



**RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R12E0008**



**DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE
DU TRAIN DE MARCHANDISES M30141-20
DU CHEMIN DE FER CANADIEN NATIONAL
AU POINT MILLIAIRE 149,21 DE LA SUBDIVISION
WAINWRIGHT
FABYAN (ALBERTA)
LE 21 JANVIER 2012**

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but d'améliorer 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 de marchandises M30141-20
du Chemin de fer Canadien National
au point milliaire 149,21 de la subdivision
Wainwright
à Fabyan (Alberta)
le 21 janvier 2012

Rapport numéro R12E0008

Sommaire

Le 21 janvier 2012, à 16 h 17, heure normale des Rocheuses, le train de marchandises M30141-20 de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (Canadien National) roulant vers l'ouest de Wainwright (Alberta) à Edmonton (Alberta) déraile : 31 wagons quittent les rails à l'extrémité est du pont de Fabyan (point milliaire 149,21) sur la subdivision Wainwright, près de Fabyan (Alberta). Les wagons déraillés étaient chargés de céréales; 17 sont tombés du pont sur le côté nord, endommageant plusieurs jambes de pylône et des membrures de contreventement en acier. La voie a été détruite sur une distance d'environ 1760 pieds. Il n'y a pas eu de blessés.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 21 janvier 2012, vers 16 h¹, le train de marchandises M30141-20 (le train) du Canadien National (CN) quitte Wainwright (Alberta), au point milliaire 140,0 de la subdivision Wainwright, à destination d'Edmonton (Alberta) au point milliaire 263,3. Le train conventionnel est propulsé par 2 locomotives : la CN 5734, un modèle EMD SD75 de 4300 horse-power (hp) à 6 essieux, et la CN 2156, un modèle GE Dash 8-40CW de 4135 hp à 6 essieux. Les 2 locomotives étaient dotées d'un frein rhéostatique (FR) à effet prolongé. Les locomotives tractaient 137 wagons : 87 chargés, 19 vides et 31 wagons de résidus. Le train pesait 12 724 tonnes et mesurait 8228 pieds de long.

Le train avait son point d'origine au triage Symington de Winnipeg, qu'il avait quitté le 20 janvier 2012 après avoir subi un essai de frein n° 1². Le 21 janvier 2012, 74 wagons chargés de céréales sont ajoutés au train à Saskatoon (Saskatchewan), puis le train est soumis à un essai de frein et inspecté. Le train est à nouveau contrôlé en cours de route par des détecteurs de boîtes chaudes et de pièces traînantes (DBC) à Dunn (point milliaire 119,4) et à Greenshields (point milliaire 132,5) avant d'atteindre Wainwright; aucune anomalie n'a été relevée.

Peu après son départ de Wainwright, le train atteint le sommet de la rampe au point milliaire 143,5 et commence sa descente en direction du pont de Fabyan (Figure 1). Le FR a été utilisé pour limiter la vitesse du train pendant la descente de la pente de 0,4 %. La vitesse du train a été maintenue à 38 mi/h à son approche de l'ordre permanent de limitation de vitesse de 40 mi/h en vigueur entre les points milliaires 147,5 et 150,2. Juste avant l'approche est du pont de Fabyan, la voie ferrée comporte une courbe de 4° vers la droite. À cet endroit, pour les trains se dirigeant vers l'ouest, la pente de la voie devient une rampe (point le plus bas de la dépression verticale dans la voie).

Le FR a été desserré à 16 h 16 min 18 s, et le modérateur placé à la position de ralenti juste au moment où l'avant du train a atteint le pont et a commencé sa montée. Le passage du FR au modérateur s'est fait en douceur, et aucune secousse ni résistance inhabituelle n'a été signalée. Le modérateur a été avancé à la position 1 à 16 h 16 min 27 s, puis porté au cran de marche maximal (position 8) au cours des 38 secondes suivantes. À 16 h 17 min 09 s, roulant à 41 mi/h, le train a subi un freinage d'urgence provenant de la conduite générale. L'équipe a regardé vers l'arrière et a constaté que des wagons déraillés tombaient en bas du pont. Les locomotives et une partie du train ont traversé le pont, pour ensuite s'arrêter à 16 h 17 min 41 s.

¹ Les heures sont exprimées en heure normale des Rocheuses (temps universel coordonné moins 7 heures).

² Un essai de frein n° 1 est effectué par un inspecteur accrédité de matériel remorqué lorsqu'un train est formé dans un lieu désigné pour les vérifications de sécurité et à de tels lieux désignés pour un train particulier. La pression dans le circuit de frein à air, mesurée à l'arrière du train, doit être à moins de 15 livres par pouce carré (lb/po²) de la pression normale dans la conduite générale. On effectue alors un serrage à fond des freins du train, et on vérifie que les freins sont serrés sur tous les wagons. Ensuite, les freins sont desserrés, le circuit réalimenté et tous les wagons inspectés pour confirmer le desserrage.

Après avoir lancé les appels d'urgence nécessaires et informé le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF), le mécanicien de locomotive et le chef de train sont revenus à pied sur le pont pour évaluer la situation. Trente et un wagons chargés de céréales avaient déraillé (du 35^e au 65^e wagon). Dix-sept d'entre eux étaient tombés en bas du pont, sur le côté nord. Il n'y a pas eu de blessés.

Au moment de l'accident, il faisait -25 °C, et le ciel était surtout dégagé.

Renseignements sur la subdivision

La subdivision Wainwright fait partie de la ligne principale transcontinentale du CN; elle s'étend de Biggar (Saskatchewan), point milliaire 0,0, à North Edmonton, point milliaire 264,7. Les mouvements de train y sont régis par le système de commande centralisée de la circulation (CCC), autorisé par le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REFC)*, et ces mouvements sont supervisés par un CCF en poste à Edmonton. La vitesse admissible pour les trains de marchandises dans ce secteur est de 40 mi/h; il s'agit donc d'une voie de catégorie 3 au sens du *Règlement sur la sécurité ferroviaire*.

Renseignements sur l'équipe

L'équipe, formée d'un mécanicien de locomotive, d'un mécanicien stagiaire et d'un chef de train, a pris les commandes du train à Wainwright. Les membres de l'équipe étaient qualifiés pour leur poste respectif et répondaient aux normes de la compagnie et aux normes réglementaires en matière de condition physique et de repos. Le mécanicien stagiaire, qui se trouvait aux commandes du train, connaissait bien la subdivision Wainwright et les exigences liées à la conduite du train à l'approche du pont de Fabyan. Il avait travaillé environ 10 fois sur cette subdivision.

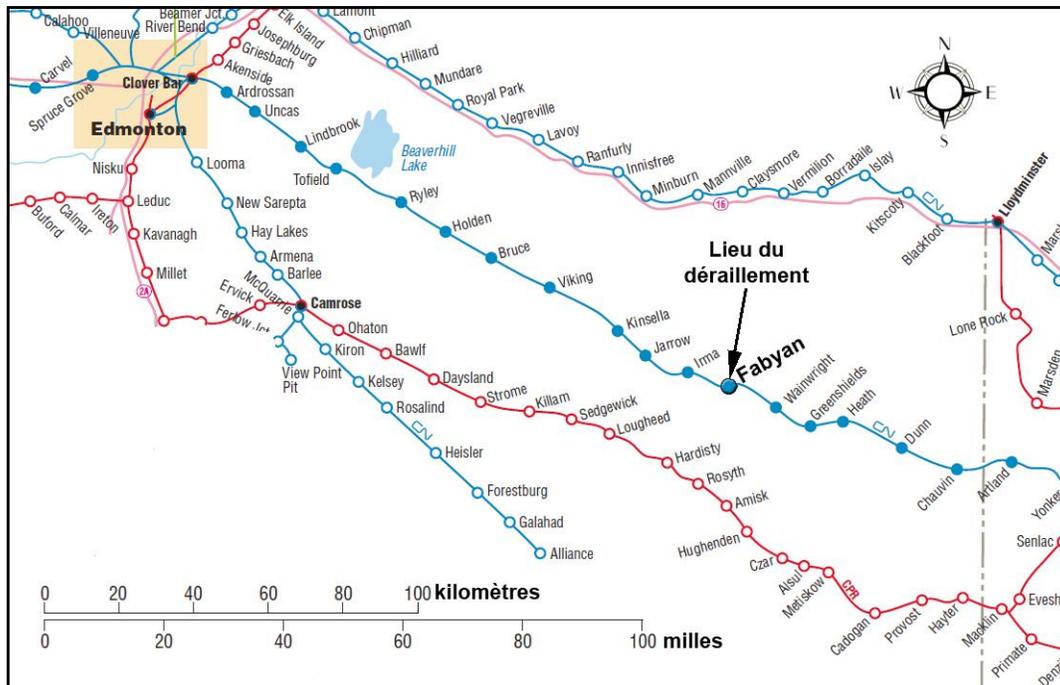


Figure 1. Lieu du déraillement (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

Examen des lieux

Parmi les 31 wagons déraillés, 13 sont restés sur le pont (Figure 2). Les 4 premiers d'entre eux étaient les wagons 35 à 38 :

- Le bout « B » du 35^e wagon était orienté vers l'ouest³. Les roues L1 et R1 se trouvaient sur le rail. Les roues R2, R3 et R4 avaient déraillé au sud du rail sud. Les roues L2, L3 et L4 avaient déraillé au centre de la voie, entre le rail nord et le contre-rail.
- Le bout « B » du 36^e wagon était orienté vers l'ouest. Les roues R1, R2, R3 et R4 avaient déraillé au sud du rail sud. Les roues L1, L2, L3 et L4 avaient déraillé au centre de la voie, entre le rail de roulement nord et le contre-rail.
- Le 37^e wagon a déraillé sans se renverser, les roues nord se trouvant au nord du rail nord, et les roues sud dans l'écartement, entre le rail sud et le contre-rail.
- Le 38^e wagon a déraillé sans se renverser, les roues nord se trouvant au nord du rail nord, et les roues sud dans l'écartement, entre le rail sud et le contre-rail.

³ Les roues d'un wagon sont numérotées du bout « B » (extrémité où se trouve le frein à main) au bout « A » du wagon. Les roues du côté droit sont désignées comme R1 à R4; celles du côté gauche, comme L1 à L4.

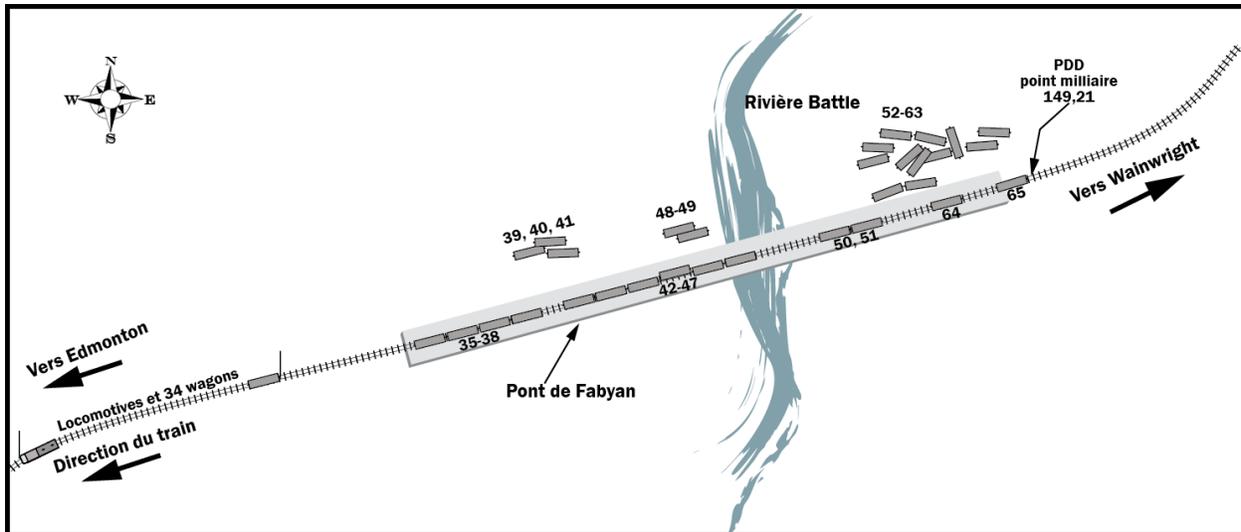


Figure 2. Site du déraillement

Tous les autres wagons déraillés qui sont restés sur le pont ont déraillé de la même manière que les 37^e et 38^e wagons. Le Tableau 1 résume la position des wagons déraillés.

Wagons	Déraillés sur le pont	Tombés en bas du pont	Déraillés debout sur la culée est du pont
35 ^e au 38 ^e	4	-	-
39 ^e au 41 ^e	-	3	-
42 ^e au 47 ^e	6	-	-
48 ^e et 49 ^e	-	2	-
50 ^e et 51 ^e	2	-	-
52 ^e au 63 ^e	-	12	-
64 ^e	1	-	-
65 ^e	-	-	1
Nombre total de wagons déraillés	13	17	1

Tableau 1. Position des wagons déraillés

L'examen de la courbe de 4° à l'extrémité est du pont a révélé ce qui suit :

- Les tirefonds étaient sortis d'un certain nombre de traverses du rail haut (Photo 1).
- Le rail haut s'était renversé à cet endroit.

- Les marques de roue observées sur les boudins ainsi que sur l'âme du rail haut indiquent que le point de déraillement (PDD) se situait à environ 67 pieds à l'est de la culée est du pont (Photo 1).
- On a observé des traverses entaillées par les selles⁴, de nombreux tirefonds manquants et brisés, ainsi que des selles déformées et rompues.
- Certains crapauds de fixation manquaient et, là où le rail ne s'était pas renversé, il ne semblait pas y avoir des attaches dans tous les trous d'assemblage.
- Bon nombre de tirefonds « manquants » s'étaient détachés des traverses en cassant.
- Quelques selles étaient fissurées et rompues.

Soixante-quatorze tirefonds cassés et endommagés ont été recueillis, puis envoyés au laboratoire du BST pour analyse (Photo 2).

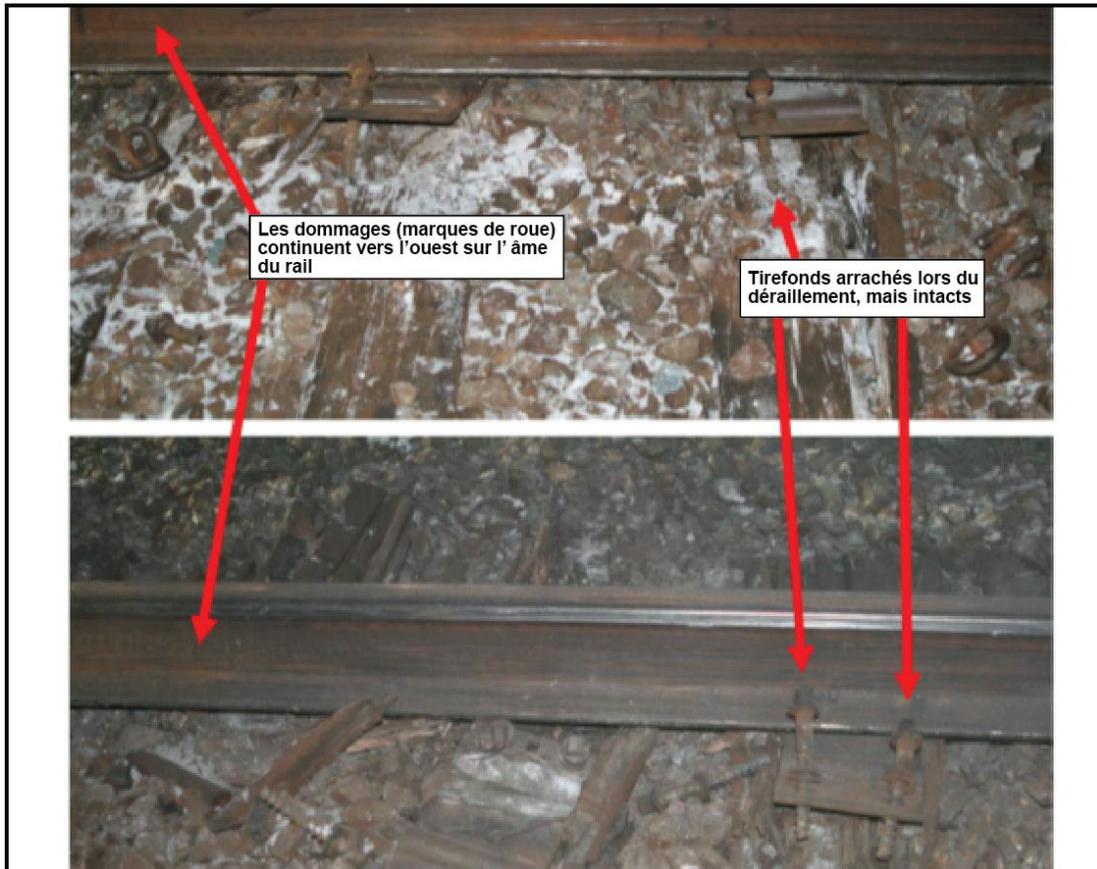


Photo 1. Dommage sur le rail haut

⁴ L'entaillage de traverses par des selles est dû aux forces dynamiques exercées lors du passage du train dans la courbe.



Photo 2. Tirefonds cassés de 8,5 pouces, tirefond neuf de 7,5 pouces (au milieu) et ancien tirefond de 8,5 pouces (2^e à partir de la droite)

Au cours de l'accident, la voie a été détruite sur une distance d'environ 1760 pieds (Photo 3). Le pont a aussi subi des dommages, y compris la partie supérieure nord du mur en aile est qui s'est détachée et est tombée au sol; la grille de la passerelle et les bordures en béton du côté nord entre les travées 2 et 31; les jambes du pylône nord et le contreventement des palées 1, 2, 5, 15 et 16; des raidisseurs déformés sur les poutres nord des travées 5, 6 et 8; et divers autres éléments de charpente.



Photo 3. Extrémité est du pont

Remise en état de la voie et du pont

La remise en état de la voie a nécessité l'installation de 45 nouveaux panneaux de voie. Les réparations du pont ont été plus longues que les travaux de remise en état de la voie. Au cours de ces réparations, le trafic ferroviaire a été détourné vers la ligne des Prairies et du Nord du CN. La voie a été rouverte à la circulation le 26 janvier 2012, 5 jours après l'évènement.

Renseignements sur la voie

Le déraillement s'est produit au point milliaire 149,2, situé dans une courbe de 4° vers la droite à l'approche est du pont de Fabyan. La courbe présentait un dévers moyen de 3,6 pouces, équilibré pour la vitesse limite affichée de 40 mi/h. La voie dans la courbe était équipée de longs rails soudés NKK de 136 livres à traitement thermique complet (FHH) de 2002. À l'intérieur de la courbe, le rail était posé sur des selles laminées de 16 pouces munies d'attaches élastiques. Les selles étaient fixées à des traverses de bois dur au moyen de 4 tirefonds par selle (Photo 4). Le rail était encadré d'anticheminants sur toutes les traverses. Le ballast, en bon état, était constitué de roche concassée. À l'origine, le système de fixation élastique avait été posé en 1997 sur des traverses de bois mou et de bois dur. En 2004, les traverses de bois mou restantes ont été remplacées par des traverses de bois dur. Des attaches élastiques ont été utilisées jusqu'à l'extrémité est du pont.



Photo 4. Système de fixation à selles laminées

La voie sur le pont était composée de rails de 136 livres posés sur des selles à double épaulement de 16 pouces fixées à des traverses de bois dur à raison de 6 crampons par selle. Le rail était encadré d'anticheminants sur toutes les traverses. Le ballast, en bon état, était constitué de roche concassée.

Des contre-rails, conçus pour garder les roues déraillées centrées sur la charpente du pont et empêcher les wagons de tomber en bas, avaient été installés sur le pont de Fabyan. Ils consistaient en rails éclissés de 115 livres munis d'éclisses à 6 trous et cramponnés toutes les 2 traverses. Ces contre-rails avaient été posés entre les rails de roulement, à 14 pouces du rail sud et à 11,5 pouces du rail nord. Le plan-norme TS 1108 du CN sur la pose typique de contre-rails prescrit une distance de 11 pouces à partir du rail pour les ponts à tablier ajouré munis de plaques d'appui.

Renseignements sur le pont

Le pont de Fabyan est un viaduc de 2869 pieds de long qui enjambe la vallée de la rivière Battle et constitue un élément important de la ligne principale du CN (Photo 5). Sa hauteur maximale est de 190 pieds. Le pont est formé :

- de 2 travées de 23 pieds de poutres en béton précontraint (PCG) et de tablier ballasté;
- de 2 travées de 26 pieds de PCG et de tablier ballasté, construites en 1972;
- de 52 travées de 50 pieds de poutres à âme pleine à tablier supérieur (DPG);
- d'une travée de 152 pieds de poutres en treillis à tablier supérieur (DT) construite en 1908.

En 1984, un tablier ballasté en béton a remplacé le tablier ajouré sur les travées DPG et DT. Les travées du pont s'appuient sur des tours contreventées en treillis d'acier.



Photo 5. Pont de Fabyan, direction ouest

Inspection et entretien de la voie

Avant l'évènement, la voie avait été inspectée par un véhicule rail-route les 15, 16, 17 et 18 janvier 2012; le pont avait été inspecté le 19 janvier 2012. Ces inspections n'ont relevé aucune anomalie dans le voisinage du PDD.

En mars et octobre 2011, des tournées à pied ont été effectuées dans la courbe de 4° vers la droite. Il a alors été constaté qu'on avait vissé à nouveau des tirefonds desserrés et remplacé des tirefonds cassés. À l'intérieur de la courbe, environ 20 tirefonds ont été remplacés au cours des 3 dernières années⁵.

Le rail a fait l'objet de 15 essais par ultrasons en 2011; le dernier essai avant le déraillement a été effectué le 29 décembre 2011. Ces essais n'ont révélé aucun défaut de rail à proximité du PDD. En 2011, 7 contrôles de la géométrie de la voie ont été effectués à l'aide de la voiture TEST du CN⁶. Parmi les résultats de ces contrôles, on compte :

- Un certain nombre de défauts de surécartement nécessitant une intervention quasi urgente (jusqu'à 1 1/8 pouce pour une voie de catégorie 3) ont été détectés lors des contrôles du 28 juillet, du 17 août et du 25 octobre.
- L'écartement ne cessait de s'élargir dans toute la courbe.
- Une comparaison des contrôles de la géométrie du 29 mars et du 25 octobre indiquait que l'écartement s'était élargi de 0,2 à 0,4 pouce en 3 endroits sur une distance d'environ 95 pieds près du point milliaire 149,1.
- Une comparaison des contrôles du 14 septembre 2010 et du 25 octobre 2011 montrait une légère augmentation de l'inclinaison des 2 rails dans le voisinage du PDD.

Inspection mécanique des premiers wagons déraillés

Les dossiers sur l'état mécanique des 2 premiers wagons déraillés, le CN 395562 (35^e wagon) et l'IC 799666 (36^e wagon) ont été examinés; on n'y a relevé aucune anomalie. Ces 2 wagons-trémies ont été soumis à une inspection après démontage; aucun défaut n'a été constaté, et les wagons ne montraient aucun signe de grippage ou d'encrassement de leurs bogies au niveau des glissoirs ou de la crapaudine.

Analyse de la dynamique voie-matériel roulant

Le CN a effectué une simulation, vérifiée par le BST, à l'aide du logiciel Train Operations and Energy Simulator (TOES). Cette analyse a servi à déterminer les forces exercées sur le train. Il a

⁵ Il est difficile de remplacer des tirefonds cassés, car ils brisent habituellement à l'intérieur de la traverse. Pour les remplacer, il faut enfoncer la pièce brisée pour l'expulser de la traverse, obturer le trou et introduire un nouveau tirefond.

⁶ Les 4 et 29 mars, le 21 mai, le 28 juillet, le 17 août, les 7 et 25 octobre.

été établi que, juste avant l'évènement, les forces de traction maximales s'élevaient à 70 000 livres et les forces de compression maximales, à 40 000 livres. De telles forces sont considérées comme normales pour ce type d'exploitation.

Systèmes de fixation de la voie

Les éléments de la voie réagissent et interagissent les uns avec les autres quand ils sont soumis aux charges des roues du train. Ces charges sont transférées du rail à la plate-forme par l'entremise des attaches, des selles, des traverses, du ballast et du sous-ballast.

Dans les systèmes de fixation classiques, les crampons ont pour double fonction de positionner le rail dans la selle et de fixer celle-ci à la traverse de façon à maintenir l'écartement. Le passage de wagons dont la charge par essieu est élevée, sur une voie en courbe fixée par des moyens classiques, peut amener les crampons à se desserrer avec le temps et à sortir de la traverse. Quand cela se produit, les trous de crampon s'agrandissent et il en résulte un surécartement. L'intérieur de la traverse sera alors exposé à l'humidité, ce qui peut entraîner la décomposition de la traverse.

Au contraire du système de fixation classique, l'utilisation de systèmes de fixation à selles moulées et laminées (Photo 6) assure les 2 différentes fonctions de fixation. Le rail est fixé à la selle au moyen d'une attache élastique, habituellement en forme d'« e » constituée d'une barre ronde en acier trempé de 20 millimètres de diamètre. À son tour, la selle est fixée à la traverse par des tirefonds ou une combinaison de tirefonds et de crampons. Le dessous de la selle moulée en fonte ductile est muni de saillies en biseau qui s'encastrent dans la traverse de bois pour assurer une résistance accrue au déplacement. Quant aux selles laminées, leur dessous est lisse et dépourvu de saillies (Photo 7).



Photo 6. Selle moulée (à gauche) et selle laminée (à droite)



Photo 7. Dessous des selles (à noter : saillies sur le dessous de la selle moulée, à gauche; dessous lisse de la selle laminée, à droite)

Les systèmes de fixation de type élastique procurent une structure de voie beaucoup plus solide qui résiste mieux aux forces latérales et longitudinales élevées ainsi qu'au développement d'un surécartement et d'une inclinaison des rails. Les fixations vissées assurent une résistance accrue au déplacement des selles et, de ce fait, accroissent la résistance au surécartement et la durée de maintien de l'écartement. La force de maintien du rail et la résistance au renversement du rail s'en trouvent également augmentées.

Au cours du remplacement de rails, lorsqu'on utilise des attaches élastiques, il suffit de retirer et de remettre en place les attaches, sans perte de force de maintien. Bien qu'ils constituent un moyen de fixation beaucoup plus solide, les tirefonds ne sont pas à l'abri de défaillances avec le temps. Normalement, une telle défaillance est due à une combinaison de contraintes de cisaillement et de flexion, puisque les tirefonds ne sont pas nécessairement soumis à des charges égales.

Dans le présent évènement, 2 types de tirefonds étaient utilisés dans la courbe : les tirefonds d'origine Ss5 de 7 pouces $\frac{1}{2}$ et les tirefonds Ss5 de 8 pouces $\frac{1}{2}$. Ces tirefonds étaient des modèles à « 2 pas⁷ » installés avec une rondelle à ressort. Le modèle plus récent et plus court de 6 pouces $\frac{1}{2}$ à « 3 pas », qui n'utilise pas de rondelle à ressort, est actuellement la norme dans l'industrie. Au départ, on pensait que les tirefonds plus longs et les rondelles conféraient au système de fixation une plus grande résistance. Cependant, le tirefond à « 3 pas » offre une plus grande force de maintien et est plus facile à installer.

Rapport LP 025/2011 du laboratoire du BST- Analyse des tirefonds

Les 74 tirefonds défectueux soumis à l'examen provenaient de 4 différents lots de production et de 3 fabricants différents, ce qui s'explique par le fait que l'on remplaçait toujours les tirefonds cassés par des modèles plus récents. L'analyse du laboratoire a permis de conclure ce qui suit :

- La résistance de l'acier des tirefonds répondait aux spécifications en vigueur au moment de la fabrication.
- Les fissures de fatigue dans les tirefonds ont commencé dans la partie supérieure de la tige filetée.
- La fatigue avait de multiples origines, ce qui porte à croire qu'elle est apparue originellement en raison d'un état de contrainte général plutôt que d'un défaut dans le matériau.
- L'âge des fissures de fatigue dans les différents tirefonds était variable, les unes remontant à de nombreuses années, les autres à peu de temps avant l'évènement.

⁷ « 2 pas » signifie 2 filets par pouce; « 3 pas », 3 filets par pouce.

Analyse

Ni l'état du matériel roulant ni la manière dont le train était conduit n'ont été considérés comme des facteurs contributifs au présent accident. Comme le rail haut dans la courbe où s'est produit le déraillement semble s'être renversé, l'analyse portera sur le système de fixation de la voie dans cette courbe.

L'accident

La courbe où se trouve le PDD constitue le point le plus bas d'une dépression verticale dans la voie. Par conséquent, cet endroit correspond, pour les trains en direction ouest comme en direction est, à un point de transition important dans leur conduite. La pratique recommandée en matière de conduite des trains est d'utiliser le frein rhéostatique pour la descente au fond d'une dépression et la traction (c.-à-d. avancer la position du modérateur) pour la montée de l'autre côté. Bien que ces consignes conviennent entièrement pour le terrain traversé, d'autres forces dynamiques s'exercent couramment sur le rail. Dans le présent évènement, l'endroit en question constituait un point de vulnérabilité, et on a reconnu l'effet sur la structure de la voie des forces dynamiques normales provenant de l'exploitation des trains. En 1997, on avait installé des attaches élastiques et des selles laminées dans la courbe.

Avec les selles laminées, si les tirefonds sont serrés, la force de serrage produit un frottement entre la selle et la traverse, ce qui procure une résistance latérale aux forces génératrices de surcartement dans la courbe. Si les tirefonds sont desserrés, ils agissent comme des goupilles et fournissent la seule résistance latérale. Quand cela se produit, les selles laminées à dessous plat se déplacent sous la charge des trains et peuvent se casser (Photo 8). La défaillance des tirefonds est habituellement due à une combinaison de contraintes de cisaillement et de flexion, puisque les tirefonds ne sont pas tous soumis à une charge égale.



Photo 8. Dessous luisant d'une selle laminée cassée

Dans ce cas-ci, un certain nombre de tirefonds dans le voisinage du PDD se sont brisés à l'intérieur de la traverse. Les ruptures, survenues sur une longue période, étaient dues à la fatigue au point de transition entre la tige et les filets, à l'endroit où la section transversale du tirefond est réduite. En dépit des tirefonds cassés, il y avait peu de signes que la courbe se trouvait sous contrainte, parce que l'écartement de la voie était maintenu par les tirefonds intacts. Les autres tirefonds intacts ont été soumis à des forces latérales de passage en courbe beaucoup plus élevées. Le déraillement s'est produit quand ces tirefonds ont été en nombre insuffisant pour résister aux forces en question, et le rail haut s'est renversé au passage du train, entraînant ainsi une chute des roues dans l'écartement à l'extrémité est du pont de Fabyan.

Les signes de surécartement sont généralement plus apparents dans les courbes munies de systèmes de fixation classiques avec crampons. Si une voie dotée de telles fixations est soumise à des contraintes latérales excessives, le rail s'inclinera, les crampons seront soulevés en permanence et l'entaillage par les selles sur le côté extérieur sera plus prononcé. Il est probable que ces conditions seront remarquées lors d'inspections périodiques de la voie.

Dans le présent évènement, la voiture TEST a repéré certains défauts localisés de surécartement de voie nécessitant une intervention quasi urgente. La comparaison des bandes graphiques de la voiture TEST indiquait une petite augmentation de l'écartement de la voie et de l'inclinaison du rail dans la courbe. Une inspection périodique de la voie a révélé des tirefonds cassés et soulevés, des entailles causées par les selles ainsi que des selles déformées et cassées. Bien qu'on ait remplacé de temps à autre un tirefond cassé et vissé à nouveau des tirefonds sortis de leur trou, aucune autre action de maintenance visant à assurer la sécurité de la courbe n'a été mise en œuvre. Quand des signes de surécartement dynamique dans une courbe sont difficiles à

détecter ou qu'on n'y donne pas suite, il peut se produire une défaillance progressive des éléments du système de fixation des rails, ce qui accroît le risque de renversement du rail et de déraillement.

Contre-rails sur le pont

Les contre-rails de pont sont conçus pour garder les roues déraillées centrées sur la charpente du pont et empêcher les wagons de tomber en bas et d'endommager le pont ou ce qui se trouve en dessous. Bien que raisonnablement efficaces sur une voie en alignement droit, les contre-rails de pont le sont moins dans les courbes et dans les situations où le train se trouve partiellement dans la courbe. Dans ce cas-ci, une fois que le train a atteint la voie en alignement droit sur le pont après avoir franchi la courbe, les wagons qui avaient déraillé par suite du renversement du rail ont en quelque sorte été traînés sur le côté nord du pont et sont tombés en bas. Comme le déraillement s'est produit dans la courbe à l'extrémité est du pont, les rails protecteurs ne pouvaient empêcher tous les wagons déraillés de tomber en bas du pont.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le déraillement est survenu quand le rail haut s'est renversé dans la courbe à l'extrémité est du pont de Fabyan.
2. La défaillance progressive d'un certain nombre de tirefonds des systèmes de fixation des rails a fait que les tirefonds intacts n'étaient pas assez nombreux pour résister aux forces latérales générées par le passage du train dans la courbe.
3. De fréquentes inspections et observations des conditions n'ont pas permis de remarquer que la courbe se trouvait sous contrainte, et aucune action n'a été prise pour rendre la courbe sécuritaire.

Fait établi quant au risque

1. Lorsque les signes de surécartement dynamique dans une courbe sont difficiles à détecter ou qu'on n'y donne pas suite, il peut se produire une défaillance progressive des éléments du système de fixation des rails, ce qui accroît le risque de renversement du rail et de déraillement.

Autres faits établis

1. Au point le plus bas d'une dépression verticale dans la voie, une conduite normale du train exercera des forces dynamiques supplémentaires sur la structure de la voie.
2. Comme le déraillement s'est produit dans la courbe à l'extrémité est du pont, les contre-rails ne pouvaient empêcher tous les wagons déraillés de tomber en bas du pont.

Mesures de sécurité

Canadien National

Le 23 janvier 2012, le CN a mis en application les « Instructions relatives à l'inspection des courbes, des branchements et des tabliers de pont dotés de tirefonds » suivantes :

Lors de l'inspection de courbes, de branchements et de tabliers de pont dotés de tirefonds, veuillez vous conformer aux instructions ci-dessous :

- Parcourir la courbe entière en inspectant le rail haut et le rail bas.
- Rechercher des indices de déplacement de selles de rail.
- Utiliser les imprimés de la voiture de contrôle de la géométrie de la voie pour repérer les zones à risque. Inspecter tous les endroits où les relevés de la voiture de contrôle indiquent une combinaison de surécartement et de défauts de dressage sur les deux rails.
- Examiner la tête des tirefonds et rechercher les marques luisantes sur la selle, qui indiquent la présence possible de tirefonds brisés.
- Prendre une tige d'acier (barre à riper) pour frapper toutes les selles de rail et repérer les tirefonds qui semblent lâches ou qui bougent; tout mouvement d'un tirefond est un indice de rupture.
- Inspecter manuellement chaque 10^e traverse en essayant de tirer sur les tirefonds d'une selle pour voir s'ils peuvent être sortis à la main de la traverse.
- Dans les zones de transition (territoire de traverses en bois passant de crampons à tige carrée à tirefonds et territoire de traverse en bois avec tirefonds passant à des traverses de béton), inspecter manuellement chaque traverse au niveau des deux rails jusqu'à 10 traverses au-delà du point de transition.
- Procéder à une inspection supplémentaire de certains tirefonds, en les dévissant de la traverse. Les distances visées par les inspections sont les suivantes :
 1. **courbes de 1/2 degrés à 6 degrés** – Tous les 100 pieds sur le rail haut, retirer le tirefond d'une traverse et effectuer l'inspection. À une distance de décalage de 50 pieds du rail haut, retirer et inspecter également les tirefonds tous les 100 pieds sur le rail bas.
 2. **courbes de plus de 6 degrés** – Tous les 50 pieds sur le rail haut, retirer le tirefond d'une traverse et effectuer l'inspection. À une

distance de décalage de 25 pieds du rail haut, retirer et inspecter également les tirefonds tous les 50 pieds sur le rail bas.

- Une fois le tirefond retiré de la traverse, inspecter cette dernière pour déceler des fissures ou d'autres signes évidents d'usure.
- Examiner la partie non filetée du tirefond. Si le diamètre de cette partie présente une réduction de $\frac{1}{8}$ pouce, continuer de surveiller périodiquement la courbe. Si le diamètre de cette partie présente une réduction de $\frac{1}{4}$ pouce, il faut inclure les tirefonds dans un programme de remplacement planifié.
- Lorsqu'on trouve un tirefond brisé, il faut vérifier les tirefonds voisins pour déterminer s'il y en a d'autres qui sont brisés.
- Il faut dégager les zones où le ballast couvre les selles pour permettre l'inspection des tirefonds.
- Limiter la vitesse dans les zones à risque jusqu'à ce que la voie soit réparée⁸.

Pour certaines courbes, le CN exige d'utiliser un nouveau type de selle de qualité supérieure avec les systèmes à attaches élastiques sur traverses en bois. Les selles sont en fonte ductile et mesurent 7 pouces $\frac{1}{2}$ sur 18 pouces, chacune étant fixée aux traverses par 4 tirefonds et 2 crampons. Les rails continueront d'être fixés à la selle au moyen de crapauds élastiques de type « e ». Ce modèle de selle est plus solide et résistant à la rupture que la selle laminée. Les saillies sur le dessous de la selle mordent dans la traverse, procurant ainsi une résistance mécanique et de frottement aux forces latérales de passage en courbe.

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 septembre 2012. Il est officiellement paru le 25 octobre 2012.

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 la Liste de surveillance qui décrit les problèmes de sécurité dans les transports présentant les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a établi que les mesures prises jusqu'à présent sont inadéquates, et que tant l'industrie que les organismes de réglementation doivent prendre de nouvelles mesures concrètes pour éliminer ces risques.

⁸ Chemin de fer Canadien National, « Instructions relatives à l'inspection des courbes, des branchements et des tabliers de pont dotés de tirefonds », document interne, le 23 janvier 2012.