

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

**RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R13E0142**



DÉRAILLEMENT EN VOIE NON PRINCIPALE

**CANADIEN NATIONAL
TRAIN DE MARCHANDISES M30151-18
POINT MILLIAIRE 57,25 DE LA SUBDIVISION EDSON
GAINFORD (ALBERTA)
19 OCTOBRE 2013**

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête ferroviaire R13E0142

Déraillement en voie non principale

Canadien National

Train de marchandises M30151-18

Point milliaire 57,25 de la subdivision Edson

Gainford (Alberta)

Le 19 octobre 2013

Résumé

Le 19 octobre 2013, à 1 h, heure avancée des Rocheuses, 13 wagons-citernes du train de marchandises M30151-18 du Canadien National faisant route vers l'ouest depuis Edmonton (Alberta) jusqu'à Vancouver (Colombie-Britannique), dérailent au point milliaire 57,25 de la subdivision Edson, près de Gainford (Alberta). Des 13 wagons-citernes déraillés, 4 contiennent du pétrole brut et 9 du gaz de pétrole liquéfié (GPL). Deux des wagons-citernes de GPL subissent des brèches et s'enflamment. Un troisième wagon-citerne de GPL prend feu quand du produit s'échappe par sa soupape de sécurité. Le déraillement détruit environ 600 pieds de voie. Il n'y a pas de blessés. On a dû évacuer 106 maisons situées dans le voisinage du déraillement.

This report is also available in English.

Renseignements de base

L'accident

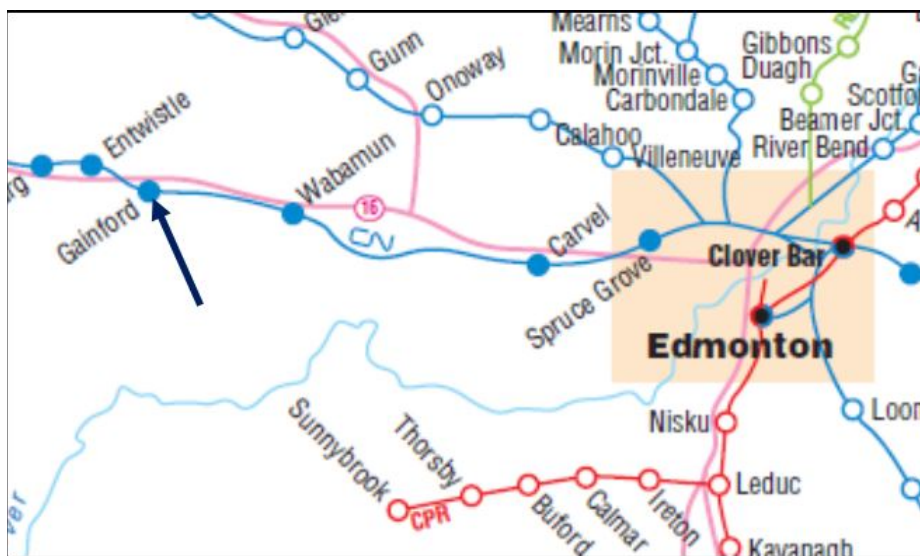
Le train de marchandises M30151-18 (le train) du Canadien National (CN) était parti d'Edmonton (Alberta) à destination de Vancouver (Colombie-Britannique). Le train était formé de 2 locomotives, 98 wagons chargés, 10 wagons vides et 26 wagons de résidus. Il pesait 13 704 tonnes et mesurait 8692 pieds de long. Le train présentait une configuration classique, avec 2 locomotives en tête.

L'équipe de train se composait d'un mécanicien de locomotive et d'un chef de train. Les 2 membres de l'équipe étaient postés 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.

Vers 1 h¹, alors qu'il roulait sur la subdivision Edson, le train est entré dans la voie d'évitement de Gainford en vue d'un croisement avec le train 416 qui se dirigeait vers l'est. Il avait franchi environ 3300 pieds dans la voie d'évitement quand il s'est produit un freinage d'urgence en provenance de la conduite générale. Une fois le train arrêté, l'équipe a regardé vers l'arrière du train et a remarqué que des flammes s'en dégageaient. L'équipe a dételé les locomotives du reste du train et quitté la zone immédiate alors que l'incendie gagnait en intensité. L'équipe a ensuite lancé le message d'urgence nécessaire et avisé le contrôleur de la circulation ferroviaire. Il n'y a pas eu de blessés.

L'accident est survenu près du hameau de Gainford (Alberta), comté de Parkland, qui est situé à environ 86 km à l'ouest d'Edmonton (figure 1).

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



¹ Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses.

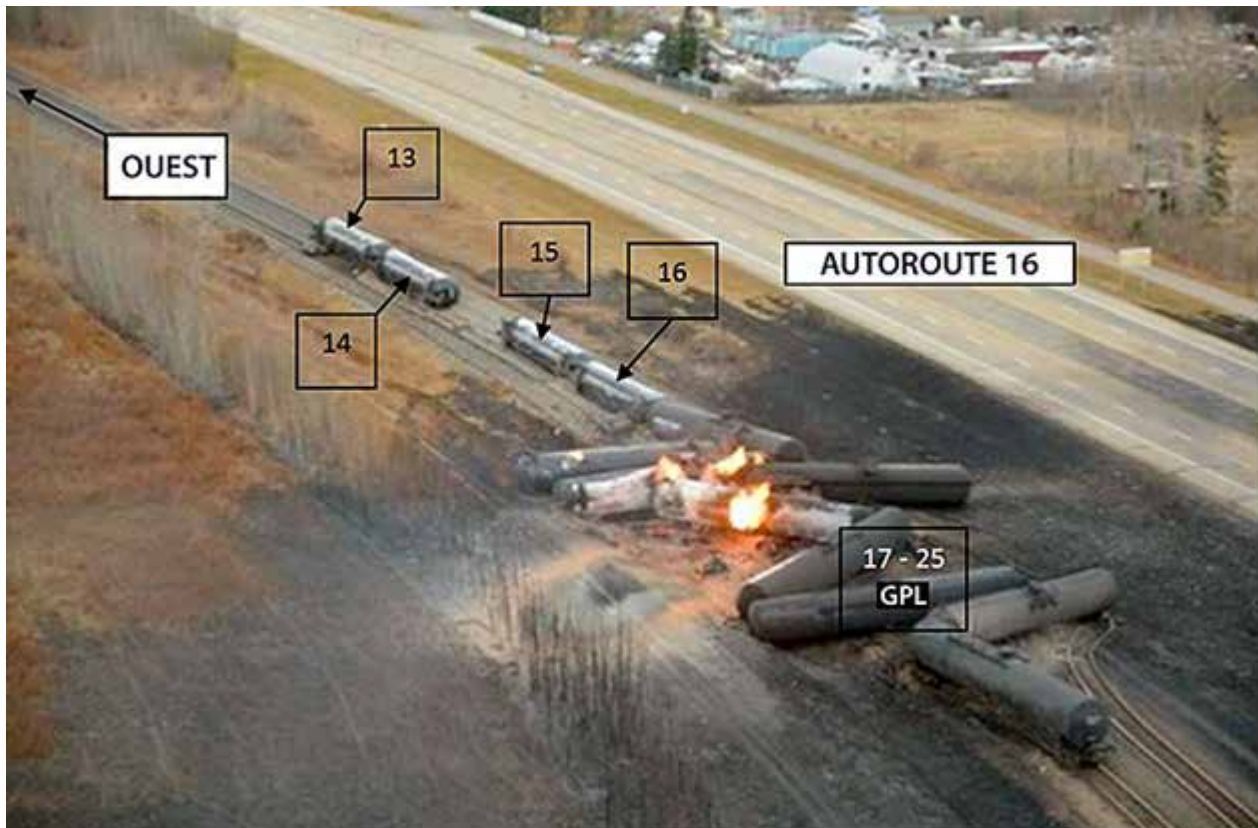
Il y a eu déraillement de 13 wagons-citernes (les wagons 13 à 25). Les 4 premiers (13 à 16) étaient chargés de pétrole brut (UN 1267). Les 9 suivants (17 à 25) contenaient du gaz de pétrole liquéfié (GPL)² (UN 1075) (figure 2).

Entre les 14 et 18 octobre, les wagons en cause dans le déraillement avaient fait l'objet d'inspections autorisées de wagons, qui n'avaient révélé aucune anomalie. Les freins du train avaient été vérifiés le 18 octobre, avant le départ d'Edmonton.

Selon un examen de l'information récente sur les impacts exercés par les roues des locomotives et des 25 premiers wagons, les impacts de roue se situaient bien en deçà des limites critiques. Il en a été de même pour l'examen de l'information en la matière pour le train précédent qui était passé sur la voie d'évitement de Gainford.

Avant le déraillement, le train en cause dans l'événement avait franchi des systèmes de détection en voie, dont des détecteurs de roues chaudes, de boîtes chaudes et de pièces traînantes à Gainford (point milliaire 55,35) et à Wabamun (Alberta) (point milliaire 46,7). Ces détecteurs en voie n'ont produit aucune alarme.

Figure 2. Vue aérienne du déraillement



² Le GPL est un gaz de pétrole liquéfié par compression et constitué d'hydrocarbures inflammables, principalement du propane et du butane. Il s'agit d'un sous-produit du raffinage du pétrole ou du gaz naturel.

Conditions météorologiques

La température au moment de l'accident était de 4 °C et la visibilité, dégagée.

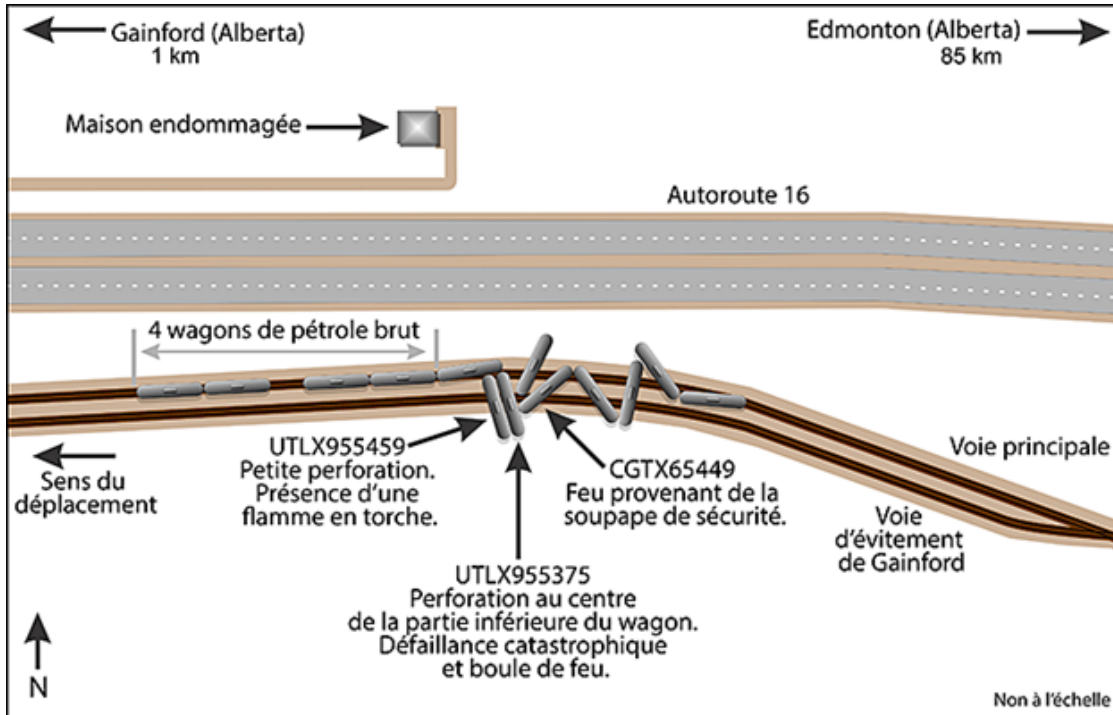
Examen des lieux

L'examen du site (figure 3) a permis de faire les constatations suivantes :

- Le point de déraillement se trouvait dans la courbe à l'extrémité est de la voie d'évitement de Gainford, au point milliaire 57,25.
- Le premier wagon à dérailler a été le 16^e (UTLX 675762), qui était le dernier wagon-citerne de pétrole brut avant les wagons-citernes de GPL.
- Il y avait une séparation d'environ 1 longueur de wagon entre les 2 premiers wagons déraillés et les 3 wagons déraillés suivants.
- Parmi les 4 wagons-citernes chargés de pétrole brut (wagons 13 à 16), on comptait 3 DOT 111A et 1 DOT 111S.
- Les 5 premiers wagons déraillés s'étaient renversés sur le côté au nord de la voie d'évitement, sur la voie principale.
- Les 9 wagons de GPL déraillés (17 à 25) étaient tous des wagons-citernes DOT 112J.
- Le 17^e wagon a déraillé en position debout au nord, parallèlement à la voie d'évitement.
- Les wagons 18 à 24 ont déraillé perpendiculairement à la voie d'évitement et à la voie principale.
- Le 25^e wagon est demeuré debout, mais son bogie avant (à l'extrémité ouest) a déraillé.

Une maison unifamiliale située immédiatement au nord du site du déraillement sur le côté nord de l'autoroute 16 a subi des dommages par suite d'une exposition à la chaleur extrême dégagée par les incendies et les explosions qui sont survenus après le déraillement.

Figure 3. Schéma du site de l'accident – Dommages aux UTLX 955375 (18^e wagon), UTLX 955459 (19^e wagon) et CGTX 65449 (21^e wagon)



Renseignements consignés

Les données du consignateur d'événements de la locomotive ont été téléchargées et examinées. L'examen a permis de faire les constatations suivantes :

- À 0 h 59 min 43 s, le train entrait dans la voie d'évitement à une vitesse de 24 mi/h en mode de freinage rhéostatique depuis environ 1 minute.
- Le frein direct de la locomotive était légèrement serré (c.-à-d. à 10 lb/po²) quand il s'est produit un freinage d'urgence en provenance de la conduite générale.
- La tête du train a poursuivi sa route sur une distance d'environ 306 pieds après le freinage d'urgence, avant de s'immobiliser.

Dommages aux wagons-citernes

Les wagons-citernes déraillés ont subi les dommages suivants :

- Le dessous du 18^e wagon (UTLX 955375) a été percuté et perforé par l'attelage du 21^e wagon (photo 1). Le wagon a perdu son chargement de GPL sous pression, qui a explosé en une boule de feu s'étendant jusqu'au nord de l'autoroute 16.
- Le 19^e wagon (UTLX 955459) a subi une petite perforation, d'où s'est échappé du GPL qui s'est enflammé et a commencé à brûler de lui-même en torche.
- Le 21^e wagon (CGTX 65449) n'a pas subi de brèche, mais son enveloppe externe a été soumise à une projection de flammes. Le produit (GPL) a été suffisamment chauffé pour actionner la soupape de sécurité, laissant s'échapper le produit vaporisé et empêchant une augmentation de la pression à l'intérieur du wagon. Le produit qui s'échappait par la soupape de sécurité s'est mis à brûler dès qu'il atteint une source d'allumage. Sous l'effet de la réduction de la pression à l'intérieur du wagon, la soupape de sécurité s'est fermée pour rouvrir lorsque la pression interne a augmenté de nouveau. La soupape s'est rouverte et refermée un certain nombre de fois, jusqu'à ce que son joint torique interne en caoutchouc soit endommagé par le feu. Comme la soupape ne pouvait plus fermer hermétiquement, le produit a brûlé en torche continuellement.

Photo 1. Perforation dans le dessous de UTLX 955375



Renseignements sur les wagons-citernes

Tableau 1. Renseignements sur les wagons-citernes détaillés

Position du wagon dans le convoi	Numéro du wagon	Spécification DOT	Produit	Date de construction	Dernier essai sur la citerne
13	PPRX 660352	111A100W1	UN 1267	Mars 2013	2013
14	PPRX 660137	111A100W1	UN 1267	Mars 2013	2013
15	PPRX 660295	111A100W1	UN 1267	Mars 2013	2013
16	UTLX 675762	111S100W1	UN 1267	Août 2013	2013
17	PROX 32064	112J340W	UN 1075	Juin 2002	2012
18	UTLX 955375	112J340W	UN 1075	Mai 2010	2010
19	UTLX 955459	112J340W	UN 1075	Octobre 2010	2010
20	ACFX 220085	112J340W	UN 1075	Avril 1996	2006
21	CGTX 65449	112J340W	UN 1075	Février 2007	2007
22	PROX 31854	112J340W	UN 1075	Mars 2001	2011
23	PROX 33850	112J340W	UN 1075	Janvier 2006	2006
24	GATX 57167	112J340W	UN 1075	Janvier 1997	2006
25	TILX 303290	112J340W	UN 1075	Décembre 2007	2007

Les wagons-citernes sous pression DOT 112J sont conçus pour le transport de marchandises dangereuses expédiées à une pression absolue de plus de 40 lb/po² à 20 °C, tels les liquides inflammables, les gaz inflammables et ininflammables, et les gaz toxiques. La spécification détaillée (112J340W) décrit ces wagons comme étant des citernes sous pression en acier au carbone, munies d'une enveloppe externe et isolées, qui se remplissent et se vidangent par le haut; leur pression d'essai de calcul est de 340 lb/po² et leur soupape de sécurité est réglée à 280,5 lb/po².

L'épaisseur de la paroi et des têtes de la citerne de ces wagons est de 5/8 et 11/16 de pouce respectivement. L'enveloppe externe de la citerne comprend un bouclier protecteur complet de 1/2 pouce d'épaisseur. Les wagons ont une capacité de 33 800 gallons.

Les 4 wagons détaillés transportant du pétrole brut étaient désignés comme wagons DOT 111A100W1 ou DOT 111S100W1. Les wagons-citernes non pressurisés étaient conçus pour le service général. L'épaisseur de la paroi des wagons-citernes de la catégorie 111 était de 7/16 de pouce. Les 3 wagons-citernes DOT 111A étaient munis de boucliers protecteurs externes (photo 2). Le wagon-citerne DOT 111S intégrait par conception des boucliers protecteurs (photo 3).

Les 4 wagons-citernes de la catégorie DOT 111 avaient été construits selon la norme révisée de l'Association of American Railroads (AAR) (CPC-1232, MSRP C-III, chapitre 2.7, en vigueur

³ La pression absolue en livres par pouce carré (lb/po²) est la pression exprimée par rapport à un vide plutôt qu'à la pression atmosphérique ambiante.

depuis octobre 2011), telle qu'elle est décrite à la section C-III du *Manual of Standards and Recommended Practices* de l'AAR. Cette norme plus sévère exige

- une coque plus épaisse résistant aux perforations;
- des boucliers protecteurs supplémentaires aux deux extrémités du wagon-citerne;
- une protection supplémentaire pour les raccords supérieurs;
- des soupapes de décharge de pression à plus grand débit.

Photo 2. Protection extérieure par demi-boucliers protecteurs



Photo 3. Bouclier protecteur intégré à la tête de la citerne



Les 13 wagons-citernes déraillés étaient équipés d'attelages à double plateau comme l'exige la norme CGSB 43.147/TP14877, spécifiquement des attelages de type E ou F. Ces attelages sont conçus pour limiter les mouvements verticaux de façon à éviter tout décrochage quand ils sont

soumis aux forces pouvant se développer au cours des déraillements de train. Si les attelages restent accrochés, il est moins probable que l'un d'eux perfore un autre wagon-citerne. Cependant, si les wagons sont empêchés de se séparer lors d'un déraillement, les forces de torsion exercées par un wagon qui déraile peuvent se propager à d'autres wagons, provoquant ainsi le déraillement des wagons adjacents. Quand les forces développées par les wagons qui dérailent dépassent les spécifications de conception des attelages, ces derniers peuvent se décrocher ou un bras d'attelage peut se rompre (photo 4).

Photo 4. Rupture d'un bras d'attelage, avec attelages à double plateau encore accrochés



Renseignements sur les marchandises dangereuses

Les 4 premiers wagons-citernes dérailés (13 à 16) étaient chargés de pétrole brut, un produit de classe 3 – liquides inflammables. Les vapeurs dégagées par des liquides inflammables de classe 3 peuvent former avec l'air un mélange inflammable à une température égale ou inférieure à 60 °C. Ces liquides inflammables peuvent poser de graves dangers en raison de leur volatilité et de leur inflammabilité, qui sont déterminées respectivement par le point d'ébullition initial⁴ et le point d'éclair⁵. Comme la volatilité et l'inflammabilité des liquides inflammables peuvent varier énormément, ils sont classés en fonction de ces caractéristiques. Des exigences différentes quant à l'emballage, au stockage, à la manutention et au transport peuvent être établies pour chaque groupe. Selon le *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*, les marchandises dangereuses de la classe 3 sont réparties en 3 groupes d'emballage, depuis le groupe d'emballage I (danger le plus élevé) jusqu'au groupe d'emballage III (danger le plus faible). Voici les caractéristiques des groupes d'emballage :

⁴ Le point initial d'ébullition d'un mélange liquide est la température à laquelle la première goutte de distillat se forme à partir du mélange liquide, à une pression donnée. Le point initial d'ébullition dépend de la pression et de la composition du mélange liquide.

⁵ Le point d'éclair d'un liquide est la température minimum à laquelle le liquide émet une vapeur suffisamment concentrée pour former avec l'air, à la surface du liquide, un mélange pouvant s'enflammer. Un point d'éclair plus bas représente un danger d'inflammabilité plus grand dans certaines conditions en laboratoire.

- Groupe d'emballage I : regroupe les liquides inflammables dont le point initial d'ébullition est inférieur ou égal à 35 °C à une pression absolue de 101,3 kPa, quel que soit leur point d'éclair;
- Groupe d'emballage II : regroupe les liquides inflammables dont le point initial d'ébullition est supérieur à 35 °C à une pression absolue de 101,3 kPa et dont le point d'éclair est inférieur à 23 °C;
- Groupe d'emballage III : regroupe les produits qui ne satisfont pas aux critères d'inclusion dans les groupes d'emballage I ou II.

Parmi les 4 wagons déraillés chargés de pétrole brut, 3 transportaient un produit classé dans le groupe d'emballage I, et le quatrième un produit classé dans le groupe d'emballage II.

Les 9 derniers wagons-citernes déraillés (17 à 25) étaient chargés de GPL (UN 1075), un mélange inflammable de gaz d'hydrocarbures appelés le plus souvent propane ou butane. Le point d'ébullition de ce produit est inférieur à la température ambiante. Comme le GPL s'évapore rapidement à des températures et à des pressions normales, on le stocke et on l'expédie généralement dans des contenants sous pression. Le GPL est désigné comme gaz inflammable de la classe 2.1. Le GPL est plus lourd que l'air et, à l'état libre, s'accumule dans les points bas. En cas d'échappement de GPL, 2 grands dangers sont présents : (a) une possible explosion si le mélange du GPL avec l'air se trouve dans les limites d'explosivité et qu'il y a une source d'allumage, et (b) la suffocation due au déplacement de l'air par le gaz, ce qui réduit la quantité d'oxygène disponible. Le produit est incolore et inodore. Une substance odorante est souvent ajoutée au GPL pour que les fuites soient plus faciles à détecter.

Particularités de la voie

La subdivision Edson fait partie de l'itinéraire transcontinental principal du CN. Elle s'étend d'Edmonton jusqu'à Jasper (Alberta) (point milliaire 235,7). Les mouvements de train sur la subdivision Edson sont régis par le système de commande centralisée de la circulation en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et surveillés par un contrôleur de la circulation ferroviaire posté à Edmonton.

La voie d'évitement de Gainford est une voie d'évitement signalisée longue de 16 896 pieds⁶ où la vitesse autorisée est de 25 mi/h. Cette voie est 1 des 7 voies d'évitement signalisées sur la subdivision Edson. En 2013, la subdivision Edson a transporté un trafic d'environ 100 millions de tonnes brutes (MTB), dont 12 à 15 MTB ont emprunté la voie d'évitement de Gainford.

L'aiguillage est de la voie d'évitement de Gainford au point milliaire 57,06 était à double commande, avec branchement n° 12 et rails de 136 livres entièrement soudés et fixés par des tire-fonds à des traverses en bois.

Il a été déterminé que le point de déraillement se trouvait à l'intérieur de la voie d'évitement dans une courbe à gauche de 3,21 degrés adjacente au point milliaire 57,25. La courbe présentait

⁶ Une voie d'évitement signalisée est munie de circuits de voie interconnectés avec le système de signalisation. Les mouvements sur indication du signal à l'entrée d'une telle voie d'évitement peuvent se faire à des vitesses supérieures à la vitesse réduite, sous réserve des instructions spéciales du chemin de fer.

un dévers moyen⁷ de 0,54 pouce. La vitesse d'équilibre pour un tel dévers est de 15,5 mi/h. Comme les normes du CN autorisent pour un dévers un déséquilibre de 2 pouces, la vitesse admissible dans cette courbe était de 33,6 mi/h.

En mars 2013, le rail bas entre les points milliaires 57,09 et 57,32 avait été remplacé par un rail neuf TŽ de 136 livres⁸ de résistance intermédiaire. Le rail haut, un rail au carbone de 132 livres fabriqué par Algoma en 1974 et 1977, présentait une usure du champignon de 17 à 19 mm et une usure latérale de 6 mm. L'article 1.0 des *Normes de la voie – Ingénierie du CN*, annexe A, tableau 1(ii), indique que la somme de l'usure du champignon et de l'usure latérale pour un rail de 132 livres ne doit pas dépasser 24 mm. Le remplacement du rail haut était prévu pour 2015.

Le rail repose sur des selles à double épaulement de 14 et 16 pouces fixées par des crampons à des traverses en bois; il est encadré d'anticheminants toutes les deux traverses. Le ballast, en bon état, était constitué de roche concassée. Des traverses de sécurité⁹ ont été installées dans la voie d'évitement en 2011. Les autres traverses avaient été entaillées et de nouvelles selles mises en place.

Renseignements sur les inspections de la voie

La voie de ligne principale de la subdivision Edson qui traverse Gainford était de catégorie 3. La voie d'évitement à cet endroit, avec sa vitesse maximale de 25 mi/h, était de catégorie 2. Selon l'article 2.4 – Inspections visuelles de la voie du *Règlement sur la sécurité de la voie (RSV)* (annexe C), la voie d'évitement de Gainford était tenue de subir des inspections visuelles bihebdomadaires. Avant l'événement, la voie de ligne principale était inspectée à cette fréquence. Au cours de ces inspections, la voie d'évitement adjacente faisait elle aussi l'objet d'une inspection visuelle conformément à l'article 2.4 du RSV. Les dernières inspections¹⁰ de la voie d'évitement tenues avant le déraillement ont eu lieu les 10, 13 et 17 octobre. Les dernières inspections visuelles de la voie d'évitement adjacente menées avant le déraillement ont eu lieu les 17 et 18 octobre. Un contrôle de l'état géométrique de la voie à l'intérieur de la voie d'évitement a été effectué les 28 mai et 30 août à l'aide de la voiture TEST du CN¹¹. Ces inspections n'ont révélé aucune anomalie dans les environs du site du déraillement.

Contrôles de détection des défauts de rail

La technologie aux ultrasons fournit un moyen économique et efficace de contrôler les dizaines de milliers de milles de rail sur le réseau ferroviaire de l'Amérique du Nord. Les contrôles par ultrasons se sont révélés une méthode d'auscultation fiable et économique, mais, comme pour toutes les méthodes de contrôle non destructif, ils peuvent comporter des limites. L'auscultation des rails n'est pas une science exacte. Compétence, formation et expérience sont nécessaires pour bien interpréter les données d'un contrôle et repérer les défauts de rail. Toutefois, les

⁷ Le dévers est la hauteur, exprimée en pouces, du rail extérieur (haut) par rapport au rail intérieur - (bas) dans une courbe. L'inclinaison correspondante vise à compenser l'effet de la force centrifuge.

⁸ Třinecké železářny est une grande compagnie sidérurgique de la République tchèque.

⁹ Les traverses de sécurité sont des traverses que l'on insère pour interrompre des groupes de traverses défectueuses.

¹⁰ Inspections visuelles effectuées pendant que le véhicule d'inspection se déplace sur la voie en cours de contrôle

¹¹ Voiture du Canadien National utilisée pour le contrôle de l'état géométrique de la voie

améliorations apportées aux logiciels de reconnaissance des défauts et à l'interface utilisateur de l'opérateur de la voiture de contrôle ont réduit l'interprétation/intervention humaine nécessaire pour prendre une décision.

Le CN fait appel à Sperry Rail Service (SRS)¹² pour le contrôle des défauts de rail sur ses voies. Le matériel de détection des défauts de rail de SRS utilise des unités de recherche à rouleaux remplies de fluide qui logent les transducteurs et assurent leur contact avec les rails. Différents angles des transducteurs se conjuguent pour produire le meilleur contrôle possible. Un liquide de couplage facilite la transmission de l'énergie ultrasonore entre les transducteurs et le rail. L'annexe A résume la technologie et les processus de contrôle des rails de SRS.

Chez SRS, le contrôle de détection des défauts de rail se déroule généralement comme il suit :

- Les voitures de détection des défauts de rail sont utilisées avec un opérateur adjoint, qui conduit aussi la voiture, et un opérateur en chef.
- La première responsabilité de l'opérateur en chef est d'interpréter les données du contrôle (c.-à-d. de repérer et de consigner les défauts de rail). Actuellement, l'opérateur en chef surveille jusqu'à 30 canaux de contrôle par ultrasons et jusqu'à 6 canaux par induction des données de contrôle, tout en observant visuellement l'état des rails et les particularités de la voie pendant que la voiture se déplace le long du rail. Le travail peut devoir se faire à une allure rapide à cause du temps limité pour effectuer le contrôle entre deux passages réguliers de trains. Par conséquent, il importe de maximiser le temps disponible pour l'occupation de la voie. Bien que les compagnies de chemin de fer cherchent à maximiser la distance contrôlée chaque jour, il incombe à l'opérateur en chef d'effectuer le contrôle et de maintenir la cadence du travail à un niveau raisonnable. Comme les contrats d'auscultation des rails sont généralement basés sur les heures travaillées, et non sur la distance (milles) contrôlée, les opérateurs peuvent prendre le temps qu'il faut pour exécuter des contrôles manuels et des inspections visuelles et, au besoin, arrêter la voiture pour parcourir à nouveau certains tronçons s'ils le jugent nécessaire.
- Les défauts doivent être suffisamment grands et perpendiculaires ou presque à l'axe du faisceau sonore pour qu'une réponse de l'équipement puisse être traitée et soumise à l'interprétation de l'opérateur. L'on sait, par expérience, qu'il est possible que des défauts soient mal identifiés ou que des défauts plus petits passent inaperçus à cause de lacunes à cet égard.

En général, les défauts transversaux sont pour la plupart détectés dans le champignon du rail. Bien que le champignon se prête bien à un contrôle par ultrasons, la technologie actuelle est moins efficace pour détecter les défauts transversaux dans l'âme et le patin du rail. Les défauts transversaux situés au milieu de l'âme et plus bas sont difficiles à détecter en raison de leur orientation et de leur position dans le profil du rail. Il est possible de détecter les défauts longitudinaux dans le champignon, l'âme et le patin du rail. Les défauts situés à l'extérieur de l'âme, comme dans les collets de soudure et les ailes extérieures du patin, sont indétectables parce que le signal ultrasonique n'arrive pas à atteindre ces endroits.

¹² Sperry Rail Service est un fournisseur contractuel de services pour le secteur ferroviaire. Il inspecte les voies ferrées à la recherche de défauts de sous-surface au moyen d'un parc de véhicules de contrôle spécialisés faisant appel à une technologie exclusive et à des systèmes de gestion de données mis au point à l'interne.

De plus, la détectabilité des défauts dépend de la taille et de l'orientation de l'élément transversal et peut être compromise par les conditions à la surface du rail, telle la présence de graisse ou de saleté sur le champignon. D'autres facteurs comme les criques du champignon¹³ et un écaillage interne peuvent eux aussi influencer sur les résultats du contrôle.

Le *Manual for Railway Engineering*, chapitre 4, alinéa 4.3.2, de l'American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA) comporte une ligne directrice sur la performance minimale recommandée pour le contrôle par ultrasons des rails. Cette ligne directrice peut servir de base à une entente entre l'opérateur de la voiture de contrôle des rails et la compagnie de chemin de fer sur une norme de performance minimale acceptable. Les dispositions du contrat entre SRS et le CN étaient plus rigoureuses que la ligne directrice de l'AREMA, car elles exigeaient que l'on détecte plus fréquemment même des défauts plus petits.

Le taux de fiabilité est utilisé pour mesurer la performance des contrôles. Il se définit en terme de pourcentage des défauts réels en voie que l'on peut s'attendre à repérer dans un contrôle individuel par une voiture d'auscultation conduite par un opérateur expérimenté et roulant sur une voie présentant diverses conditions typiques. Les taux de fiabilité dépendent de la taille du défaut et de la catégorie de voie. Comme il n'est pas possible d'obtenir une précision à 100 % lors des contrôles, la ligne directrice sur la performance précise le nombre de défauts valides en voie qui ne sont pas signalés ni autrement détectés. Les normes de performance de l'AREMA sur les contrôles précisent un taux de fiabilité de 55 % pour les fissures de fatigue dues à l'écaillage ou aux criques du champignon sur 10 à 20 % de la section transversale du champignon. La détection des fissures plus petites n'est pas assurée. Le taux de fiabilité standard est de 75 % pour les fissures de fatigue sur 21 à 40 % de la section transversale du champignon dans une voie de catégorie II. Les voies de catégorie II comprennent toutes les voies d'évitement et les voies qui acheminent un tonnage annuel inférieur à 3 MTB et où les vitesses de train sont inférieures à 40 mi/h. La voie d'évitement de Gainford était de catégorie II. Les voies de catégorie I comprennent toutes les voies principales acheminant un tonnage annuel égal ou supérieur à 3 MTB, ou où les vitesses de train sont égales ou supérieures à 40 mi/h (tableau 2).

Tableau 2. Ligne directrice sur la performance minimale recommandée par l'AREMA pour le contrôle des rails : fissure de fatigue due à l'écaillage ou aux criques du champignon

Taille (pourcentage de la surface du champignon présentant une rupture)	Taux de fiabilité (pourcentage des défauts identifiés correctement lors d'un contrôle individuel)	
	Catégorie I	Catégorie II
10 à 20 %	65 %	55 %
21 à 40 %	85 %	75 %
41 à 80 %	95 %	85 %
81 à 100 %	98 %	95 %

¹³ Les criques du champignon sont des microfissures peu profondes qui apparaissent sur le champignon du rail, habituellement au congé de roulement.

Les fissures ou ruptures de fatigue sont des défauts courants et parmi les plus dangereux du fait que la seule façon de les repérer avant une défaillance est une inspection par ultrasons. Quand la surface du rail est dans un état raisonnable, le taux de fiabilité de SRS pour les défauts de fatigue transversaux (DFT)¹⁴ a été d'au moins 95 %. En 2013, SRS a détecté un total de 32 617 défauts lors de travaux de contrôle de 117 341 milles de voie sur le réseau du CN au Canada. Parmi ces défauts, 14 % (c.-à-d. 4458) étaient des DFT. Au cours de la même période, le CN a signalé 276 ruptures de rail en service, dont 20 (ou 7 %) étaient dues à des DFT.

Le CN fait un suivi des rapports sur les ruptures de rail qui se produisent dans les 30 jours qui suivent les contrôles par ultrasons. Toute rupture en service qui survient au cours de cette période de 30 jours fait l'objet d'une enquête et l'on compare les résultats des inspections successives sur une voie donnée afin de repérer tout défaut passé inaperçu. Un opérateur qui n'a pas repéré des endroits suspects potentiels présents lors d'un contrôle reçoit de la rétroaction ou une formation de rattrapage. En 2013, les ruptures en service signalées dues à des DFT représentaient 0,4 % de tous les DFT (détectés par SRS + survenus en service). Le taux de détection du SRS pour les DFT était de 99,6 %.

Détection des défauts de rail dans la voie d'évitement de Gainford

Le RSV approuvé par Transports Canada, à l'article 5.5 de la section F, stipule que sur les voies d'évitement où la vitesse en voie est de 25 mi/h ou plus, le rail doit être soumis au moins une fois par an à un contrôle de détection des défauts. En 2013, des inspections de détection des défauts de rail sur la voie d'évitement de Gainford ont été effectuées les 24 janvier, 8 avril, 17 juillet et 28 août, au-delà des exigences du RSV et des *Normes de la voie – Ingénierie du CN* pour ce qui est de la fréquence des inspections¹⁵.

SRS a procédé à la détection des défauts de rail en se servant de voitures d'inspection adaptées à cette fin (c.-à-d. les voitures SRS 951 et SRS 935). Ces voitures sont équipées de la technologie aux ultrasons, de la technologie de contrôle par vision et induction et des outils d'analyse par l'opérateur les plus poussés.

Le tableau 3 résume les défauts de rail repérés dans la voie d'évitement de Gainford au cours des contrôles de détection des défauts de rail de 2013.

¹⁴ Voir la sous-section Défauts de fatigue transversaux .

¹⁵ Les calendriers de contrôle sont établis en fonction d'une combinaison de facteurs : exigences d'entretien du *Règlement sur la sécurité de la voie* (RSV), nombre de million de tonnes brutes (MTB), nombre et type de défauts détectés, poids des rails, type de trafic et, dans une certaine mesure, ruptures en service.

Tableau 3. Résultats de la détection des défauts de rail pour la voie d'évitement de Gainford

Date du contrôle	Numéro de la voiture	Défaut	Point milliaire
24 janvier	951	Soudure de chantier défectueuse	60,15
8 avril	935	Champignon écrasé	57,25
		Écrasement d'abouts de rail	57,24
		Défaut de fatigue transversal	59,37
17 juillet	935	Soudure de chantier défectueuse	58,55
		Affaissement localisé de la surface de roulement	58,83
28 août	935	Écrasement d'abouts de rail *	58,37

*Avant le déraillement, on avait enlevé ce défaut de la voie en posant un rail de raccord.

Un examen des résultats de la détection des défauts de rail du 28 août indique que les sondes ultrasoniques et les systèmes par vision et induction sur la voiture SRS 935 fonctionnaient comme prévu. Les événements ci-après se sont produits au cours du contrôle du 28 août :

- Il a fallu reprendre un contrôle par suite de la perte de la réponse attendue du signal ultrasonique. La reprise du contrôle n'a donné lieu à aucune perte de la réponse attendue.
- On a relevé certaines conditions à la surface intérieure du rail haut dans la voie d'évitement de Gainford, qui ont été confirmées par des photos du rail générées par le système de contrôle par vision.
- À partir de ces photos, l'opérateur a attribué la réponse du système aux conditions de fatigue du rail (photo 5 et photo 6). Comme il n'y avait pas eu de perte de la réponse attendue lors de la reprise du contrôle, l'opérateur a considéré que le contrôle était valable et aucune autre mesure n'a été prise¹⁶.

¹⁶ Si le conducteur d'un appareil de détection des défauts de rail estime que, en raison de l'état de la surface de roulement ou pour toute autre raison, il n'était pas possible de procéder à une recherche valable des défauts internes sur une longueur particulière de la voie, le contrôle de ce tronçon de voie ne peut être considéré comme une recherche de défauts internes. Ce tronçon de voie est ensuite marqué « No Test » (aucun contrôle) (annexe D).

Photo 5. Condition de la surface du rail



Photo 6. Condition de la surface du rail



- À quelque 190 pieds à l'ouest d'un joint au point milliaire 57,21, on a enregistré des signaux d'induction élevés sur le rail haut, mais sans les signaux ultrasoniques correspondants. On a soupçonné que les seuils d'induction pouvaient avoir été trop élevés, ce qui aurait entraîné un faux positif potentiel indiquant un défaut. Comme les photos du système de contrôle par vision montraient des conditions intermittentes à la surface du côté intérieur du rail haut, l'opérateur a attribué cette réponse du système à des conditions de fatigue au point de contact intérieur.

Formation des opérateurs pour la détection des défauts de rail

Les opérateurs de SRS proviennent normalement, par progression de carrière, du groupe des opérateurs/conducteurs adjoints. Des opérateurs sont aussi recrutés dans des écoles et organisations œuvrant dans le domaine des contrôles non destructifs.

Le programme de formation pour les postes d'opérateur en chef comprend 32 modules de formation en ligne avant le cours et 9 semaines de formation interne propre au matériel et aux procédures de SRS. La partie interne comprend 360 heures de cours théoriques, de démonstrations, de formations sur simulateur à affichage en mode B et de formations en laboratoire aux contrôles manuels, en plus d'examens généraux, pratiques et spécifiques. Le contenu du cours répond aux exigences de l'American Society for Nondestructive Testing Recommended Practice n° SNT-TC-1A. Le programme de formation est également conforme à la réglementation de la Federal Railroad Administration (FRA)¹⁷.

Dans le cas à l'étude, l'opérateur de la SRS 935 comptait plus de 18 années d'expérience dans le contrôle des rails sur le CN et avait suivi la formation poussée de SRS.

Défauts de fatigue transversaux

Une fissure de fatigue est une rupture progressive du rail qui s'amorce à partir d'une séparation longitudinale proche de la surface de roulement, ou à partir d'un écaillage commençant habituellement au congé de roulement et s'étendant transversalement dans le champignon. Les défauts relevés dans les 9 rails récupérés sont généralement connus sous le nom de « fissures de fatigue dues à l'écaillage ». Ce type de défaut commence comme défaut de fatigue appelé écaillage¹⁸, qui est causé par des contraintes générées lors du passage des roues. Une fois amorcées, les écailles peuvent continuer de s'agrandir le long du rail. À partir d'une écaille longitudinale, des fissures transversales peuvent se séparer ou se ramifier et croître verticalement pour former des fissures de fatigue. La très grande majorité des écailles ne se transforment pas en fissures de fatigue. Le mécanisme qui fait en sorte que les écailles se ramifient et croissent dans une direction transversale demeure inconnu.

¹⁷ La Federal Railroad Administration (FRA) a publié des révisions à ses Track Safety Standards (normes sur la sécurité de la voie), qui sont entrées en vigueur le 25 mars 2014. La disposition 213.238 du titre 49 du *Code of Federal Regulations* (Partie 213, Improving Rail Integrity [amélioration de l'intégrité de la voie]), traite de la qualification des opérateurs de voitures de détection. La formation, la qualification et les évaluations de suivi des employés incombent à l'employeur de l'opérateur de voitures de détection; le nouveau règlement stipule qu'un propriétaire de voies ferrées ne doit pas faire appel à un fournisseur de services de détection de défauts de rail qui ne s'y conforme pas. Pour être qualifié, l'opérateur doit avoir la formation nécessaire et l'autorisation de son employeur d'effectuer une recherche valable de défauts de rail internes en utilisant les types particuliers de matériel pour lesquels il dispose de l'autorisation et de la compétence voulues pour en assurer le bon fonctionnement. L'opérateur doit compter un minimum de 160 heures d'expérience en détection de défauts de rail sous la supervision directe individuelle ou combinée d'un opérateur qualifié ou d'un représentant du constructeur du matériel de détection des défauts de rail. Les employeurs doivent réévaluer les qualifications des opérateurs et tenir des dossiers de chaque qualification en vigueur.

¹⁸ L'écaillage est une condition du champignon du rail consistant en séparations longitudinales ou horizontales progressives en sous-surface qui peuvent former des fissures sur le côté intérieur du champignon.

Une fissure de fatigue est classée dans un groupe de défauts de fatigue connus sous le nom de défauts de fatigue transversaux (DFT). Pour ce groupe de défauts, le plan de la fissure est perpendiculaire au sens de roulement du rail. Pour les DFT, il ne peut y avoir d'identification formelle tant que le rail ne s'est pas rompu, étant donné qu'il arrive rarement que la séparation ou la fente longitudinale de la rupture soit mise à découvert. Une défaillance se produit fréquemment avant que le défaut ne soit visible et se traduit généralement par une rupture complète du rail.

Un certain nombre de déraillements ont été attribués à des ruptures de rail résultant de défauts de fatigue dus au contact de roulement, tels que l'exfoliation¹⁹, l'écaillage et les criques du champignon, surtout dans les courbes (annexe B). Dans les courbes, une géométrie non conforme du contact roue-rail (contact du boudin de la roue avec le champignon du rail) et le frottement de glissement provoqueront des contraintes qui peuvent causer un écoulement plastique à la surface du rail (fluage) du côté intérieur du rail haut et du côté extérieur du rail bas. L'écoulement plastique sur le rail haut peut entraîner un écrasement du congé de roulement, surtout en présence d'écaillures profondes. L'écoulement plastique peut aussi amener des inclusions internes à agir comme catalyseur de croissance des défauts, notamment les défauts transversaux comme les fissures de fatigue.

Les ruptures dues à des DFT présentent habituellement des anneaux de croissance qui indiquent l'accroissement progressif de la fissure de fatigue avec chaque cycle de fatigue. Dans le cas d'une croissance lente et progressive, les anneaux sont de plus en plus rapprochés les uns des autres.

La taille des fissures de fatigue est couramment consignée en terme de pourcentage de la surface du champignon du rail.

Le taux de croissance des défauts de rail par fissures de fatigue peut être très irrégulier et imprévisible. La croissance peut se faire à un rythme normal quand la taille du défaut représente de 10 à 20 % de la surface du champignon. Puis, le taux de croissance peut s'accélérer jusqu'à ce que se produise une rupture soudaine dans l'âme et le patin du rail. Cependant, une défaillance soudaine et complète peut se produire dans des défauts de toute taille²⁰. Une recherche du Transportation Technology Center, Inc., effectuée sous le parrainage conjoint de la FRA et de l'AAR, a montré que le taux moyen de croissance d'un défaut par fissure de fatigue peut dépasser 5 % de la section transversale du champignon du rail pour chaque MTB de trafic ferroviaire²¹.

Entre le 28 août (date du contrôle par ultrasons) et le 19 octobre (date du déraillement), environ 2,3 MTB de trafic ont passé par la voie d'évitement de Gainford.

¹⁹ L'exfoliation se définit comme étant la formation d'écaillures ou le détachement de morceaux d'acier de rail lorsque des fissures se rejoignent sous la surface du rail.

²⁰ American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA), *Manual for Railway Engineering*, chapitre 4, 4-4-23.

²¹ Greg Garcia, et collab., étude menée par le Transportation Technology Center, Inc., sur l'apparition et l'évolution des défauts de fatigue transversaux, « Flaw Characterization of Rail Service Failures, » rapport de l'Association of American Railroads n° R-963. Juillet 2003

La croissance du défaut depuis le début jusqu'à 10 % de la section transversale du champignon est relativement lente, mais tend à s'accélérer par la suite. Un taux de croissance au-delà de 10 à 60 % de la surface transversale du champignon peut, de façon raisonnable, être représenté par une ligne droite^{22 23}. Des taux de croissance rapide des défauts peuvent également être associés à un rail où d'importantes contraintes résiduelles de traction sont présentes : dans le champignon; dans les longs rails soudés à des température plus basses où le rail se trouve dans un état de traction longitudinale élevée.

Durée de vie du rail liée à l'usure et à la fatigue

L'augmentation des limites d'usure du rail prolonge la vie d'un actif précieux, représente d'importantes économies et a été rendue possible par des percées dans la technologie de l'acier propre qui ont permis d'obtenir des rails neufs plus résistants à l'usure et à l'évolution de défauts. Les limites d'usure s'appliquent à tous les rails, y compris les rails des générations précédentes. Cependant, les rails plus anciens sont généralement remplacés en raison de défauts de fatigue avant d'avoir atteint leur limite d'usure.

La durée de vie en fatigue du rail²⁴ dépend d'un certain nombre de facteurs, dont le tonnage accumulé, l'emplacement (courbe ou alignement droit), la propreté et la nuance de l'acier, l'état des supports, le graissage, le meulage et les contraintes résiduelles²⁵ dans le rail. Dans des conditions optimales et avec un entretien approprié, certains rails peuvent atteindre une durée de vie en fatigue de plus de 1 milliard de tonnes brutes.

Le CN a élaboré un indice de défauts de rails qui sert à déterminer les endroits où des limitations de vitesse sont nécessaires par temps froid, le besoin de remplacement des rails défectueux et le déclassement graduel des rails usés compte tenu de leur historique de défauts. L'analyse rendue possible par l'indice de défauts de rail est une analyse basée sur les risques qui attribue un degré de gravité (de 1 à 10) à chaque défaut de rail. Le degré de gravité attribué tient compte du type de défaut, de la vitesse à laquelle il s'aggrave et de sa détectabilité. L'on attribue le degré le plus bas aux défauts d'usure; le degré augmente jusqu'aux défauts de fatigue, qui obtiennent le degré le plus élevé. Des tableaux illustrant le degré de gravité des défauts de rail sont utilisés dans le cadre du programme sur l'indice de défauts de rail comme outil d'analyse pour aider à la prise de décision.

Meulage des rails

Le meulage périodique du champignon est une méthode d'entretien visant à contrôler les dommages sur la surface de roulement, notamment les ondulations, les criques du champignon

²² P. Clayton et Y.H. Tang, « Detail Fracture Growth Rates in Curved Track at the Facility for Accelerated Testing (FAST), » *Residual Stress in Rails*, vol. 1, p. 37-56, (The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1992), p. 48. « Fatigue Defect Origination and Growth Experiment, » FRA ORD-91/18, une recherche de 1991 au FAST parrainée par l'Association of American Railroads.

²³ D. Jeong, « Analytical Modelling of Rail Defects and Its Applications to Rail Defect Management, » U.S. Department of Transportation Research and Special Programs Administration, Volpe National Transportation Systems Center, Cambridge, Massachusetts, janvier 2003, p. 15.

²⁴ La durée de vie en fatigue se définit généralement par le nombre de cycles avant rupture. Dans l'industrie ferroviaire, la mesure des cycles est le tonnage accumulé sur le rail.

²⁵ Contraintes résiduelles découlant du processus de fabrication et se produisant sans charge externe imposée au rail

et l'exfoliation. Le meulage des rails sert également à ajuster la géométrie de contact roue-rail en assurant le bon profil de champignon. Ainsi, la position de contact roue-rail peut être déplacée sur le champignon jusqu'à un endroit qui réduit au minimum les contraintes de contact. En ajustant la géométrie de contact, on peut prévenir l'apparition d'écailles profondes comme les fissures de fatigue²⁶ au congé de roulement. Le meulage des rails ralentit l'apparition et la croissance de petites écailles profondes. Le CN considère le meulage des rails comme le principal moyen de défense contre l'apparition et la propagation de défauts internes.

Pour assurer un meulage préventif, il faut meuler les rails des courbes de plus de 3 degrés à des intervalles correspondant au passage de 15 à 25 MTB²⁷. La circulaire des méthodes normalisées (CMN) n° 3709 du CN, intitulée *Meulage des rails par engins automoteurs*, précise que les profils de meulage et la fréquence des meulages doivent être établis par l'ingénieur en chef. Cette norme visait les rails sur voie principale, mais n'avait pas été étendue aux voies d'évitement. Bien que la voie principale de la ligne principale de la subdivision Edson ait été meulée régulièrement, aucun dossier n'indique la dernière date à laquelle le rail de la voie d'évitement de Gainford avait été meulé.

Graissage des rails

Le graissage des rails (ou gestion de la friction) est une méthode qui sert à limiter les propriétés du frottement au point de contact roue-rail sur le boudin de roue et sur le dessus du rail. Le graissage des rails réduit l'usure des roues et des rails, les contraintes dues au contact, les forces latérales, et la résistance au roulement dans les courbes et les tronçons en alignement droit. Un autre avantage est qu'il réduit la consommation de carburant.

Le programme de graissage du CN utilise des dispositifs de graissage de boudins de roue et de dessus de rail en bordure de voie. Ces graisseurs de rails utilisent des capteurs sans contact montés sur rail qui détectent le passage des roues pour signaler à un moteur électrique de libérer du lubrifiant. Les paramètres de la boîte de commande peuvent être réglés pour ajuster la quantité de lubrifiant libérée en fonction du nombre de roues qui passent par l'emplacement, réduisant ainsi le gaspillage de lubrifiant et le potentiel de patinage et de blocage de train. La voie d'évitement de Gainford n'est dotée d'aucun graisseur. Les graisseurs de boudins de roue les plus proches de la voie d'évitement de Gainford sont situés sur la voie principale aux points milliaires 56,0 et 62,3.

Ni le meulage ni le graissage ne suffisent à eux seuls à gérer adéquatement le contact roue-rail. Cependant, un programme de meulage préventif, le graissage de la face intérieure du rail et la gestion du frottement sur le dessus du rail peuvent contribuer ensemble à prévenir l'apparition de défauts et prolonger la durée de vie du rail²⁸.

²⁶ « Controlling Deep-Seated Shells on CPR, » *Railway Track & Structures*, juin 2006.

²⁷ A.M. Zaremski, *The Art and Science of Rail Grinding*. (Omaha [Nebraska] : Simmons-Boardman Books Inc., août 2005, p. 253-258 et p. 284-288), p. 262.

²⁸ « Grinding, « Friction Management, Handling HAL Maintenance of Way Headaches, » *Railway Track & Structures*, juillet 2004.

Analyse en laboratoire des rails récupérés

On a récupéré environ 565 pieds de rails, soit la presque totalité de la longueur du rail haut de la courbe. En plus de l'examen des rails sur place, 16 morceaux de rail (marqués TSB-1 à TSB-16) ont été envoyés au laboratoire d'expertise de matériaux d'Exova à Montréal (Québec), qui a procédé à une analyse plus poussée²⁹. Les rails ont été soumis à des contrôles magnétoscopiques non destructifs et ultrasonores. Le tableau 4 résume les résultats des essais.

Tableau 4. Résumé des résultats des essais sur les rails

Numéro d'échantillon	Zone usée du champignon du rail (pouces ²)	Zone de fissures de fatigue y compris la zone de croissance rapide (pouces ²)	Pourcentage de la zone usée du champignon du rail dans la zone de fissures de fatigue	Zone de croissance rapide (pouces ²)	Pourcentage de la zone usée du champignon du rail dans la zone de croissance rapide
TSB-1 EE FC	3,03	0,433	14,3	0,1555	5,1
TSB-1 FC intégrée	3,03	0,932	30,8	0,1194	3,9
TSB-1 WE FC	3,02	0,439	14,5	Aucun	S. O.
TSB-2 EE FC	3,02	0,231	7,6	Aucun	S. O.
TSB-3 EE FC	3,15	0,345	10,9	Aucun	S. O.
TSB-3 FC intégrée	3,15	0,040	1,3	Aucun	S. O.
TSB-3 FC intégrée	3,15	0,049	1,5	Aucun	S. O.
TSB-3 WE		Fracture de surcharge			
TSB-4 EE FC	3,31	0,814	24,6	0,1876	5,7
TSB-4 WE FC	3,14	0,373	11,9	0,1721	5,5
TSB-5 EE FC	2,90	0,770	26,5	Aucun	S. O.
TSB-5 FC intégrée	2,94	0,445	15,1	0,1485	5,1
TSB-5 WE FC	3,13	0,440	14,0	Aucun	S. O.
TSB-6 EE FC	3,13	0,446	14,3	Aucun	S. O.
TSB-7 WE FC	3,04	0,455	15,0	Aucun	S. O.
TSB-8 EE FC	3,13	0,213	6,8	Aucun	S. O.
TSB-9 WE FC	2,85	0,762	26,7	Aucun	S. O.
TSB-10		Fracture de surcharge			
TSB-11		Fracture de surcharge			

²⁹ Exova a effectué l'analyse métallurgique au nom du Canadien National et en consultation avec le personnel technique du Bureau de la sécurité des transports.

TSB-12		Fracture de surcharge	
TSB-13		Fracture de surcharge	
TSB-14		Fracture de surcharge	
TSB-15		Fracture de surcharge	
TSB-16		Fracture de surcharge	

Notes :

EE = *East End* [extrémité est], WE = *West End* [extrémité ouest], FC = *Fatigue Crack* [fissure de fatigue]

Zone du champignon des nouveaux rails de 132 livres = 4,53 pouces²

TSB-1 EE correspond à TSB-4 WE, TSB-5 EE correspond à TSB-9 WE, TSB-6 EE correspond à TSB-7 WE

Fissures de fatigue intégrées à l'échantillon de rail TSB-1

Photo 7. Ondulations de fatigue ou anneaux de croissance (Source : Exova)

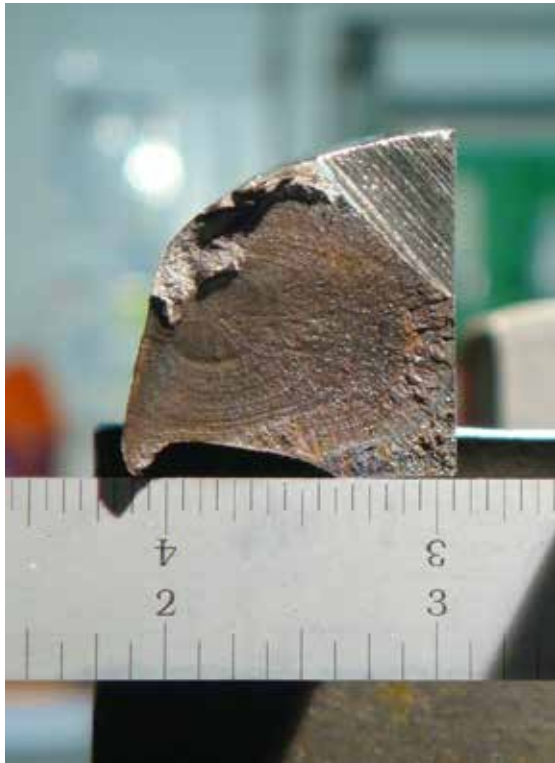


Photo 8. (Source : BST)



L'analyse en laboratoire des rails a déterminé ce qui suit :

- On a constaté un total de 16 fissures de DFT sur 8 morceaux. La plus importante fissure de fatigue correspondait à 30,8 % de la section transversale du champignon de rail usé (photo 7 et photo 8).
- La plus importante usure totale du côté extérieur et du champignon de 19,5 mm a été constatée sur l'échantillon TSB-3.
- L'extrémité est de l'échantillon TSB-3 présentait la seule surface de fissure sur le dessus du champignon endommagée par impact de roue. Une importante fissure par écaillage a été constatée du côté extérieur. Ce morceau de rail était probablement à l'origine de la défaillance de rail catastrophique (photo 9).

- La présence de défauts transversaux internes préexistants a entraîné la rupture des rails.

Photo 9. Dommages par impact de roue sur l'échantillon de rail TSB-3 (Source : Exova)



- Ces défauts transversaux sont apparus dans des zones d'écaillage résultant d'une dense circulation ferroviaire à long terme.
- Les dommages à la surface des rails, comme l'écaillage et les criques, semblent avoir grandement empêché la détection des défauts, réduisant le rendement de l'équipement à ultrasons utilisé pour détecter les défauts internes.

Autres événements semblables

Le 3 novembre 2013, au départ de la voie d'évitement de Peers au point milliaire 109,60 de la subdivision Edson, le train 34851-01 circulant vers l'est a connu un freinage d'urgence intempestif. Après l'arrêt du train, il a été déterminé que 12 wagons chargés de bois d'œuvre et 1 wagon-citerne — PROX 91468, chargé d'anhydride sulfureux — avaient déraillé à la verticale, obstruant la voie principale. L'incident n'a occasionné ni blessure, ni déversement de produit (événement n° R13E0153 du BST).

La voie d'évitement de Peers est 1 des 7 voies d'évitement où la limite de vitesse est de 25 mi/h dans la subdivision Edson. Au moment de l'examen du site de l'accident, on a découvert un morceau de rail 1996 Bethlehem avec DFT à environ 12 pouces d'une soudure aluminothermique (photo 10). Le champignon du rail présentait 18 mm d'usure et le côté extérieur, 5 mm d'usure. Un autre DFT a été constaté à proximité sur un autre morceau du même rail. Les deux morceaux de rail étaient écrasés, ce qui indique que le rail s'était rompu et était resté sur la voie jusqu'à ce que d'autres morceaux se rompent au passage des roues. Le rail provenait d'un rail³⁰ de raccord situé dans le rail sud (haut) de la voie d'évitement près du point où la voie en alignement amorce une courbe de raccordement menant à l'aiguillage est. Le rail parent était un rail 1987 Sydney en acier au carbone avec une perte de 18 mm du champignon et une usure de 1 mm du côté extérieur. Tous les rails en cause étaient de 136 livres avec peu d'écaillage et de fissuration du congé de roulement.

³⁰ Un court morceau de rail, c'est-à-dire de 10 pieds, qui est normalement installé après la rupture d'un rail. Les rails de raccord sont sélectionnés en fonction des caractéristiques d'usure des rails de part et d'autre du rail rompu. Normalement, ils sont tout d'abord boulonnés (réparation d'urgence) pour ensuite être soudés en place pour terminer la réparation.

La voie d'évitement de Peers avait été soumise à un contrôle de détection des défauts de rail le 26 août sans qu'aucun défaut ne soit détecté. Un examen du contrôle de SRS, effectué par le même opérateur avec la même voiture ayant servi au contrôle de la voie d'évitement de Gainford 2 jours plus tard, a révélé des indications de réponses aux essais par ultrasons et par induction près de la surface. L'opérateur a attribué ces réponses à de la fatigue superficielle dans la portion du centre ou du congé de roulement du champignon du rail. Il n'existait aucune indication de DFT sur l'enregistrement d'auscultation à affichage en mode B³¹.

Voir l'annexe B pour d'autres événements semblables.

Photo 10. Le défaut de fatigue transversal (DFT) au congé de roulement du rail haut de la voie d'évitement de Peers (extrémité est du rail de raccord [flèche jaune]) (à remarquer : l'emplacement de la soudure aluminothermique [flèche rouge])



Intervention d'urgence

Le service des incendies du comté de Parkland était sur place peu après l'événement. Conjointement avec le CN, un poste de commandement central a été mis sur pied. La zone

³¹ L'affichage en mode A et l'affichage en mode B désignent le mode de présentation des données pour l'opérateur. La plupart des voitures du parc de SRS, y compris les SRS 951 et SRS 935, étaient dotées d'un système à affichage en mode B. L'affichage en mode B permet à l'opérateur en chef d'analyser les données plus efficacement et avec plus de précision comparativement au système à affichage en mode A. Tous les canaux à ultrasons et à induction sont surveillés sur l'affichage en mode B, et les données provenant de l'équipement d'inspection sont traitées et fournies à l'opérateur en chef dans la voiture par des écrans.

chaude, un poste de commandement d'incident et un centre d'intervention d'urgence ont été établis. La Gendarmerie royale du Canada a aidé à limiter l'accès au site. La circulation dans les deux sens sur l'autoroute 16 a été déviée vers des routes secondaires. Quiconque pénétrait dans la zone protégée devait signer à l'entrée et à la sortie au poste de contrôle.

L'évacuation des résidents a commencé dans l'heure qui a suivi le déraillement et s'est terminée à 3 h 5 le 19 octobre. On a dû évacuer 106 maisons situées dans le voisinage du déraillement. Au total, 138 personnes ont été évacuées. L'évacuation a pris fin après 4 jours.

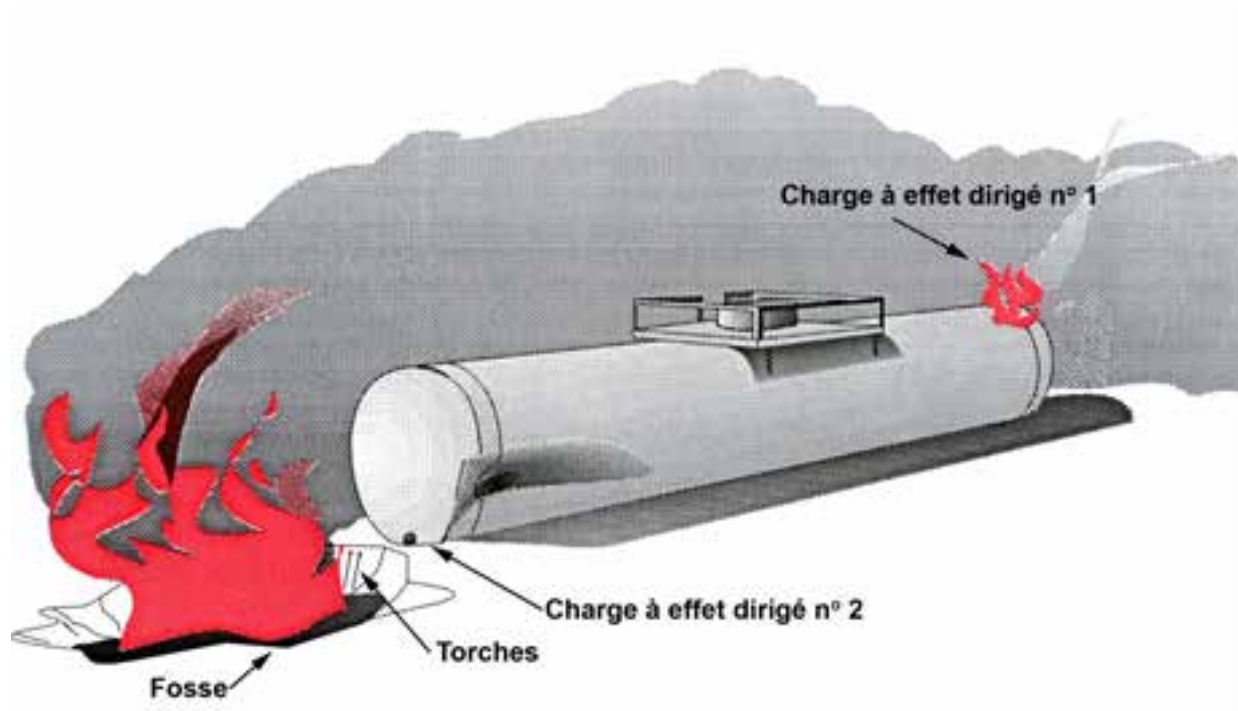
En plus du service des incendies du comté de Parkland, de la Gendarmerie royale du Canada et du CN, les autres organismes sur les lieux comprenaient le BST, Transports Canada, le ministère des Transports de l'Alberta et le ministère de l'Environnement et du Développement de ressources durables de l'Alberta.

Opérations de neutralisation par combustion

La neutralisation par combustion est une méthode qui consiste à faire détonner des charges explosives placées à des endroits stratégiques pour créer une ouverture dans un wagon-citerne de façon à pouvoir disposer de son contenu. Cette méthode peut être utilisée pour des gaz inflammables, des liquides inflammables ou combustibles, ou des solides inflammables qui sont à une température à laquelle ils peuvent s'écouler. On envisage de procéder de cette façon lorsqu'il est impossible de déplacer le wagon, de transférer le produit ou de brûler le contenu de la citerne. La neutralisation par combustion permet de raccourcir la durée potentielle d'une situation d'urgence ou d'une évacuation, ou d'atténuer le plus possible les dangers auxquels le public est exposé.

La procédure proprement dite consiste à placer 2 charges explosives sur le wagon-citerne touché. Une des charges est placée sur le point le plus élevé d'une des extrémités du wagon, communément appelé « espace vapeur ». L'autre charge est placée à l'extrémité opposée du wagon et en son point le plus bas, communément appelé « espace liquide ». On fait tout d'abord exploser la charge de l'espace vapeur. La charge perce un trou dans la paroi de la citerne, enflamme les vapeurs à mesure que celles-ci s'échappent dans l'atmosphère et fait baisser la pression à l'intérieur de la citerne. Dès que la pression a baissé, on allume la seconde charge. Cette dernière charge perce un trou dans l'espace liquide, ce qui fait que le gaz liquéfié peut sortir de la citerne et s'écouler dans une fosse creusée au préalable, d'où il est brûlé (figure 4).

Figure 4. Schéma de la neutralisation par combustion (Source : Transportation Technology Center, Inc., *Tank Car Safety Manual*, Section L, Association of American Railroads, 1991)



Le 20 octobre, un entrepreneur spécialisé en explosifs était sur les lieux pour diriger les opérations de neutralisation par combustion sur 8 wagons-citernes pleins de GPL (photo 11). Après la première opération de neutralisation par combustion, 5 wagons-citernes contenaient encore du produit. Une seconde opération de neutralisation par combustion a été menée le 21 octobre.

Photo 11. Opération initiale de neutralisation par combustion



La seconde opération de neutralisation par combustion a réussi sur tous les wagons-citernes restants, sauf un, où seul l'espace vapeur a été pénétré. Cependant, l'espace liquide n'a pas été pénétré, et les vapeurs enflammées ont brûlé par l'ouverture de l'espace vapeur. Les intervenants ont ensuite pompé de l'eau dans la canalisation de liquide à l'aide d'un camion d'incendie, forçant le produit en combustion à monter et à jaillir sous forme liquide par l'ouverture de l'espace vapeur. Cette intervention a duré toute la nuit. Une fois que de l'eau a commencé à s'écouler par l'ouverture de l'espace vapeur, peu après le lever du soleil, l'incendie était éteint. Après cette intervention, les opérations de démolition et les travaux de restauration de la voie principale ont commencé.

Analyse

Ni l'état du matériel roulant ni la manière dont le train était conduit n'ont été considérés comme des facteurs contributifs à l'accident à l'étude. L'analyse portera sur les rails, y compris leurs défauts, ainsi que sur les méthodes de gestion, d'inspection et d'auscultation des rails.

L'accident

Le train a déraillé lorsqu'une ou plusieurs ruptures se sont produites dans le rail haut au moment où le train amorçait la courbe à l'extrémité est de la voie d'évitement de Gainford. Au cours du déraillement, plusieurs autres rails se sont rompus aux alentours du point de déraillement. La fragmentation du rail était attribuable à la présence de nombreux défauts transversaux sur toute la longueur du rail haut dans la courbe. Les défauts transversaux sont apparus dans des zones d'écaillage résultant de la densité de circulation ferroviaire relativement forte et de la charge sur la voie d'évitement de Gainford.

La vitesse maximale en marche pour la voie d'évitement de Gainford était de 25 mi/h. Cependant, avec une vitesse d'équilibre de 15,5 mi/h dans la courbe, des contraintes plus élevées s'exerçaient au point de contact roue-rail (c'est-à-dire sur la face du congé de roulement du rail haut). Ces contraintes plus élevées ont mené à la formation d'écaillures et de fissures de fatigue le long de la face du congé de roulement du rail haut.

La taille critique de l'un des défauts transversaux a été atteinte lorsque la zone restante du champignon du rail, qui avait atteint ou presque atteint sa limite d'usure, n'a plus été en mesure de soutenir la charge, ce qui a entraîné la défaillance soudaine et complète du rail. Bien qu'une auscultation du rail ait été effectuée (soit moins de 2 mois auparavant), la présence de criques sur le champignon du rail et d'écaillures dans la zone de la surface de roulement avait compromis l'aptitude du système à repérer les défauts de fatigue transversaux (DFT).

Remplacement des rails dans les courbes

Le rail bas dans la courbe avait été remplacé en mars 2013 par un nouveau rail de 136 livres. La hauteur verticale du nouveau rail était plus élevée que celle du rail bas usé précédent. Sans changement au rail haut, qui approchait de sa limite d'usure de 24 mm (c'est-à-dire la combinaison de l'usure verticale et de l'usure latérale), le dévers de la courbe avait été réduit. Bien que le dévers respectait encore les normes du Canadien National (CN), la vitesse d'équilibre n'était que de 15,5 mi/h, soit inférieure à la vitesse maximale en marche de 25 mi/h. Lorsque des trains circulaient sur la courbe à une vitesse supérieure à la vitesse d'équilibre, des contraintes plus élevées s'exerçaient sur la face intérieure du rail haut, favorisant la formation d'écaillures et de fissures de fatigue. Si le rail d'un seul côté d'une courbe est remplacé par un rail d'une hauteur différente, le dévers de la courbe et la vitesse d'équilibre s'en trouvent modifiés, ce qui accroît le risque d'imposer des contraintes plus élevées et d'endommager l'autre rail.

Élimination des défauts de surface du rail avant l'auscultation par ultrasons

L'auscultation des rails par ultrasons peut ne pas être fiable lorsque la surface du rail est en mauvais état ou contaminée. En pareil cas, le signal ultrasonique peut ne pas pénétrer la surface

du rail adéquatement, ce qui entraîne le masquage de défauts de rail internes en pleine évolution et accroît le risque d'un déraillement en raison d'une rupture de rail. Dans l'événement à l'étude, la présence et la profondeur de criques sur le champignon du rail et d'écaillés dans la zone centrale de la surface de roulement a entravé la pénétration des signaux ultrasoniques dans l'acier pour y détecter les DFT.

Le CN considère le meulage des rails comme le principal moyen de défense contre l'apparition et la propagation de défauts internes. Pour assurer un meulage préventif des rails de voie principale, les pratiques d'exploitation courantes de la compagnie prévoient que les courbes de plus de 3 degrés soient meulées à tous les 15 à 25 millions de tonnes brutes (MTB), et que les profils et fréquences de meulage soient établis par l'ingénieur en chef. Même si cette norme visait initialement les rails de voie principale et non ceux des voies d'évitement d'utilisation occasionnelle à basse vitesse, les voies d'évitement aux vitesses plus élevées et à la circulation plus dense de la subdivision Edson pourraient justifier qu'on y envisage un programme de meulage plus rigoureux. Le programme de meulage éliminerait les défauts de la surface des rails afin de maximiser l'efficacité de l'auscultation des rails par ultrasons. Si les défauts de surface des rails ne sont pas éliminés avant l'auscultation par ultrasons, les défauts de rail internes risquent de ne pas être détectés, ce qui peut entraîner la rupture de rails et des déraillements.

Durée de vie en fatigue des rails

La durée de vie en fatigue des rails dépend d'un certain nombre de facteurs, dont le tonnage accumulé, l'emplacement (courbe ou alignement droit), la propreté de l'acier, l'état des supports, la nuance de l'acier et les contraintes résiduelles dans le rail. Dans des conditions optimales, certains rails peuvent atteindre une durée de vie en fatigue de plus de 1 milliard de tonnes brutes.

Dans le cas à l'étude, le rail d'époque des années 1974 et 1977 installé sur le rail haut dans la courbe où s'est produit le déraillement avait atteint, ou presque atteint, la limite d'usure établie par le CN. Même si on ne connaît pas le tonnage accumulé total, la présence de DFT sur l'ensemble du rail indique que le rail avait atteint sa limite de vie en fatigue, ou s'en approchait. La durée de vie en fatigue était vérifiée par des contrôles des rails et l'évaluation du nombre et des types de défauts de rail détectés. Malgré l'augmentation des contrôles sur la voie d'évitement de Gainford, les nombreux défauts transversaux n'ont pas été détectés.

Résistance à l'impact des wagons-citernes

Les 4 wagons-citernes DOT 111 en cause dans l'événement (wagons 13 à 16) se sont renversés au nord de la voie d'évitement et se sont arrêtés sur la voie principale. Il est probable que le 16^e wagon a été le premier à dérailler. Notamment en raison des attelages à double plateau, des forces en torsion ont agi sur les 3 wagons précédents, causant leur déraillement. Les 4 wagons-citernes DOT 111 se sont arrêtés avant le point de déraillement principal et ils n'ont pas été heurtés par d'autres wagons déraillés ni directement endommagés par l'incendie et les explosions qui ont suivi. Compte tenu de l'alignement longitudinal de ces wagons au moment où ils se sont renversés sur la voie principale, de l'absence d'impact secondaire et du fait qu'ils n'ont pas été exposés à l'incendie et à l'explosion des wagons qui ont déraillé par la suite, les 4 wagons-citernes DOT 111 construits selon les normes CPC-1232 n'ont pas été lourdement endommagés au cours du déraillement.

Les wagons-citernes DOT 112J en cause dans l'événement ont été perforés lorsqu'ils ont été heurtés par des composantes d'autres wagons déraillés. Le wagon 18 (UTLX 955375) s'est renversé, à angle droit par rapport au sens de déplacement. Les wagons 19 et 20 ne sont pas entrés en contact avec le wagon UTLX 955375, mais le wagon 21 (CGTX 65449) s'est séparé du wagon 20 et a continué sa route en ligne droite; son attelage a heurté la partie inférieure du wagon UTLX 955375 presque au centre et a endommagé l'enveloppe externe et la paroi de ce dernier. Du gaz de pétrole liquéfié (GPL) s'est rapidement déversé et a explosé.

Les wagons-citernes DOT 112J sont conçus pour transporter des produits sous pression, comme le GPL; leurs extrémités sont dotées d'une protection supplémentaire, mais la protection de leurs flancs (p. ex., enveloppe externe) est limitée. Dans le cas à l'étude, un attelage a perforé le côté du wagon DOT 112J se soldant par un déversement rapide du produit, qui a explosé. Malgré l'utilisation d'attelages à double plateau pour faire en sorte que les wagons-citernes déraillés demeurent attelés et le renforcement des extrémités des wagons-citernes pour qu'ils résistent aux collisions en bout, le corps des wagons-citernes est vulnérable aux collisions latérales lorsque des wagons déraillés se séparent l'un de l'autre.

Intervention à la suite de l'incident

Un poste de commandement central en cas d'incident a été mis en place avec toutes les autorités et organismes. Ce poste de commandement a permis la mobilisation et l'intervention rapides et efficaces des ressources. L'évacuation a été effectuée de façon efficace. Des mesures appropriées et efficaces ont été prises pour protéger le site et assurer la sécurité du public immédiatement après le déraillement.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le train a déraillé lorsqu'une ou plusieurs ruptures se sont produites dans le rail haut au moment où le train amorçait la courbe à l'extrémité est de la voie d'évitement de Gainford.
2. La fragmentation du rail était attribuable à la présence de nombreux défauts transversaux sur toute la longueur du rail haut dans la courbe. Les défauts transversaux sont apparus dans des zones d'écaillage résultant de la densité de la circulation ferroviaire et des charges élevées.
3. Avec une vitesse d'équilibre de 15,5 mi/h dans la courbe, où la vitesse maximale était de 25 mi/h, des contraintes plus élevées s'exerçaient au point de contact roue-rail (c'est-à-dire sur la face du congé de roulement du rail haut). Ces contraintes plus élevées ont mené à la formation d'écailles et de fissures de fatigue le long de la face du congé de roulement du rail haut.
4. La taille critique de l'un des défauts transversaux a été atteinte lorsque la zone restante du champignon du rail, qui avait atteint ou presque atteint sa limite d'usure, n'a plus été en mesure de soutenir la charge, ce qui a entraîné la défaillance soudaine et complète du rail.
5. Bien qu'une auscultation du rail ait été effectuée moins de 2 mois auparavant, la présence de criques sur le champignon du rail et d'écailles dans la zone de la surface de roulement avait compromis l'aptitude du système à repérer les défauts de fatigue transversaux.

Faits établis quant aux risques

1. Si le rail d'un seul côté d'une courbe est remplacé par un rail d'une hauteur différente, le dévers de la courbe et la vitesse d'équilibre s'en trouvent modifiés, ce qui accroît le risque d'imposer des contraintes plus élevées et d'endommager l'autre rail.
2. Si les défauts de surface des rails ne sont pas éliminés avant l'auscultation par ultrasons, les défauts de rail internes risquent de ne pas être détectés, ce qui peut entraîner la rupture de rails et des déraillements.

Autres faits établis

1. Malgré l'augmentation des contrôles sur la voie d'évitement de Gainford, les nombreux défauts transversaux n'ont pas été détectés.
2. Malgré l'utilisation d'attelages à double plateau pour faire en sorte que les wagons-citernes déraillés demeurent attelés et le renforcement des extrémités des wagons-citernes pour qu'ils résistent aux collisions en bout, le corps des wagons-citernes est

vulnérable aux collisions latérales lorsque des wagons déraillés se séparent l'un de l'autre.

3. Des mesures appropriées et efficaces ont été prises pour protéger le site et assurer la sécurité du public immédiatement après le déraillement.
4. Compte tenu de l'alignement longitudinal des 4 wagons-citernes DOT 111 au moment où ils se sont renversés sur la voie principale, de l'absence d'impact secondaire et du fait qu'ils n'ont pas été exposés à l'incendie et à l'explosion des wagons qui ont déraillé par la suite, les 4 wagons-citernes DOT 111 construits selon les normes CPC-1232 n'ont pas été lourdement endommagés au cours du déraillement.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

À la suite du déraillement, le Canadien National (CN) a effectué des inspections à pied et d'autres contrôles de détection des défauts de rail sur toutes les voies d'évitement où la vitesse maximale est de 25 mi/h. Sur les voies d'évitement en attente de nouveaux contrôles, la vitesse a été réduite de 25 mi/h à 15 mi/h. Les inspections à pied ont servi à jeter les bases d'un programme de remplacement des rails présentant des criques du champignon en surface, des écailles et une usure du champignon supérieure à 19 mm. La voie d'évitement de Gainford a fait l'objet d'une inspection à pied le 24 octobre.

Le CN a entrepris un programme de meulage des rails pour les voies d'évitement rapides, comme celle de Gainford.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 28 janvier 2015. Le rapport a été officiellement publié la première fois le 24 février 2015.

Correction

Dans le rapport publié le 24 février 2015, le début de la deuxième phrase du deuxième paragraphe de la sous-section intitulée Résistance à l'impact des wagons-citernes, se lisait comme il suit : « Le wagon 19 n'est pas entré en contact avec le wagon UTLX 955375, mais le wagon 20 (CGTX 65449) s'est séparé du wagon 19 et a continué sa route en ligne droite; son attelage a heurté la partie inférieure du wagon UTLX 955375 ». Cette partie de la phrase a été corrigée et se lit maintenant comme il suit : « Les wagons 19 et 20 ne sont pas entrés en contact avec le wagon UTLX 955375, mais le wagon 21 (CGTX 65449) s'est séparé du wagon 20 et a continué sa route en ligne droite; son attelage a heurté la partie inférieure du wagon UTLX 955375 ».

La version corrigée du rapport a été publiée le 26 février 2015.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst-tsb.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.

Annexes

Annexe A – Sperry Rail Service – Contrôles de détection des défauts de rail

Les voitures de détection des défauts de rail de Sperry Rail Service (SRS) comprennent un chariot d'essai doté de 12 transducteurs par rail (UX6 x 2). De ces 12 transducteurs, 2 sont des transducteurs à angle nul, 1 est orienté vers l'avant, 1 est orienté vers l'arrière avec un angle nominal de 45°, 6 sont orientés à 70° et 2 sont des transducteurs latéraux. Les transducteurs sont orientés vers la section transversale du champignon afin de détecter les séparations verticales dans celui-ci alors qu'ils se déplacent de façon longitudinale le long du rail.

Figure 5. (Source : Sperry Rail Service)

- 3 unités de recherche à rouleaux (RSU) de chaque côté
- Actuellement, 30 canaux de contrôle par ultrasons sont utilisés.
- Capacité de 48 canaux
- Système de détection par induction



Induction

UX6 X-Fire UX6

La plus récente amélioration de la technologie aux ultrasons de SRS est le X-Fire qui comporte une troisième unité de recherche à rouleaux qui peut détecter les défauts transversaux, qui sont difficiles à trouver avec la technologie courante. Les sondes obliques de cette unité peuvent détecter les défauts transversaux même en présence de signes de fatigue au congé de roulement. L'unité X-Fire comprend 3 transducteurs par rail, soit 1 transducteur à angle nul, 1 orienté vers l'avant et 1 orienté vers l'arrière.

Les nouvelles configurations de sondes, comme le X-Fire, ont permis d'améliorer la zone contrôlée de la section transversale du champignon.

Les voitures de détection des défauts de rail de SRS ont aussi les fonctions et dispositifs suivants :

- Un affichage en mode B qui permet à l'opérateur en chef d'analyser les données de façon plus efficace et plus précise. Les données fournies par les détecteurs sont traitées puis transmises à l'opérateur à l'intérieur de la voiture sur des écrans d'affichage. Les canaux de contrôle par ultrasons et les canaux de contrôle par induction sont tous surveillés à partir de l'affichage en mode B.
- L'opérateur voit les particularités normales de la voie comme les joints, les soudures, les composants d'aiguillage et les passages à niveau dans le registre de contrôle.
- Si l'opérateur juge qu'un résultat est suspect, il arrête la voiture et fait marche arrière jusqu'à la hauteur du point qui a produit l'écho, ou réponse, du système. L'opérateur descend de la voiture et procède à un contrôle manuel du rail au moyen d'un appareil de contrôle aux ultrasons portatif. Si le contrôle manuel confirme un défaut, on marque le rail, et une équipe de travail, qui suit la voiture SRS, protège ou remplace le rail.
- En plus des contrôles par ultrasons, SRS utilise la technologie électromagnétique (par induction). Dans le passé, le matériel de contrôle par induction était trop gros pour être installé sur des véhicules rail-route. SRS a toutefois conçu un système à induction monté sur une plate-forme rail-route. Aujourd'hui, 60 % des voitures du parc de SRS sont dotées de la technologie par induction. Dans des conditions normales, la technologie aux ultrasons ou la technologie de contrôle par ultrasons et induction peuvent effectuer des contrôles à une vitesse entre 5 et 20 mi/h, selon l'environnement et l'état de la voie.
- SRS a aussi amélioré la technologie de contrôle par vision en ajoutant son système d'observation et de détection des fissures dans les éclisses qui photographie le rail dès que l'opérateur reçoit une réponse générée par le système. L'opérateur peut ainsi mieux comprendre les causes de la réponse et examiner sans délai les conditions connexes. Cette technologie permet d'augmenter le nombre de milles contrôlés et fait en sorte que l'opérateur n'a plus à passer en marche en arrière pour observer l'état ou les particularités de la voie qui ont produit une réponse, couramment appelé arrêt non productif. Les photos sont prises seulement pour la face intérieure du rail, en direction du dessus du champignon.

Annexe B – Autres événements semblables

Depuis 2005, le Bureau de la sécurité des transports du Canada a mené des enquêtes sur des déraillements causés par des ruptures de rail dues à des défauts de rail non détectés. Les événements se sont produits alors qu'on avait effectué des contrôles de détection des défauts de rail peu avant les accidents ou lorsque les résultats des contrôles avaient été compromis par le mauvais état de la surface des rails. Voici une liste de certaines de ces enquêtes :

- **R11C0118 – Déraillement en voie principale près d'Alix Junction (Alberta).** Le 21 octobre 2011, vers 9 h 35, heure avancée des Rocheuses, 7 wagons (13 caisses) du train de marchandises Q11531-18 du Canadien National (CN) faisant route vers le sud, de Mirror (Alberta) et à destination de Calgary (Alberta), dérailent au point milliaire 13,2 de la subdivision Three Hills, près d'Alix Junction. Les wagons déraillés transportaient des conteneurs chargés de divers produits, dont des marchandises dangereuses. Quelque 900 litres d'acide phosphorique (produits de nettoyage) se sont déversés. Il n'y a pas eu de blessés.
- **R10C0086 – Déraillement en voie principale près d'Airdie (Alberta).** Le 3 août 2010, à 6 h 43, heure avancée des Rocheuses, le train de marchandises 2-269-02 du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP), en provenance de Red Deer (Alberta), roule en direction sud vers Calgary (Alberta) quand 32 wagons quittent la voie au point milliaire 21,4 de la subdivision Red Deer. Parmi les wagons déraillés, il y a 12 wagons-citernes sous pression qui transportent de l'ammoniac anhydre (UN 1005). L'accident n'a causé ni déversement de produits ni blessures.
- **R09Q0047 – Déraillement en voie principale près de Saint-Tite (Québec).** Le 21 novembre 2009, à 20 h 46, heure normale de l'Est, 10 wagons (5 wagons chargés et 5 wagons vides) du train M-365-21-21 du CN dérailent sur le pont ferroviaire qui enjambe la rivière des Envies, au point milliaire 6,53 de la subdivision Lac-Saint-Jean. Il n'y a eu aucun déversement de marchandises dangereuses ni aucune blessure.
- **R08C0164 – Déraillement en voie principale près de Burdett (Alberta).** Le 30 novembre 2008, à 16 h 4, heure normale des Rocheuses, pendant que le train de marchandises 356-196 du CFCP roule en direction est entre Lethbridge (Alberta) et Bellcott (Alberta), 18 wagons-trémies couverts vides quittent la voie au point milliaire 45,62 de la subdivision Taber. Aucune marchandise dangereuse n'était en cause, et il n'y a eu aucune blessure.
- **R05E0059 – Déraillement en voie principale près de Wabamun (Alberta).** Le 3 août 2005, à 5 h 9, heure avancée des Rocheuses, le train de marchandises M30351-03, exploité par le CN, roule en direction ouest entre Edmonton (Alberta) et Vancouver (Colombie-Britannique) lorsque 43 wagons (dont 25 wagons chargés de mazout C [mazout lourd], 1 wagon chargé d'huile servant au traitement de poteaux et 1 wagon chargé de toluène [UN 1294]) dérailent au point milliaire 49,4 de la subdivision Edson. Il y a déversement d'environ 700 000 litres de mazout C et de 88 000 litres d'huile servant au traitement de poteaux.

*Annexe C – Transports Canada, Règlement sur la sécurité de la voie,
Section F, Article 2.4 – Inspections visuelles de la voie*

- a) Sauf indication contraire, chaque inspection visuelle de la voie doit être effectuée à pied ou dans un véhicule roulant sur la voie à une vitesse qui permet à la personne chargée de l'inspection de faire la vérification visuelle nécessaire pour repérer toute dérogation au RSV.
- b) La vitesse du véhicule ne doit pas dépasser 5 mi/h au franchissement de traversées, de branchements ou d'appareils de voies spéciaux.
- c) Il est permis d'utiliser des instruments de vérification mécaniques, électriques ou autres pour compléter l'examen visuel d'une voie.
- d) Un inspecteur peut inspecter jusqu'à deux voies en même temps aux conditions suivantes :
 - i) Aucun obstacle n'obstrue la vue de l'inspecteur et l'axe de la seconde voie ne se trouve pas à plus de 30 pieds (9,144 m) de celui de la voie en cours d'inspection.
 - ii) Chaque voie qu'il faut inspecter toutes les semaines ou plus souvent doit être parcourue par un véhicule ou inspectée à pied au moins une fois toutes les deux semaines; les voies d'évitement et les liaisons doivent être parcourues ou inspectées de la même manière au moins une fois par mois.
- e) Toutes les voies, sauf les voies de triage et les voies inactives, doivent faire l'objet d'une inspection visuelle à la fréquence minimale indiquée dans le tableau suivant :

Voie

Tableau des fréquences minimales désignées pour l'inspection visuelle des voies

Catégorie de voie	Tonnage annuel (millions de tonnes brutes – MTB)		
	< 5 MTB	5 – 15 MTB	> 15 MTB
1	Tous les mois	Deux fois/mois	Toutes les semaines
2	Toutes les semaines	Deux fois/semaine	Deux fois/semaine
3	Toutes les semaines	Deux fois/semaine	Deux fois/semaine
4 et 5	Deux fois/semaine	Deux fois/semaine	Deux fois/semaine

et

- i) Toute voie de catégorie 1 sur laquelle des trains de voyageurs sont exploités doit être inspectée toutes les semaines ou, si elle est utilisée moins d'une fois par semaine, avant le passage de trains de voyageurs.
- ii) Toute voie de catégorie 2 ou 3 sur laquelle des trains de voyageurs sont exploités doit être inspectée deux fois par semaine ou avant le passage de trains de voyageurs.

*Annexe D – Transports Canada, Règlement sur la sécurité de la voie,
Section F, Article 5.8 – Tronçon omis d'une inspection de détection des
défauts de rail*

- a) Si le conducteur d'un appareil de détection des défauts de rail estime que, en raison de l'état de la surface de roulement ou pour toute autre raison, il n'était pas possible de procéder à une recherche valable des défauts internes sur une longueur particulière de la voie, le contrôle de ce tronçon de voie ne peut être considéré comme une recherche de défauts internes en vertu du présent article.
- b) S'il n'a pas été possible, pour les raisons décrites en a), de procéder à une recherche valable des défauts internes, le chemin de fer doit, avant l'expiration du délai d'inspection ou avant l'atteinte de la limite de tonnage transporté :
 - i) effectuer une telle recherche; ou
 - ii) déclasser la voie de manière à en rétablir la conformité jusqu'à ce qu'une recherche valable des défauts internes puisse être effectuée; ou
 - iii) retirer le rail de la voie.