



**RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R12C0051**



**DÉRAILLEMENT ET COLLISION EN VOIE PRINCIPALE
DES TRAINS 200-19 ET 465-19
EXPLOITÉS PAR LE CHEMIN DE FER CANADIEN PACIFIQUE
AU POINT MILLIAIRE 71,30
DE LA SUBDIVISION DE RED DEER
À CAMPAIGN (ALBERTA)
LE 21 AVRIL 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 et collision en voie principale

des trains 200-19 et 465-19
exploités par le Chemin de fer Canadien Pacifique
au point milliaire 71,30
de la subdivision de Red Deer
à Campaign (Alberta)
le 21 avril 2012

Rapport numéro R12C0051

Résumé

Le 21 avril 2012, vers 1 h 27, heure normale des Rocheuses, alors qu'il roulait vers le nord sur la subdivision de Red Deer, le train de marchandises 200-19 du Chemin de fer Canadien Pacifique est entré sur la voie d'évitement à Campaign (point milliaire 71,30) et 10 de ses wagons-citernes vides ont déraillé. Deux des wagons-citernes déraillés ont heurté la locomotive de tête du train 465-19 du Chemin de fer Canadien Pacifique, qui était immobilisé sur la voie principale. Un wagon-citerne a perdu une petite quantité de glycol. Il n'y a pas eu de blessés.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Le train de marchandises 200-19 (train 200) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) comprenait 3 locomotives en tête et 80 wagons. Quatre wagons étaient chargés et les 76 autres étaient vides. Le train, qui se rendait à Red Deer (Alberta), pesait 2717 tonnes et mesurait 4615 pieds. Avant son départ, une inspection mécanique et un essai de freins à air avaient été effectués au triage d'Alyth à Calgary (Alberta). Aucune anomalie n'a été décelée au cours de ces inspections.

Le 21 avril 2012, vers 1 h 27 ¹, alors qu'il roulait vers le nord sur la subdivision de Red Deer, le train a amorcé son entrée sur la voie d'évitement à Campaign (voir la figure 1) en prévision de la rencontre avec le train de marchandises 465-19 (train 465) qui se dirigeait vers le sud et qui était immobilisé sur la voie principale juste au nord de l'aiguillage sud de la voie d'évitement. Le train 465 comprenait 3 locomotives et 86 wagons chargés.

Le chef de train du train 465 se trouvait sur le côté est de l'aiguillage sud de la voie d'évitement afin d'effectuer une inspection au défilé du train 200 et de réorienter l'aiguillage après le passage du train 200. Le mécanicien de locomotive et le mécanicien de locomotive stagiaire du train 465 se préparaient à sortir de la cabine pour inspecter le côté ouest du train 200. Lorsque le train a franchi l'aiguillage sud de la voie d'évitement, un grand bruit inhabituel s'est fait entendre suivi du déraillement d'un certain nombre de wagons-citernes. Le chef de train a demandé, par radio, au train 200 de s'arrêter immédiatement. Au cours du déraillement, les 12^e et 13^e wagons (CGTX 22219 et AOUX 5061) derrière les locomotives du train 200 ont heurté la locomotive de tête du train 465 (CP 9807).

Après avoir transmis les messages d'urgence nécessaires et aviser le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF), l'équipe a inspecté les lieux et a établi que 10 wagons-citernes vides avaient déraillé. Les wagons-citernes avaient contenu en dernier du glycol, un produit chimique non réglementé utilisé dans la fabrication de résines de polyester, de liquides de dégivrage et de fluides caloporteurs.

Le temps était dégagé et la température était de 0 °C.

¹ Toutes les heures sont exprimées en heure normale des Rocheuses.

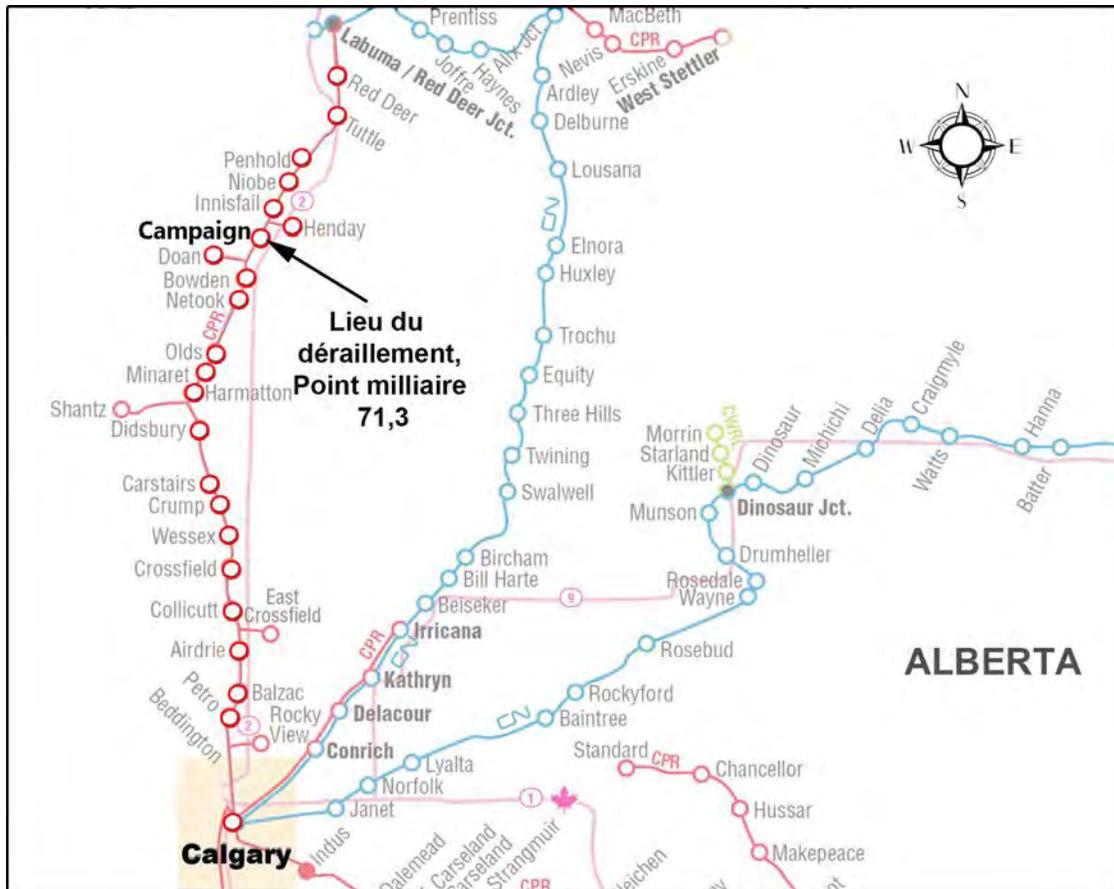


Figure 1. Lieu de l'accident (source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

Renseignements sur l'équipe

L'équipe du train 200 était composée d'un mécanicien de locomotive et d'un chef de train. L'équipe du train 465 était formée d'un mécanicien de locomotive, d'un chef de train et d'un mécanicien de locomotive stagiaire. Les membres des deux équipes étaient qualifiés pour leurs postes respectifs, répondaient aux normes d'aptitude au travail et de repos et connaissaient bien le territoire.

Données enregistrées visant le train 200

Les données du consignateur d'événements de locomotive ont été examinées et sont résumées comme suit :

Événement	Heure	Distance corrigée par le CFCP (P.M.)	Distance étalonnée (P.M.)	Vitesse (mi/h)	CG (lb/po ²)	CF (lb/po ²)	ET (kips)	FQ (lb/po ²)	MAN	ACCL (mi/h/s)	FR
1	01:09:36	66,869	66,902	0	90	74	0	75	0	0,002	h.s.
2	01:13:56	68,384	68,417	38,4	90	0	8	83	0	0,009	2,5
3	01:14:58	69,044	69,077	38,4	90	0	16	84	0	0,009	2,9
4	01:16:58	70,273	70,306	32,2	90	0	41	85	0	-0,101	6,3
5	01:19:13	71,085	71,118	11,5	90	0	25	86	0	-0,068	2,9
6	01:20:22	71,283	71,316	8,5	90	0	8	86	0	-0,072	2,3
7	01:20:51	71,352	71,385	8,5	90	0	0	87	2	0,024	h.s.
8	01:21:07	71,390	71,423	9,5	90	0	8	87	0	-0,032	h.s.
9	01:21:34	71,459	71,492	9,5	87	0	0	87	0	-0,032	6,1
10	01:21:36	71,465	71,498	8,5	83	32	26	87	0	-1.317	6,1
11	01:21:37	71,469	71,502	7,2	22	16	43	87	0	-1.317	2,6
12	01:21:38	71,471	71,504	5,9	2	16	43	87	0	-1.013	2,6
13	01:21:43	71,475	71,508	0	0	72	0	5	0	-0,405	h.s.
14	01:22:44	71,475	71,508	0	0	77	0	0	0	0	h.s.

Remarque : La distance corrigée par le CFCP et la distance étalonnée représentent la position de la locomotive de tête CP 9642. P.M. : point milliaire; CG : pression dans la conduite générale; CF : pression dans le cylindre de frein; ET : effort de traction; FQ : pression de freinage en queue de train; MAN : position du manipulateur; ACCL : accélération; FR : position du frein rhéostatique; h.s. : hors service

À 1 h 20 min 22 s, la tête du train 200 est entrée sur la voie d'évitement à Campaign à une vitesse de 8,5 mi/h. À 1 h 20 min 51 s, afin de permettre au train de franchir une légère modification de la déclivité à l'extrémité sud de la voie d'évitement, le frein rhéostatique a été mis hors service et le manipulateur a été porté au cran 2.

Après avoir reçu l'ordre d'arrêter transmis par le chef de train du train 465, l'équipe du train 200 a actionné le freinage rhéostatique et serré les freins du train. À 1 h 21 min 37 s, les freins d'urgence du train se sont déclenchés. Le train s'est arrêté 6 secondes plus tard, à 1 h 21 min 43 s.

Les 3 locomotives qui tractaient le train 200 étaient des locomotives General Electric à 6 essieux de 4400 HP, pouvant générer chacune un effort de freinage rhéostatique de près de 100 000 livres. Seuls les freins rhéostatiques des 2 premières locomotives étaient en service. Le facteur de freinage rhéostatique ² était de 20, conformément à la section 16, alinéa 7.1 (c) des Instructions générales d'exploitation (IGE) du CFCP. ³

Examen des lieux

L'accident s'est produit dans une région rurale à environ 7 km au nord de Bowden (Alberta). À cet endroit, la voie est parallèle à l'autoroute n° 2.

Au cours de l'examen des lieux, il a été observé que :

- Les 3 locomotives et les 11 premiers wagons du train 200 avaient franchi l'aiguillage sud de la voie d'évitement.
- Les 6^e au 11^e wagons ont déraillé et se sont renversés sur le côté à l'est (voir la photo 1). Ces wagons étaient demeurés attelés par leur attelage à double plateau ⁴ (voir la photo 2).



Photo 1. Vue vers le nord des wagons déraillés renversés sur le côté

² Un effort de freinage de 100 000 livres est équivalent à un facteur de freinage rhéostatique de 10.

³ L'effort maximal de freinage rhéostatique est limité pour prévenir les forces exercées dans le train non désirées au cours de l'utilisation du frein rhéostatique.

⁴ Les attelages à double plateau sont conçus pour empêcher le détachement fortuit de wagons accouplés. Ils sont principalement utilisés sur les wagons-citernes afin de réduire les risques que des attelages détachés perforer des têtes de citerne à la suite d'un déraillement.



Photo 2. Attelages à double plateau

- Le bogie avant du 12^e wagon (CGTX 22219) s'est séparé et s'est retrouvé à côté du wagon-citerne. Le bogie arrière de ce wagon a roulé sur la voie principale et s'est immobilisé après avoir heurté la locomotive de tête du train 465 (voir la figure 2).

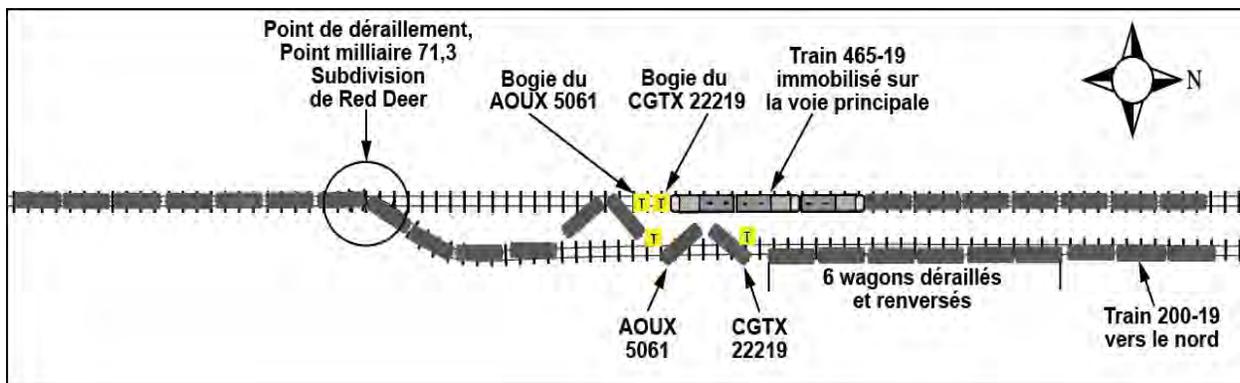


Figure 2. Croquis du déraillement (remarque : la lettre « T » signifie « truck », ou bogie)

- Le bogie avant du 13^e wagon (AOUX 5061) s'est séparé et s'est retrouvé à côté du bogie avant du 12^e wagon. Le bogie arrière du wagon AOUX 5061 s'est séparé, a roulé sur la voie d'évitement et a terminé sa course à côté du wagon-citerne.
- Les 12^e et 13^e wagons ont terminé leur course en mise à portefeuille sur la voie d'évitement.
- Les 14^e et 15^e wagons ont aussi terminé leur course en position de mise en portefeuille.

- L'avant de la locomotive de tête du train 465 a subi des dommages mineurs (voir la photo 3).



Photo 3. Locomotive immobilisée endommagée et wagon AOUX 5061 mis en portefeuille

- Des marques de roues étaient présentes sur les traverses de la voie principale depuis la zone immédiatement au nord de l'aiguillage sud de la voie d'évitement (voir la photo 4).



Photo 4. Vue vers le nord des marques de roues sur les traverses de la voie principale au nord de l'aiguillage

- Les aiguilles n'ont pas été endommagées (la figure 3 montre le schéma des éléments d'un aiguillage et d'un branchement). Cependant, la tringle n° 3 était déformée. Il y avait des marques de chevauchement de roues sur la face ouest de l'aiguille ouest. Des marques de contact et des particules métalliques étaient présentes sur la face sud de l'entretoise de talon de l'aiguillage ouest.
- Trois marques de roues à l'entretoise de talon ouest traversaient l'aiguille, jusque sur le côté intérieur, sans continuer sur le sol. Une 4^e marque de roue s'étendait sur environ 7 pieds avant de tomber entre l'aiguille est et sa contre-aiguille.
- À quelque 31 pieds au nord de l'aiguille, on a observé des marques de chute de roue sur le côté extérieur du rail de raccord de la courbe et entre l'aiguille est et la contre-aiguille.
- On a aussi trouvé des marques de chute de roue sur le côté intérieur du rail de la voie principale ainsi que sur le côté extérieur du rail de raccord de la courbe, environ 82 pieds et 87 pieds plus au nord respectivement.

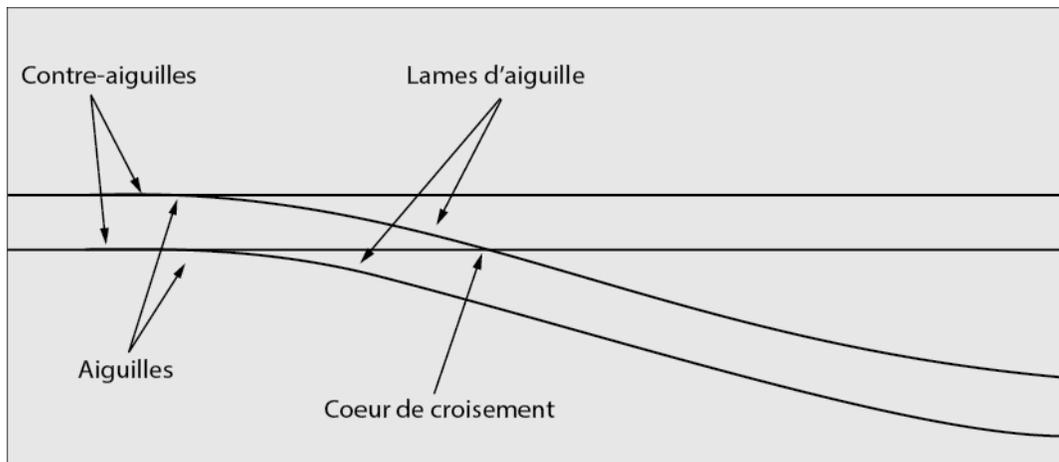


Figure 3. Branchement et éléments connexes

Renseignements sur la subdivision

La subdivision de Red Deer commence au terminal de Calgary du CFCP (12th Street East, point milliaire 0,0) et se prolonge vers le nord jusqu'à Red Deer, au point milliaire 95,6. Entre le terminal de Calgary et Airdrie (point milliaire 16,6), les mouvements de train sont régis par le système de commande centralisée de la circulation (CCC). Au nord d'Airdrie, le dernier tronçon de la subdivision de Red Deer est régi par le système de régulation de l'occupation de la voie (ROV). Les 2 systèmes sont autorisés en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* et sont supervisés par un CCF basé à Calgary.

La vitesse maximale des trains de marchandises à proximité du lieu de déraillement est de 45 mi/h. La vitesse maximale des trains sur la voie d'évitement à Campaign est de 10 mi/h. La voie principale est de catégorie 4, telle que définie dans le *Règlement sur la sécurité de la voie* approuvé par Transports Canada. La voie d'évitement à Campaign est de catégorie 1.

Renseignements sur la voie

La voie dans la zone du déraillement était composée de longs rails soudés (LRS) de 115 livres fabriqués par Algoma en 1983 (rail est) et en 1984 (rail ouest), et installés en 1985. Les rails étaient fixés à des selles à double épaulement de 14 pouces avec 3 crampons par selle sur des traverses en bois dur ou en bois mou. Le ballast était un mélange de pierre concassée locale plus ancienne et de ballast standard de catégorie 3. Le drainage était efficace et il n'y avait aucun signe de colmatage ou de remontée de boue dans le secteur de l'aiguillage.

L'aiguillage était un branchement n° 13 de 115 livres à appareil de manœuvre haut. Il était pourvu d'aiguilles de 22 pieds, de contre-rails boulonnés (8 pieds 3 pouces de longueur) et de supports réglables. Le cœur de croisement ⁵ avait été remplacé le 2 avril 2012 et aucune soudure

⁵ Un cœur de croisement est un élément de la voie qui est installé dans un branchement à l'intersection de 2 rails de roulement pour permettre la traversée des roues se trouvant sur les rails opposés.

ou réparation n'avait été faite depuis son installation. Le branchement comportait une courbe vers la droite de $4,3^\circ$ qui devient une courbe vers la gauche sur la voie d'évitement. L'élévation de la voie d'évitement à Campaign est légèrement inférieure à celle de la voie principale adjacente. La transition entre la voie principale et la voie d'évitement plus basse se trouve dans le secteur du branchement (voir la photo 5).



Photo 5. Vue vers le nord du branchement sud de la voie d'évitement à Campaign

La voie qui mène à l'aiguillage sud de la voie d'évitement à Campaign forme une longue pente (voir la figure 4). La partie la plus raide de la pente (c'est-à-dire, environ $1,0\%$) se trouve entre les points milliaires $68,43$ et $70,93$. L'aiguillage sud de la voie d'évitement est situé sur une voie en alignement au point milliaire $71,3$, juste au nord de la portion la plus raide de la pente. À proximité de l'aiguillage, la déclivité passe de $0,6\%$ (pente) à $0,1\%$ (rampe), puis à $0,8\%$ (pente).

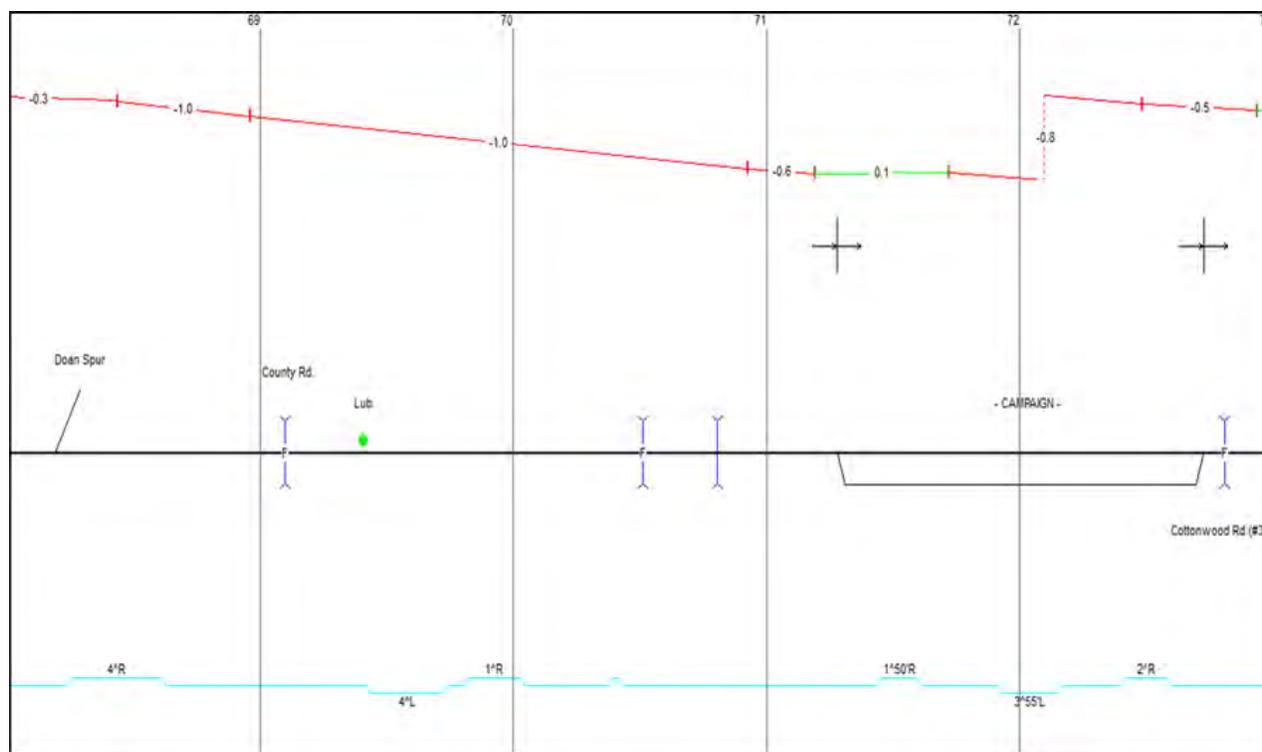


Figure 4. Profil de la voie de la subdivision de Red Deer, point milliaire 68 à point milliaire 73 (source : profil de la voie du CFCP). Ce graphique n'existe pas en français.

Inspection et entretien de la voie

La dernière inspection des rails par ultrasons avant le déraillement a eu lieu le 8 mars 2012. Cette inspection n'a révélé aucun défaut sur la voie principale à proximité de la voie d'évitement à Campaign. La dernière inspection de la voie par véhicule rail-route a été effectuée le 19 avril 2012. Cette inspection n'a révélé aucun défaut à proximité de l'aiguillage sud de la voie d'évitement et du branchement.

La géométrie de la voie d'évitement à Campaign avait été vérifiée par la voiture d'évaluation de la voie (voiture TEST) du CFCP le 14 décembre 2011. Au cours de cette vérification, les défauts prioritaires suivants ont été constatés :

- Défaut 128 - Défaut prioritaire de dénivellation SPXLV⁶ au début du raccordement - 2 pieds de long, valeur maximale de 1 pouce $\frac{3}{8}$.
- Défaut 129 - Défaut prioritaire de dénivellation SPXLV au début du raccordement - 2 pieds de long, valeur maximale de 1 pouce $\frac{1}{2}$.

⁶ Nivellement transversal mesuré à n'importe quel point du raccordement d'une courbe.

- Défaut 130 – Défaut prioritaire de dénivellation AL/62⁷ à la fin du raccordement – 2 pieds de long, valeur maximale de 1 po 7/8.

Aucun des 3 défauts ne dépassait le seuil défini par le CFCP pour une intervention urgente⁸ sur une voie de catégorie 1. À la suite du contrôle de la géométrie de la voie, aucune réparation immédiate n'a été effectuée à l'itinéraire dévié de l'aiguillage sud de la voie d'évitement. Ces emplacements présentant un défaut ont été ajoutés à la liste des travaux de nivellement du printemps 2012 du CFCP.

De concert avec Transports Canada, le CFCP parraine des recherches qui font appel à un wagon-citerne instrumenté pour détecter des combinaisons de défauts prioritaires de géométrie de la voie qui, en eux-mêmes, sont inférieurs au seuil de sécurité. Par exemple, un défaut de tracé combiné à un défaut de torsion permet à la compagnie ferroviaire d'augmenter le niveau d'urgence de ces types de défaut.

Inspection du branchement

La dernière inspection du branchement à l'aiguillage sud de la voie d'évitement à Campaign a eu lieu le 12 avril 2012. Cette inspection a permis de constater que le branchement était en bon état.

Inspection mécanique des wagons-citernes déraillés

Les wagons CGTX 22219 et AOUX 5061 (les 12^e et 13^e wagons derrière les locomotives du train 200) ont été remorqués à l'atelier de réparation des wagons du triage d'Alyth du CFCP à Calgary. Des inspections en cours de démontage ont été effectuées.

Pour le wagon CGTX 22219, il a été déterminé que :

- Les dégagements des glissoirs de traverse danseuse au bout B⁹ avant du wagon étaient de 1/8 de pouce inférieurs à la limite de réforme de l'Association of American Railroads (AAR)¹⁰, un défaut critique.
- La hauteur de l'attelage au bout A arrière du wagon était de 1/2 pouce inférieure à la norme de l'AAR.¹¹ Même s'il ne s'agissait pas d'un défaut critique, des travaux d'entretien étaient requis la prochaine fois que le wagon serait sur une voie de réparation.

⁷ Le tracé d'un rail ou des deux rails dans une courbe ou un raccordement mesuré au point médian au moyen d'une corde de 62 pieds.

⁸ Selon le Livre rouge des normes du CFCP.

⁹ Bout du wagon pourvu du frein à main.

¹⁰ Association of American Railroads, 2012 *Field Manual of the AAR Interchange Rules*, règle 62.A.h, pages 475-479.

¹¹ Association of American Railroads, 2012 *Field Manual of the AAR Interchange Rules*, règle 16.E.12, page 168.

- La crapaudine était sèche, rouillée et non lubrifiée.
- La dernière fois que le wagon s'était trouvé sur une voie de réparation remontait au 7 décembre 2011.

Pour le wagon AOUX 5061, il a été déterminé que :

- La hauteur de l'attelage au bout B arrière du wagon était de ½ pouce inférieure à la norme de l'AAR. Même s'il ne s'agissait pas d'un défaut critique, des travaux d'entretien étaient requis la prochaine fois que le wagon serait sur une voie de réparation.
- Il y avait une différence de hauteur non critique de 1 pouce ¼ entre les attelages qui retenaient le bout A avant du wagon AOUX 5061 au bout A arrière du wagon CGTX 22219 ¹².
- Les glissoirs de traverse danseuse du bout B présentaient des signes d'usure et atteignaient la limite de réforme inférieure extrême de l'AAR sur les glissoirs à contact permanent, mais n'étaient pas critiques.
- La crapaudine était sèche, rouillée et non lubrifiée.
- La dernière fois que le wagon s'était trouvé sur une voie de réparation remontait au 11 mai 2010.

La compagnie ferroviaire n'avait aucune connaissance à priori de défauts critiques et non critiques existants sur les 2 wagons inspectés. La hauteur de l'attelage a été mesurée après le déraillement. Ces défauts mécaniques n'auraient pas été décelés par les processus normaux d'inspection.

Rigidité en torsion des wagons-citernes

Sur les wagons-citernes à longrine tronquée similaires à ceux qui ont déraillé au cours du présent événement, le réservoir lui-même agit comme longrine centrale et ces wagons sont plus rigides que les wagons classiques. Ceci fait en sorte que, lorsqu'un des coins du wagon passe sur une irrégularité de la voie (par exemple, un branchement ou le début ou la fin d'un raccordement de courbe), les roues du coin diagonalement opposé du wagon peuvent se soulever en raison de la rigidité de la caisse.

¹² L'article 15, Attelage et bras d'attelage, du *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* approuvé Transports Canada indique au paragraphe 15.1 que : « Les compagnies ferroviaires ne doivent pas mettre ni maintenir en service un wagon présentant une des anomalies suivantes : [...] i) la hauteur des attelages de deux wagons adjacents varie de plus de 4 pouces (101,6 mm) ».

Les autres types de matériel roulant sont plus souples en torsion lorsqu'ils négocient les éléments de la voie et le soulèvement vertical au coin diagonalement opposé est moins important. Dans le présent événement, les forces à une extrémité du wagon n'auront pas nécessairement d'effets sur le bogie à l'extrémité opposée du bogie.

Dynamique train/voie

L'interface roue/rail subit une combinaison de forces latérales (L) et verticales (V) lorsqu'un wagon se déplace (voir la figure 5). Le rapport entre les forces latérales et verticales (L/V) fournit une indication du risque de déraillement. La tendance au déraillement augmente à mesure que le rapport L/V augmente. Une force latérale élevée et une force verticale faible (par exemple, des wagons vides qui empruntent une courbe) pourraient faire en sorte que le boudin de roue soit poussé vers le haut et par-dessus la face intérieure du rail ou que le rail soit poussé vers l'extérieur (c'est-à-dire, inclinaison du rail) et même renversé. Les rapports L/V les plus élevés se produisent normalement lors d'une réduction soudaine de la force verticale. Il est reconnu qu'un rapport L/V de 0,80 à 0,90 de durée suffisante peut produire un chevauchement de roues.¹³

Les forces longitudinales exercées dans le train sont transmises dans le train entre les pivots des attelages. Un train qui est remorqué sur une voie en alignement droit subit généralement des efforts de traction (c'est-à-dire, des forces agissant dans l'axe de la voie). Lorsqu'un train circule sur une voie en courbe, les forces longitudinales de compression (qui poussent) ou de traction (qui tirent) ainsi que les angles d'attelage connexes engendrent des forces latérales au niveau de la crapaudine et des roues du wagon. Ces forces latérales sont transmises des roues aux rails. L'intensité des forces latérales s'exerçant sur les rails varie selon l'importance de la force longitudinale, l'angle des attelages, la déclivité et le degré de courbure de la voie.

¹³ Association of American Railroads, Research Reference R-185, Track Train Dynamics Report, *TTD Guidelines for Optimum Train Handling, Train Makeup and Track Considerations*, section 4, item 4.7.1, L/V Ratio, novembre 1979.
William W. Hay, *Railroad Engineering*, Second Edition, Track-Train Dynamics, section 4, L/V Ratios, juin 1982, p. 658.

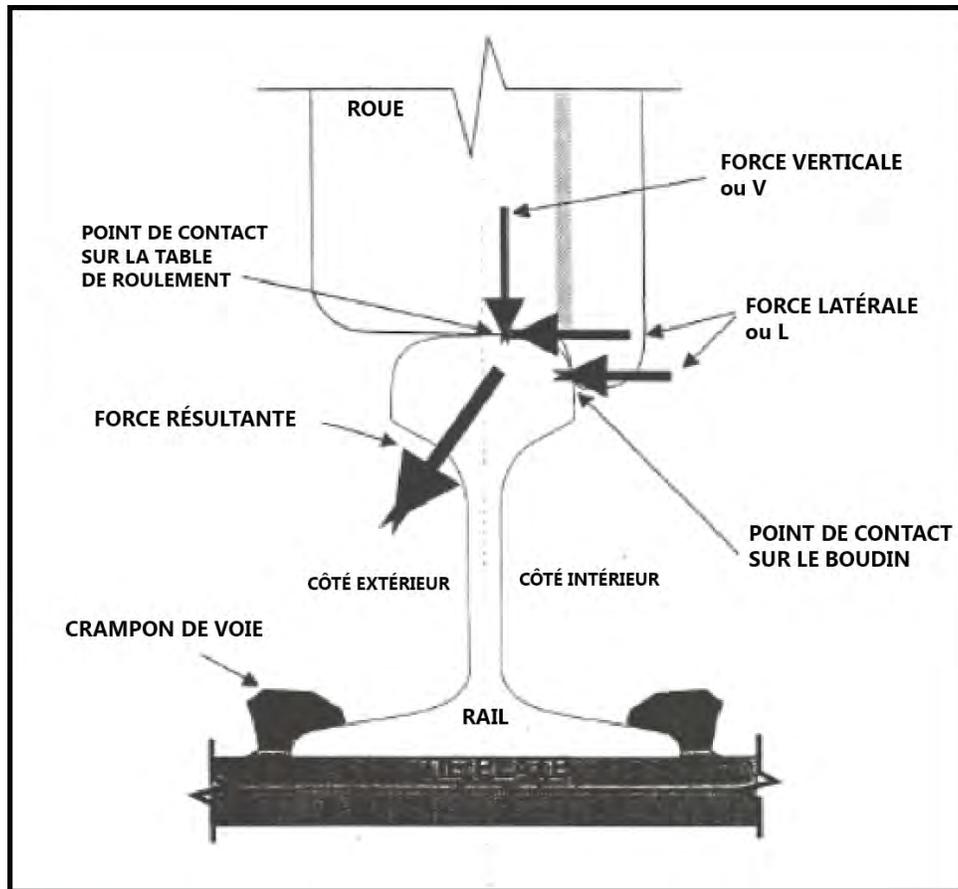


Figure 5. Forces latérales et verticales à l'interface roue/rail

Analyse dynamique du déraillement

Le Laboratoire du BST a effectué une analyse dynamique du déraillement. Il a été déterminé que :

- Les roues ouest du bogie arrière du 12^e wagon (CGTX 22219) et du bogie avant du 13^e wagon (AOUX 5061) sont montées sur la lame d'aiguille ouest à l'aiguillage sud de la voie d'évitement à Campaign et ont amorcé l'accident.
- Le chevauchement de roues sur la lame d'aiguille ouest a probablement été causé par une combinaison de facteurs, notamment la force de compression exercée dans le train, la mise en portefeuille des wagons et des attelages (voir la figure 6), l'état géométrique de la voie, l'état des wagons, le profil de la lame d'aiguille et la différence de hauteur entre les attelages. Pris séparément, aucun de ces facteurs n'aurait causé ce déraillement.

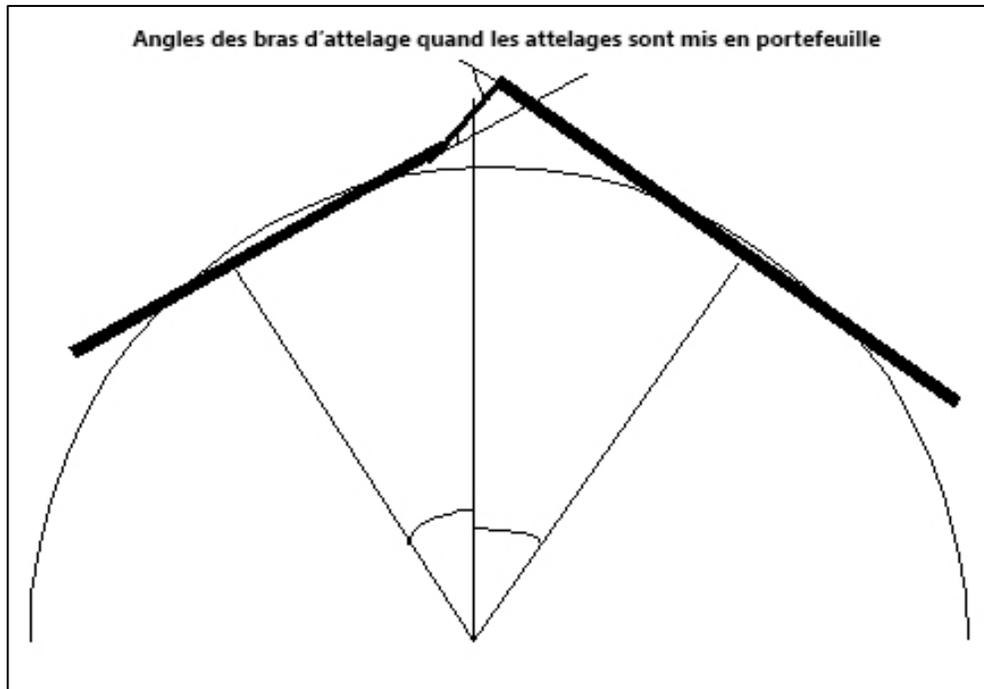


Figure 6. Angles des bras d'attelage quand les wagons sont mis en portefeuille (non à l'échelle)

- Une force longitudinale moyenne (c'est-à-dire, d'environ 95 kips) s'est exercée dans le train au moment où la tête du train est passée de la pente à la légère rampe à proximité de l'aiguillage sud de la voie d'évitement.
- Même si elles ne sont pas des défauts critiques, les hauteurs d'attelage faibles et différentes entre les premiers wagons déraillés ont pu créer un effet de charge et de perte de charge verticale au cours de la transmission de la force longitudinale.
- La mise en portefeuille des 2 premiers wagons-citernes déraillés (c'est-à-dire, CGTX 22219 et AOUX 5061) a transformé en force latérale la force de compression exercée dans le train et fait augmenter le rapport L/V.
- Les irrégularités de la géométrie de la voie, le dégagement des glisseurs de traverse danseuse et la crapaudine non lubrifiée des wagons-citernes rigides ont généré une réponse dynamique transitoire qui a contribué au rapport L/V dynamique obtenu.
- Les roues chevauchent plus facilement un rail muni d'une lame d'aiguille qu'un rail à profil standard, en particulier dans le cas de wagons entravés ou mis en portefeuille.
- Les roues ouest (c'est-à-dire, bogie arrière du 12^e wagon et bogie avant du 13^e wagon) se sont alignées avec la contre-aiguille. Plutôt que d'agripper le côté intérieur est de la lame d'aiguille ouest et de rouler sur le rail de raccord de la courbe, les roues ouest sont passées sur la lame d'aiguille pour se diriger tout droit vers la contre-aiguille.

Analyse

Malgré l'absence d'anomalies de la voie ou dans l'exploitation du train, un déraillement s'est produit. L'analyse étudiera comment l'état du matériel roulant, la géométrie de la voie et les forces dynamiques voie/train peuvent modifier les forces latérales et verticales à l'interface roue/rail et causer un déraillement.

L'accident

Le déraillement s'est produit à l'aiguillage sud de la voie d'évitement à Campaign lorsque les roues des 12^e et 13^e wagons ont chevauché le rail dans le branchement. Alors que le train entrait sur la voie d'évitement à Campaign, une force de compression longitudinale moyenne a été exercée dans le train au moment où la tête du train est passée de la pente à la légère rampe à proximité de l'aiguillage sud de la voie d'évitement. En raison de la différence de hauteur d'attelage non critique (c'est-à-dire, 1 pouce $\frac{1}{4}$) entre les 12^e et 13^e wagons, un effet de charge et de perte de charge verticale a pu se produire sur les bogies adjacents.

Alors que le train roulait sur le branchement, les wagons se trouvaient en position de mise en portefeuille, ce qui a transformé en charge latérale contre le rail la force de compression exercée dans le train et créé un rapport L/V plus élevé. Les irrégularités de la géométrie de la voie à proximité du branchement et l'état mécanique des 12^e et 13^e wagons (c'est-à-dire, dégagement des glissoirs de traverse danseuse et crapaudine non lubrifiée) ont aussi contribué à l'augmentation du rapport L/V.

Au moment du chevauchement de roues ¹⁴, les roues ouest du bogie arrière du 12^e wagon et du bogie avant du 13^e wagon se sont alignées avec la contre-aiguille. Plutôt que d'agripper le côté intérieur est de la lame d'aiguille ouest et de rouler sur le rail de raccord de la courbe, les roues ouest sont passées sur la lame d'aiguille pour se diriger tout droit vers la contre-aiguille, ce qui a mené au déraillement.

Une combinaison de défauts de géométrie de la voie ne donnant lieu à aucune intervention, de défauts de wagon non critiques et de sollicitations produites sur le train par la déclivité a produit un rapport L/V suffisant pour que les roues des wagons-citernes vides, donc légers, chevauchent le rail. Pris séparément, aucun de ces facteurs n'aurait causé le déraillement.

État mécanique des wagons-citernes

Les crapaudines des 2 premiers wagons-citernes déraillés (c'est-à-dire, CGTX 22219 et AOUX 5061) étaient sèches et non lubrifiées. Les dégagements des glissoirs de traverse danseuse du wagon CGTX 22219 étaient juste au-dessus des limites de réforme de l'AAR, et ceux des glissoirs de traverse danseuse du wagon AOUX 5061, tout juste inférieurs à la limite de

¹⁴ Les données sur le profil des roues des 2 premiers wagons en cause dans le déraillement ont été obtenues et examinées. L'état des roues n'a pas été retenu comme une cause ou un facteur contributif de l'événement.

réforme de l'AAR¹⁵. Cependant, aucun des défauts mécaniques n'était critique et ne pouvait être facilement détecté par les processus normaux d'inspection. Ces types de défauts mécaniques peuvent modifier le mouvement de la caisse dans les courbes et faire augmenter les forces latérales. Lorsque l'état mécanique d'un wagon-citerne rigide en torsion ne permet pas le libre mouvement du bogie sur une voie en courbe, les forces latérales à l'interface roue/rail augmentent ainsi que les risques de déraillement par chevauchement de roues.

Défauts de voie ne donnant lieu à aucune intervention combinés à des défauts de wagon critiques

Les défauts de géométrie de la voie prioritaires qui ont été décelés à proximité du branchement au cours du contrôle par la voiture TEST en décembre 2011 ne dépassaient pas le seuil défini par le CFCP pour une intervention urgente sur une voie de catégorie 1. Aucune réparation immédiate de la voie n'a été réalisée à cet endroit. Pris séparément, ces défauts n'auraient pas causé le déraillement.

Dans le présent événement, les 12^e et 13^e wagons (CGTX 22219 et AOUX 5061) avaient tous les deux des défauts mécaniques critiques et non critiques qui ont pu empêcher les wagons de franchir la voie en courbe en toute sécurité. La combinaison de défauts de la géométrie de la voie ne donnant lieu à aucune intervention et de défauts mécaniques critiques et non critiques peut produire un rapport L/V plus élevé et augmenter le risque de déraillement.

Dynamique roue/rail à un branchement

Les forces latérales s'exerçant au niveau de la lame d'aiguille d'un branchement peuvent être importantes, même dans des conditions normales d'exploitation. La lame d'aiguille, un coupon de rail droit aplani pour obtenir une pointe fine, représente un changement abrupt de direction. Les essieux montés qui rencontrent une lame d'aiguille au franchissement d'un branchement adoptent un angle d'attaque plus agressif qui exerce de plus grandes forces sur les boudins.

De plus, toute réduction de la force verticale à ce moment entraînera une augmentation du rapport L/V et des risques de chevauchement de roues. Cette situation peut se produire lorsque le train entre sur une voie d'évitement qui est légèrement moins élevée que la voie principale adjacente (comme dans le cas de la voie d'évitement à Campaign). Lorsque des wagons-citernes rigides en torsion négocient des branchements où la voie d'évitement est moins élevée que la voie principale adjacente, les bogies arrière peuvent subir une perte de charge verticale momentanée qui fait augmenter le rapport L/V et le risque de déraillement.

¹⁵ Il faut prendre toutes les mesures de dégagement des glissoirs de traverse danseuse des wagons pourvus de glissoirs à contact permanent sur une voie de réparation.

Attelages à double plateau

Les attelages à double plateau sont conçus pour empêcher le dételage inopportun de wagons accouplés. Ils sont principalement utilisés sur les wagons-citernes afin de réduire les risques que des attelages détachés perforent des têtes de citerne à la suite d'un déraillement. Dans le présent événement, 6 wagons-citernes vides, du 6^e au 11^e, ont été entraînés hors des rails par le 12^e wagon déraillé en raison de leurs attelages à double plateau.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le déraillement s'est produit à l'aiguillage sud de la voie d'évitement à Campaign lorsque les roues des 12^e et 13^e wagons ont chevauché le rail dans le branchement.
2. Alors que le train entrait sur la voie d'évitement à Campaign, une force de compression longitudinale a été exercée dans le train au moment où la tête du train est passée de la pente à la légère rampe à proximité de l'aiguillage sud de la voie d'évitement.
3. En raison de la différence de hauteur d'attelage non critique entre les 12^e et 13^e wagons, un effet de charge et de perte de charge verticale a pu se produire sur les bogies adjacents.
4. Alors que le train roulait sur le branchement, les 12^e et 13^e wagons se trouvaient en position de mise en portefeuille, ce qui a transformé en charge latérale contre le rail la force de compression exercée dans le train et créé un rapport latéral/vertical (L/V) plus élevé.
5. Les irrégularités de la géométrie de la voie à proximité du branchement et l'état mécanique des 12^e et 13^e wagons (c'est-à-dire, faible dégagement des glissoirs de traverse danseuse et crapaudine non lubrifiée) ont aussi contribué à l'augmentation du rapport L/V.
6. Plutôt que d'agripper le côté intérieur est de la lame d'aiguille ouest et de rouler sur le rail de raccord de la courbe, les roues ouest du bogie arrière du 12^e wagon et du bogie avant du 13^e wagon sont passées sur la lame d'aiguille pour se diriger tout droit vers la contre-aiguille, ce qui a mené au déraillement.

Faits établis quant aux risques

1. Lorsque l'état mécanique d'un wagon-citerne rigide en torsion ne permet pas le libre mouvement du bogie sur une voie en courbe, les forces latérales à l'interface roue/rail augmentent ainsi que les risques de déraillement par chevauchement de roues.

2. La combinaison de défauts de la géométrie de la voie ne donnant lieu à aucune intervention et de défauts mécaniques critiques et non critiques peut produire un rapport L/V plus élevé et augmenter le risque de déraillement.
3. Lorsque des wagons-citernes rigides en torsion négocient des branchements où la voie d'évitement est moins élevée que la voie principale adjacente, les bogies arrière peuvent subir une perte de charge verticale momentanée qui fait augmenter le rapport L/V et le risque de déraillement.

Autres faits établis

1. Six wagons-citernes vides, du 6^e au 11^e, ont été entraînés hors des rails par le 12^e wagon déraillé en raison de leurs attelages à double plateau.

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 29 mai 2013. Il est paru officiellement le 25 juin 2013.

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.