de celle des cales du glisseur de gauche. Les cales situées du côté gauche de l'extrémité B (BG) avaient une épaisseur d'environ $\frac{7}{8}$ po, tandis qu'aucune cale n'était présente du côté droit (BD) (voir la photo 2). La cale située du côté gauche de l'extrémité A (AG) était plus épaisse d'au moins $\frac{1}{4}$ po que celle située du côté droit de cette extrémité (AD).



Photo 2. Glisseurs de caisse à l'extrémité B du wagon PROX 98433 (photo de gauche - pas de cales à l'emplacement BD; photo de droite - cales d'environ $\frac{7}{8}$ po d'épaisseur à l'emplacement BG).

Une étude des données concernant le train a été conduite pour déterminer si la caisse du wagon était penchée ou déformée par torsion et, par conséquent, si elle ne transférait pas uniformément le poids aux roues. Même si un échantillon initial des données suggérait un tel état⁴, une étude plus poussée qui couvrait les années 2008 à 2010, période au cours de laquelle le wagon voyageait à vide et sous charge, n'a pas permis de conclure à un transfert inégal et soutenu du poids. Le propriétaire du wagon ne disposait d'aucun élément indiquant que le wagon PROX 98433 avait préalablement été impliqué dans un accident.

La surface verticale de la bague d'usure de la crapaudine du bogie de l'extrémité B présentait une usure anormale (voir la photo 3). La surface verticale du pivot de caisse avait été reconstituée au moyen d'une soudure épaisse. Les extrémités de la soudure n'ont pas été meulées de façon à reproduire le profil original selon les exigences de l'Association of American Railroads (AAR) et de PROCOR Limited (PROCOR), dont voici une traduction des énoncés :

Règle 60 - *Manuel de l'AAR (Field Manual of the AAR)* :

C. (1) Les surfaces de frottement des crapaudines usées peuvent être reconstituées par soudure, puis usinées ou meulées jusqu'à l'obtention d'un profil lisse approprié [...]

Dans le *Manuel des normes et des pratiques recommandées (Manual of Standards and Recommended Practices)* de l'AAR, à la section concernant les pivots de caisse (*Body Center Plates*) :

(b) L'amplitude des ondulations de la surface portante d'un pivot en contact avec la caisse du wagon et le bogie ne doit pas dépasser 250 micropouces [...]

Norme de réparation RES-076 de PROCOR, Réparation ou remplacement de pivots (*Repair or Replacement of Center Plates*) :

V (B) 1(d) [...] meuler ou usiner la zone pour obtenir le profil original.

La rotation libre du pivot de caisse dans la crapaudine du bogie est essentielle pour que le véhicule puisse subir des contraintes latérales dynamiques. Si la rotation est bloquée ou contrainte, le bogie ne peut pas suivre librement une voie courbée. La rotation forcée conduit à une force latérale élevée et à un grand angle d'attaque.

⁴ Une étude des données disponibles d'avril 2010 provenant des détecteurs de charge d'impact de roue, lorsque le wagon voyageait à vide de l'Ontario vers la Nouvelle-Écosse, a suggéré que les impacts des roues de droite du wagon étaient supérieurs d'environ mille livres à ceux des roues de gauche lorsque l'extrémité B du wagon était en position de tête. Dans le cas actuellement considéré, le wagon était chargé.



Photo 3. État des pivots sur le wagon PROX 98433 - Surface verticale reconstruite au moyen d'une soudure (photos supérieures droite et gauche); gougeage de la bague d'usure de la crapaudine du bogie à l'emplacement correspondant (photo inférieure gauche); et marques brillantes autour de la plaque d'assise (flèches) dues au contact avec la crapaudine du bogie (photo inférieure droite).

L'historique de réparation du wagon a montré que le travail sur le pivot de caisse avait été effectué à l'atelier de réparation de PROCOR à Sarnia, en Ontario, en août 2006. Aucune réparation exigeant la séparation du bogie n'a été relevée depuis cette date. Entre la date de la réparation et celle de l'accident, le wagon a parcouru environ 45 000 milles.

Un examen des dossiers de réparation de PROCOR a permis de déterminer que les surfaces verticales des pivots de caisse de 27 autres wagons avaient été reconstruites avec de la soudure. Toutes les réparations ont eu lieu à Sarnia. Chez PROCOR, les pivots sont parfois réparés par soudage lorsque leur géométrie n'est pas standard.

Inspection des wagons-citernes qui transportaient des matières dangereuses

La section 7.1 (a) du document de l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC), intitulé *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* et approuvé par Transports Canada (TC), énonce ce qui suit :

Les wagons-citernes à charger d'une marchandise dangereuse ou les wagons à charger d'explosifs doivent, avant leur chargement, faire l'objet d'une vérification de sécurité dans le lieu le plus proche, dans le sens du mouvement, désigné à cette fin.

Les wagons-citernes chargés de GPL et en cause dans le déraillement ont été échangés à Truro, en Nouvelle-Écosse, où le CN en a transmis le contrôle à la CBNS, pour être chargés à Port Hawkesbury. Ils n'ont pas fait l'objet d'une inspection de sécurité, par un inspecteur accrédité de matériel remorqué, entre Truro et Port Hawkesbury. De plus, seulement un des wagons-citernes a fait l'objet d'un examen préalable au placement, tel qu'il est indiqué dans le *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* (TC O-0-6.1-25 October 1994). Leurs plus récentes inspections de sécurité par un inspecteur accrédité de matériel remorqué ont été les suivantes :

Position	Numéro de wagon	Chargé/vide	Lieu d'inspection	Date
44	PROX 32703	Vide	Montréal (Québec)	3 juin 2010
45	PROX 29193	Vide	Montréal (Québec)	3 juin 2010
46	GATX 9436	Vide	Moncton (Nouveau-Brunswick)	6 juin 2010
47	PROX 98433	Vide	Joffre (Québec)	2 juin 2010
48	PROX 33686	Vide	Toronto (Ontario)	6 juin 2010
49	GATX 9698	Vide	Melville (Saskatchewan)	29 mai 2010
50	PROX 32990	Vide	Toronto (Ontario)	6 juin 2010

Le jour de l'événement, avant le départ, l'équipage du train a inspecté les wagons chargés de GPL pour déceler d'éventuelles conditions dangereuses décrites dans l'annexe 1 du *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* (*Inspection au ramassage par quelqu'un d'autre qu'un inspecteur accrédité de matériel remorqué*). Aucun défaut n'a été relevé au cours de cette inspection. Entre Port Hawkesbury et Avondale, le train est passé par un site d'inspection en bordure de voie au point milliaire 89,5. Aucune alarme n'a été générée.

Renseignements sur la subdivision et la voie

La subdivision Hopewell, constituée d'une voie principale unique, s'étend de Truro (point milliaire 2,3), à Havre Boucher, Nouvelle-Écosse (point milliaire 116,2). Les mouvements de train sont contrôlés par le système de régulation de l'occupation de la voie, dans le respect du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et sous la supervision d'un contrôleur de la circulation ferroviaire situé à North Bay, Ontario. La voie est classée comme une voie de catégorie 3 en vertu du *Règlement concernant la sécurité de la voie*. La vitesse autorisée entre les points milliaires 38,5 et 66,0 était de 35 mi/h. Cependant, une limitation de vitesse temporaire à 25 mi/h était en vigueur à cause de l'état des traverses sur un pont ferroviaire en bois situé au point milliaire 65,9.

Dans la zone du déraillement, la structure de la voie était constituée d'une combinaison de rails assemblés et de longs rails soudés. Les rails étaient des Sydney RE de 115 livres posés sur des selles à double épaulement et fixés au moyen de 3 crampons par traverse. La voie avait environ 2980 traverses en bois dur par mille. Une traverse sur 3 était encadrée d'anticheminants. Le ballast, qui était principalement constitué de pierres concassées, était en bon état et ne présentait aucun signe d'obstruction. Les cases étaient ballastées et la largeur des banquettes était d'environ 12 po. Aucun graisseur de rail n'était⁵ utilisé dans la zone, et la réglementation ne l'exige pas.

⁵ Le graissage des rails est une méthode d'entretien que certaines compagnies ferroviaires utilisent pour réduire la consommation de carburant et l'usure des rails.

Inspections de la voie

La dernière inspection de la voie principale avait été effectuée visuellement, le 11 juin 2010, par un employé du service d'entretien de la voie à bord d'un véhicule rail-route, comme prescrit par le *Règlement concernant la sécurité de la voie*. La voie a été vérifiée annuellement en vue de détecter des défauts de rail et de géométrie. La voie a été soumise à un contrôle par ultrasons le 28 avril 2010. Une vérification de la géométrie de la voie a été effectuée le 18 août 2009. Le profil des rails a été mesuré au laser. Aucune condition exceptionnelle n'a été relevée dans la zone du déraillement au cours de ces inspections.

La voie principale a été inspectée par un agent de sécurité de TC entre le 15 et le 24 juin 2009. Aucun défaut n'a été remarqué dans la zone du déraillement.

Usure des rails

La courbe de déraillement de 4° présentait un dévers maximal de 3 po ⁷/₈, qui correspondait à une vitesse d'équilibre d'environ⁶ 37 mi/h. À la vitesse à laquelle le train se déplaçait (24 mi/h), le dévers équilibré aurait été de 1.5 po. Le dévers non équilibré était donc de 2 po ³/₈, une valeur comprise dans les limites permises.

Les notices techniques de la CBNS concernant l'inspection et l'entretien de la voie sont semblables à celles des compagnies ferroviaires canadiennes de classe 1. Une notice technique stipule que, pour les rails de 115 livres, les limites d'usure verticale sont de 8 mm lorsque les rails sont assemblés et de 16 mm lorsqu'ils sont soudés. Lorsque ces limites sont atteintes, il faut considérer le remplacement des rails. Pour les rails assemblés, au-delà de la limite de 8 mm, des éclisses à profil bas sont requises pour éviter tout contact entre le boudin des roues et les éclisses.

Des mesures de nivellement transversal et d'écartement ont été prises après l'accident en 15 points (séparés de 15 pi et 6 po) situés à l'est du point de déraillement (voir l'annexe B). L'examen du rail a révélé que le champignon du rail était aplati et usé. L'usure totale (c'est-à-dire, la somme des usures verticale et latérale du champignon) était de 12 mm pour le rail haut (nord) et de 19 mm (usure verticale du champignon seulement) sur certaines parties du rail bas (sud) de la courbe du déraillement (voir les photos 4 et 5).

⁶ La vitesse d'équilibre est définie comme la vitesse à laquelle la combinaison de la courbure et du dévers compense exactement l'accélération centrifuge.



Photo 4. Vue du point de déraillement. Les flèches indiquent les endroits où le rail était aplati.



Photo 5. Coupes transversales du rail sud dans la courbe du déraillement.

Le rail éclissé le plus proche se trouvait 820 pieds à l'est du point de déraillement. Plusieurs des éclisses examinées entre les points milliaires 65,6 et 65,9 présentaient des marques de contact avec des boudins de roue à cause de l'usure élevée du champignon (voir la photo 6).

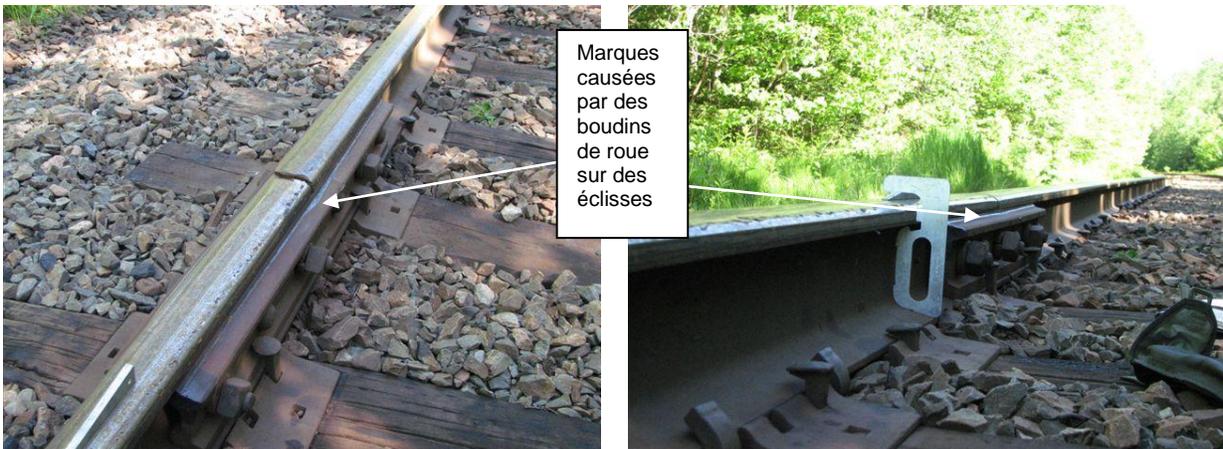


Photo 6. Marques causées par des boudins de roue sur une éclisse.

Intervention en cas d'urgence

Le personnel d'intervention urgente présent sur le site de l'événement comprenait des personnes dépêchées par la Gendarmerie royale du Canada (GRC), le service d'incendie de Barney's River, la Bible Hill Special Hazards Response Unit, l'équipe d'intervention d'urgence spécialisée dans le gaz de pétrole liquéfié (de RST Industries, Saint John) et des représentants de la CBNS. Comme le Guide des mesures d'urgence recommandait une zone d'isolement de 800 mètres qui s'étendait au-delà du domaine du chemin de fer, le plan d'intervention de l'organisation régionale locale des mesures d'urgence a été mis en œuvre.

Au nombre des autres organismes qui sont intervenus se trouvaient l'Association des chemins de fer du Canada, les services des marchandises dangereuses de TC, Canutec, Environnement Canada, le ministère de l'Environnement et du Travail de la province, et d'autres représentants municipaux, provinciaux et fédéraux. Les responsables ont régulièrement conduit des séances d'information multiorganismes et des plans d'action ont été établis et distribués. L'intervention d'urgence a été bien coordonnée et exécutée.

Simulation fondée sur un modèle de wagon-citerne

Le Laboratoire du BST a analysé le wagon-citerne PROX 98433 au moyen d'une simulation fondée sur un modèle dynamique de train⁷ pour déterminer le comportement du wagon dans la courbe de déraillement en tenant compte de la rotation contrainte du pivot, de hauteurs potentiellement différentes des glissoirs et du dévers d'équilibrage. L'analyse a permis de conclure ce qui suit :

- La rotation contrainte du pivot a contribué à l'augmentation de la force latérale et a augmenté l'angle d'attaque du bogie.
- Le dévers non équilibré de 2 po 3/8 aurait pu déplacer le centre de gravité vers l'intérieur de la courbe et contribué à la baisse de charge verticale du rail haut.
- Des hauteurs différentes des glissoirs auraient pu augmenter l'effet de déchargement du rail haut, la force latérale et l'angle d'attaque. Les effets de ces augmentations pourraient être moins importants que ceux des autres facteurs.

Analyse

La conduite du train a été effectuée dans le respect de toutes les exigences réglementaires et de la compagnie et n'est pas en cause dans l'accident. L'analyse se concentrera sur l'état du wagon PROX 98433 et sur sa contribution à l'accident, sur la voie et sur les pratiques de réparation et d'inspection connexes.

L'accident

Les nombreuses marques observées sur les roues, les longerons de bogie, le châssis et le dessous de la caisse du wagon PROX 98433 indiquent que celui-ci a parcouru une distance considérable après le déraillement, et qu'il est alors entré en contact avec des éléments de la voie. Comme les marques de route observées du côté nord de la voie ont été causées par un bogie unique, et que le bogie de tête du wagon PROX 98433 était le seul dont les dommages étaient conformes à ceux d'un bogie ayant déraillé vers le nord, nous concluons que le wagon PROX 98433 a été le premier à dérailler. Les marques de roue observées sur le dessus et l'intérieur du rail, au point de déraillement (PDD), montrent que le bogie de tête est monté sur le rail et a ensuite déraillé, endommageant la voie et provoquant le déraillement des autres wagons.

⁷ La CBNS a engagé Rail Science Inc. (RSI) pour conduire une simulation dynamique de véhicule/voie au moyen du logiciel Vampire™. Le BST a utilisé les résultats pour faire une analyse plus poussée.

L'analyse du wagon-citerne PROX 98433 que le Laboratoire du BST a effectuée pour déterminer le comportement de ce wagon dans la courbe de déraillement a révélé que la rotation contrainte du pivot et le dévers non équilibré ont augmenté la force latérale, l'angle d'attaque et la baisse de la charge verticale du rail haut. L'augmentation de l'angle d'attaque des roues peut provoquer un déraillement par soulèvement de roue à de faibles valeurs du rapport de la charge latérale sur la charge verticale, particulièrement lorsque le rail est sec/non graissé. Le soulèvement de la roue a eu lieu à cause de la rigidité du bogie, qui a augmenté les forces latérales. Les forces verticales réduites appliquées au rail haut non graissé lorsque le train se déplaçait à une vitesse inférieure à la vitesse d'équilibre ont également contribué au soulèvement de la roue.

Effet de la rotation contrainte du pivot

Les réparations des pivots de caisse du wagon-citerne PROX 98433 par ajout de soudure aux surfaces verticales usées étaient permises par les règles de l'AAR et de PROCOR. Cependant, la procédure d'usinage ou de meulage des soudures visant à les lisser de façon à obtenir le profil original n'a pas été suivie. Comme la soudure était plus dure que la crapaudine du bogie, les forces ordinaires s'exerçant sur le train ont progressivement conduit à la formation de rainures d'usure sur les parois verticales de la crapaudine du bogie. Tout écart par rapport à une forme cylindrique peut contraindre la rotation du pivot dans la crapaudine correspondante, conduisant ainsi à une augmentation des forces latérales et de l'angle d'attaque dans les tronçons de voie courbés.

Effet du dévers d'équilibrage

À cause de la limitation de vitesse imposée par le pont en bois, le train a négocié la courbe à une vitesse inférieure à celle pour laquelle la voie a été originalement conçue. Lorsqu'un dévers non équilibré dû à une vitesse inférieure à la vitesse d'équilibre apparaît, un transfert de charge a lieu du rail haut vers le rail bas. Autrement dit, comme le train se déplaçait à une vitesse inférieure à la vitesse d'équilibre, la charge verticale du rail haut a diminué lorsque le wagon a négocié la courbe. En outre, la position du point de déraillement dans la courbe de raccordement de sortie a accentué la baisse de la charge verticale du rail haut. À cause du gauchissement de la voie dans les courbes de raccordement (c'est-à-dire, la différence de dévers entre le bogie de tête et le bogie arrière), les wagons-citernes sont susceptibles de déséquilibrer la charge des roues dans ces courbes parce qu'ils résistent à la torsion. Même si le dévers non équilibré respectait les normes de sécurité et la vitesse du train figurait dans les limites permises, la lenteur du train a contribué à l'effet de décharge verticale du rail haut à l'endroit où le soulèvement de roue a eu lieu.

Bras d'attelage brisés

Les bras d'attelages des wagons 45, 46 et 48 étaient brisés. Les bras de ces attelages à double garde se sont brisés, et les wagons-citernes se sont renversés et ont subi des dommages supplémentaires. La séparation réduit la protection que les attelages à double garde assurent contre la perforation des têtes de citerne.

Bien que les défaillances des 3 bras d'attelage n'aient pas été considérées comme des facteurs ayant contribué à cet accident, certains des moulages contenaient des bulles. Une porosité élevée des attelages moulés augmente la probabilité de séparation des wagons des trains et crée un risque de sécurité ferroviaire, en particulier lorsqu'ils transportent des matières dangereuses.

Inspection de sécurité des wagons qui transportaient des marchandises dangereuses

Seulement un des wagons-citernes en cause dans le déraillement a fait l'objet d'une inspection de sécurité par un inspecteur accrédité de matériel remorqué, au lieu désigné pour les vérifications de sécurité le plus proche dans le sens de la marche, avant d'être placés pour le chargement, comme l'exige le *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises*. Un wagon-citerne contenant du GPL avait fait l'objet d'une dernière inspection de sécurité à Melville, en Saskatchewan, à plus de 2500 milles du point de chargement. Lorsqu'une inspection de sécurité minutieuse des wagons-citernes contenant des matières dangereuses n'est pas conduite avant le placement de ces wagons pour chargement, des problèmes de sécurité peuvent passer inaperçus, augmentant le risque de sécurité ferroviaire.

Les inspections de sécurité des wagons sont importantes pour repérer les composants, comme les roues, les attelages, les appareils de choc et de traction et les organes de roulement, qui sont défectueux ou usés jusqu'au point où ils sont devenus inutilisables. Cependant, l'état de certains composants mécaniques ne peut être évalué par des inspections visuelles conduites lorsque les wagons sont à l'arrêt dans une zone de triage. Dans ce cas, l'inspecteur accrédité de matériel remorqué ne pouvait pas voir les surfaces de contact des pivots de caisse du wagon et de la crapaudine des bogies, car le wagon reposait sur ses bogies. Par conséquent, l'inspecteur accrédité de matériel remorqué n'aurait pas pu repérer les soudures défectueuses et déterminer l'état d'usure des éléments des pivots de caisse du wagon-citerne au cours de l'inspection de sécurité. Les problèmes de cette nature ne peuvent être détectés que lorsque le wagon-citerne se trouve sur une voie d'atelier avec ses bogies retirés.

Depuis 2006, le wagon PROX 98433 n'a eu, en cours d'exploitation, aucun problème qui aurait exigé des travaux de réparation en voie d'atelier et le retrait des bogies. Par conséquent, l'état des pivots de caisse soudés n'a pas été détecté.

Usure excessive du rail

Du fait de l'usure prononcée du champignon du rail, les boudins des roues frappaient certaines éclisses à l'est du point de déraillement. Même si ces marques étaient clairement visibles, elles sont passées inaperçues au cours des inspections et aucune mesure corrective n'a été prise. Les limites d'usure verticale des rails et les éclisses à profil bas visent à éviter l'application de telles forces aussi intenses. Lorsque l'usure du champignon d'un rail de 115 livres dépasse 8 mm et que des éclisses à profil bas ne sont pas utilisées, les éclisses peuvent être frappées par les boudins de roue et le rail peut être endommagé, ce qui augmente le risque de déraillement.

Bien que la CBNS ait défini des limites d'usure verticale des rails au-delà desquelles le retrait des rails concernés doit être considéré, ces limites étaient dépassées par certains tronçons de rail dans la zone du déraillement. Comme l'usure des rails conduit à une augmentation des

contraintes auxquels ils sont soumis et réduit leur résistance à la fatigue, les rails usés sont plus susceptibles que les autres de développer et de propager des fissures qui créent un risque de déraillement.

Des inspections de la géométrie de la voie ont été conduites par la CBNS et TC. Cependant, l'usure excessive du champignon du rail n'a pas été détectée et des mesures correctives n'ont pas été prises. L'usure des rails est généralement mesurée avec précision par la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie qu'utilise la CBNS. Cependant, à cause de l'usure et de la déformation considérables du champignon du rail, un profil correct n'a pas été enregistré à l'endroit considéré et les équipes d'entretien n'ont pas été informées de la gravité du problème (voir la figure 2).

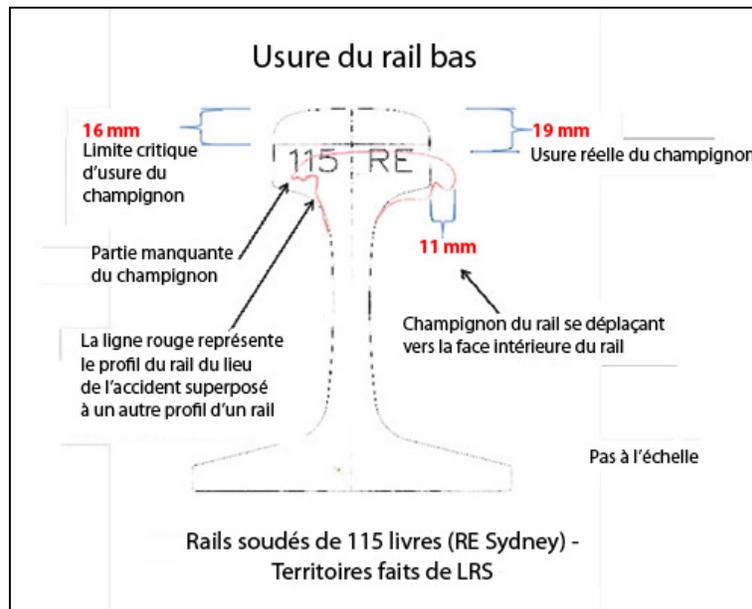


Figure 2. Schéma illustrant l'usure du rail bas (sud, ligne rouge), superposé au profil normal d'un rail de 115 livres.

La compagnie ferroviaire s'est appuyée sur une technologie de ce type pour déterminer les zones à problème et y concentrer ses efforts d'entretien. Les données obtenues grâce à l'inspection de la géométrie de la voie ne sont pas suffisantes pour repérer les rails usés au point de créer un risque de sécurité ferroviaire. Ces données doivent être combinées à des inspections visuelles détaillées et étendues de voie. De nombreuses compagnies ferroviaires se fient de plus en plus aux technologies d'inspection de la géométrie de la voie pour concentrer leurs efforts en matière d'entretien. Cependant, certaines d'entre elles pourraient ne pas être conscientes des limitations inhérentes à leur utilisation pour repérer les rails usés au point de créer des risques ferroviaires.

Le rapport suivant du Laboratoire du BST a été produit :

LP 166/2010 - *Analysis of Derailed Car PROX 98433 (Analyse du wagon PROX 98433 qui a déraillé)*

On peut obtenir ce rapport en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le train a déraillé lorsque le bogie de tête du wagon-citerne PROX 98433 est monté sur le rail haut, lors de la négociation d'une courbe, à cause de la rigidité du bogie, qui a augmenté les forces latérales.
2. Les forces verticales réduites appliquées au rail haut non graissé lorsque le train se déplaçait à une vitesse inférieure à la vitesse d'équilibre ont également contribué au soulèvement de la roue.
3. La condition de bogie rigide a été établie lorsque les soudures du pivot de caisse du wagon-citerne PROX 98433 n'ont pas été usinées ou meulées de façon à rendre lisses au cours de la réparation de 2006.

Faits établis quant aux risques

1. Une porosité élevée des attelages moulés augmente la probabilité de séparation des wagons des trains et crée un risque de sécurité ferroviaire.
2. Lorsqu'une inspection de sécurité minutieuse des wagons-citernes contenant des matières dangereuses n'est pas effectuée avant le placement de ces wagons pour chargement, des problèmes de sécurité peuvent passer inaperçus, augmentant ainsi le risque de sécurité ferroviaire.
3. Les wagons en service dont les bogies sont soumis à des contraintes excessives peuvent demeurer non détectés et imposer des charges latérales élevées sur la voie ferrée, ce qui accroît le risque de déraillement.
4. Comme l'usure des rails conduit à une augmentation des contraintes auxquels ils sont soumis et réduit leur résistance à la fatigue, les rails usés sont plus susceptibles que les autres de développer et de propager des fissures qui créent un risque de déraillement.
5. Lorsque l'usure du champignon d'un rail de 115 livres dépasse 8 mm et que des éclisses à profil bas ne sont pas utilisées, les éclisses peuvent être frappées par les boudins de roue et le rail peut être endommagé, ce qui augmente le risque de déraillement.

Mesures de sécurité prises

Le 22 septembre 2010, le BST a émis une lettre d'information sur la sécurité ferroviaire (RSI-05/10) intitulée *Rail Wear and Non-use of High-Clearance Joint Bars (Usure des rails et non-utilisation d'éclisses à profil bas)*. La lettre renvoyait à des mesures de sécurité imposées par le BST concernant l'utilisation de rails assemblés au champignon usé au-delà des limites permises sans éclisses à profil bas. Comme une éclisse frappée par du matériel en mouvement peut brusquement se fracturer ou fracturer un boudin, la lettre RSI-05/10 indiquait que Transports Canada (TC) et l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC) devraient fournir aux autres compagnies ferroviaires des renseignements concernant les procédures d'inspection et de remplacement de rail usé ainsi que l'utilisation d'éclisses à profil bas dans les zones où l'usure du champignon du rail dépasse les limites permises et conduit à des contacts entre les boudins de roue et les éclisses standard.

De plus, le 22 septembre 2010, le BST a émis un avis de sécurité ferroviaire (RSA-03/10) intitulé *Reliability of Rail Profiles Measured by Geometry Cars (Fiabilité des profils de rail mesurés par les voitures de contrôle de l'état géométrique de la voie)*. L'avis indiquait que, du moins dans la situation actuellement considérée, les données fournies par une voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie n'étaient pas suffisantes pour repérer les rails usés au point de créer un risque de sécurité ferroviaire. La lettre indiquait également que ces données doivent être combinées à des inspections de voie détaillées et étendues.

En octobre 2010, TC a répondu en disant que le *Règlement concernant la sécurité de la voie* est en cours d'études en vue de modifications possibles, en particulier concernant l'usure des rails. TC a aussi indiqué que les problèmes potentiels liés à la fiabilité des profils de rail mesurés par les voitures de contrôle de l'état géométrique de la voie feront l'objet d'un suivi auprès des compagnies ferroviaires.

La province de Nouvelle-Écosse a transmis la lettre d'information et l'avis sur la sécurité ferroviaire du BST à la Cape Breton and Central Nova Scotia Railway (CBNS) pour qu'elle les considère. La CBNS a indiqué qu'elle a remplacé 80 % des 576 éclisses de sa voie dans le cadre de son programme de remplacement des rails et qu'elle a instauré l'utilisation d'éclisses à profil bas à certains endroits. Une voiture d'inspection des rails a été louée en juin 2011. Tous les rails défectueux que la voiture a permis de repérer ont été remplacés. De plus, un programme d'entretien annuel a été élaboré pour permettre l'identification, l'évaluation et le remplacement proactifs des rails. Toute la voie principale est inspectée deux fois par semaine.

Le 20 octobre 2011, le BST a publié une autre lettre d'information sur la sécurité ferroviaire (RSI-12/11), intitulée *Safety Inspection of Dangerous Goods Cars (Inspection de sécurité des wagons chargés de marchandises dangereuses)*. Selon la lettre, bien qu'un document de la CBNS ait indiqué que les wagons vides ayant transporté des marchandises dangereuses et ayant été échangés à la CBNS à Truro devaient faire l'objet d'une inspection de sécurité à Moncton, 6 des 7 wagons en cause (tous chargés de gaz de pétrole liquéfié à partir des lignes de gaz de la CBNS) n'ont pas été inspectés. Rien n'indique que les sociétés de chemin de fer ont entrepris ces inspections essentielles avant de placer les wagons pour chargement. Selon la lettre d'information sur la sécurité ferroviaire, vu le nombre de wagons-citernes qui ne font pas l'objet d'une inspection

aux termes du *Règlement sur la sécurité des wagons*, il se peut que l'on ne mette pas suffisamment d'accent sur les obligations relatives à l'inspection.

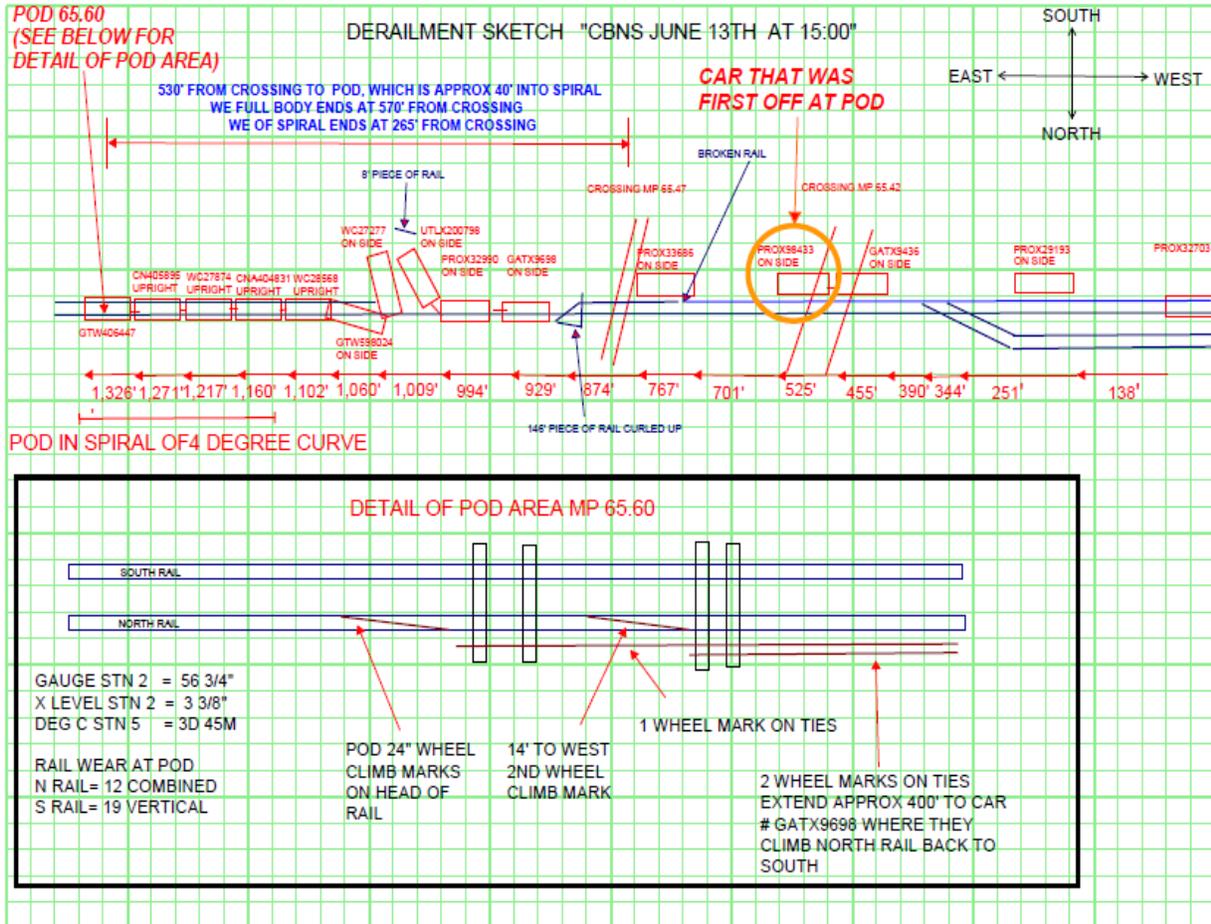
PROCOR a examiné le rendement des bogies des 27 wagons identifiés au moyen d'alertes du système EHMS (*Equipment Health Management System*). Le système EHMS comprend un utilitaire qui indique le rendement des bogies lorsqu'ils passent dans les courbes, comme mesuré par les méthodes GSF (force d'écartement des rails) et LAHRLV (rapport de la charge latérale sur la charge verticale de la roue externe de l'essieu de tête). À ce jour, aucun des 27 wagons identifiés n'a fait l'objet d'une alerte W (avertissement) ou C (inutilisable). PROCOR a aussi lancé un programme de passage en atelier et inspecte progressivement tous ces wagons. Aucun état semblable à celui du wagon PROX 98433 n'a été observé. En outre, PROCOR a passé en revue les procédures de réparation appropriées avec son personnel d'atelier.

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 18 octobre 2011.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web (www.bst-tsb.gc.ca). Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A – Schéma illustrant les positions approximatives des wagons qui ont déraillé (source : CBNS)

(Ce document n'existe pas en français.)



Annexe B – Mesures de voie après l'accident

N° de point de mesure (15 pi 6 po)	Flèche d'alignement (corde de 62 pi)	Écartement	Écartement en charge	Niveaux X sans charge	Niveau X en charge
PDD					
1		57	57		3 5/8
2		57	56 5/8	3 3/8	3 1/4
3		56 1/2	56 9/16	3 7/16	3 1/2
4		56 7/8	56 15/16	3 3/16	3 3/8
5	3D45M	56 1/2	56 3/4	3 3/16	3 1/4
6	3D45M	56 5/8	56 7/8	3 7/8	3 13/16
7	4D	56 1/2	56 7/8	3 3/8	3 3/8
8	4D	56 1/2	56 3/4	3 3/8	3 3/8
9	4D	56 1/2	56 3/4	3 3/8	3 1/4
10	3D45M	56 3/8	56 1/2	3 3/8	3 7/16
11	4D	56 3/8	56 1/2	3 3/8	3 3/8
12	4D	56 5/8	56 3/4	3 5/16	3 5/16
13	4D	56 1/2	56 3/4	3 1/2	3 1/2
14	3D30M	56 5/8	56 3/4	3 1/2	3 9/16
15	4D	56 1/2	56 3/4	3 1/2	3 1/2
Remarque	Le rail a légèrement tourné à cause du déraillement à partir du point de mesure 1.				