

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE R10C0086



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

**DU TRAIN DE MARCHANDISE NUMÉRO 2-269-02
EXPLOITÉ PAR LE CHEMIN DE FER CANADIEN PACIFIQUE
AU POINT MILLIAIRE 21,4 DE LA SUBDIVISION RED DEER
À AIRDRIE (ALBERTA)
LE 3 AOÛT 2010**

Canada

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

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement en voie principale
du train de marchandises n° 2-269-02
exploité par le Chemin de fer Canadien Pacifique
au point milliaire 21,4 de la subdivision Red Deer
Airdrie (Alberta)
Le 3 août 2010

Rapport numéro R10C0086

Sommaire

Le 3 août 2010, à 6 h 43, heure avancée des Rocheuses, le train de marchandises n° 2-269-02 du Chemin de fer Canadien Pacifique, 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, près de Airdrie (Alberta). 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.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le train de marchandises n° 2-269-02 (le train) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) comprend 2 locomotives General Electric AC 4400, 82 wagons chargés et 19 wagons vides. Il pèse 10 786 tonnes et mesure 6 311 pieds de longueur. On a relevé aucune irrégularité ou problème susceptible d'affecter le train entre Red Deer et Airdrie (voir la figure 1).

L'équipe, composée d'un mécanicien et d'un chef de train, prend les commandes du train à Red Deer (Alberta). Les membres de l'équipe se conforment aux normes en matière de repos et de condition physique et possèdent les qualifications nécessaires pour conduire des trains dans la subdivision Red Deer¹.

Les renseignements consignés indiquent que le train roulait à 35,8 mi/h quand un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché à 6 h 43 min 47 s². Un freinage d'urgence a été commandé 2 secondes plus tard en provenance de l'arrière par l'unité de détection et de freinage (UDF) du système de contrôle et de freinage en queue lorsque le mécanicien a déplacé la commande de freinage en position d'urgence.

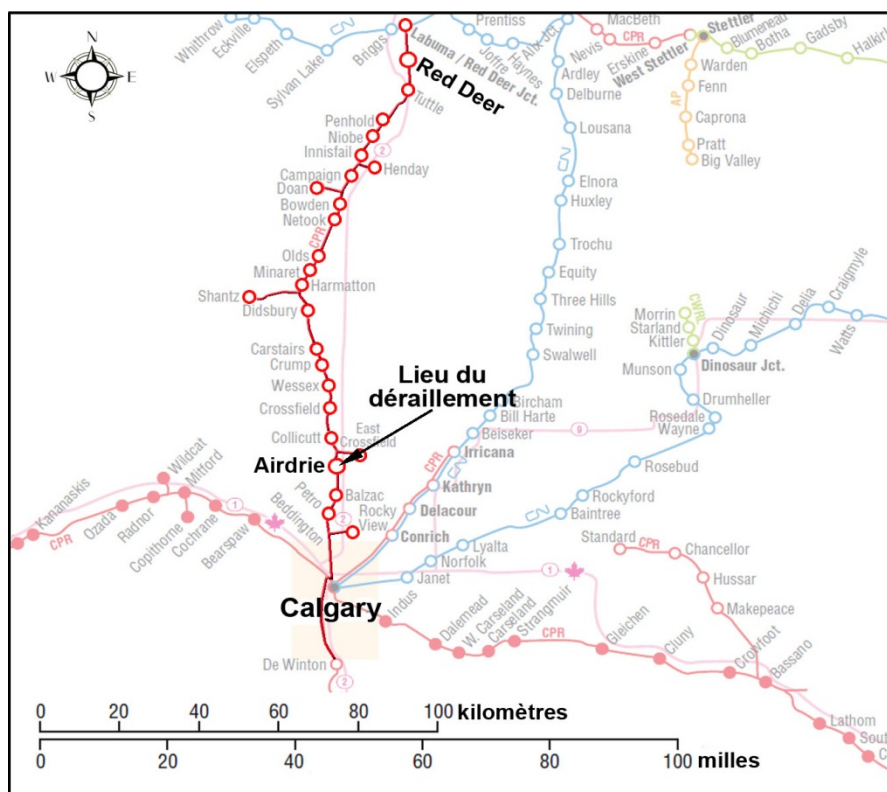


Figure 1. Carte du lieu de l'accident (Source : Atlas des chemins de fer canadiens)

- ¹ La subdivision Red Deer, qui est la route du Chemin de fer Canadien Pacifique entre Calgary et Edmonton, consiste en une voie principale simple.
- ² Toutes les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).

Après avoir diffusé le message d'urgence nécessaire et avisé le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF), le chef de train inspecte le train et constate que 15 wagons, du 1^{er} au 15^e, ont déraillé à l'arrière des locomotives. L'équipage, sachant que des wagons de marchandises dangereuses ont été placés près de la tête du train (c.-à-d. que 27 des 30 premiers wagons transportent de l'ammoniac anhydre, UN 1005³), déplace les locomotives en direction sud à un endroit sécuritaire. Une autre inspection révèle que 17 autres wagons, soit du 38^e au 54^e, ont quitté la voie vers le milieu du train près du point milliaire 21,7 (voir la figure 2). Personne n'a été blessé et il n'y a pas eu de déversement de marchandises dangereuses ni fuite de produit.

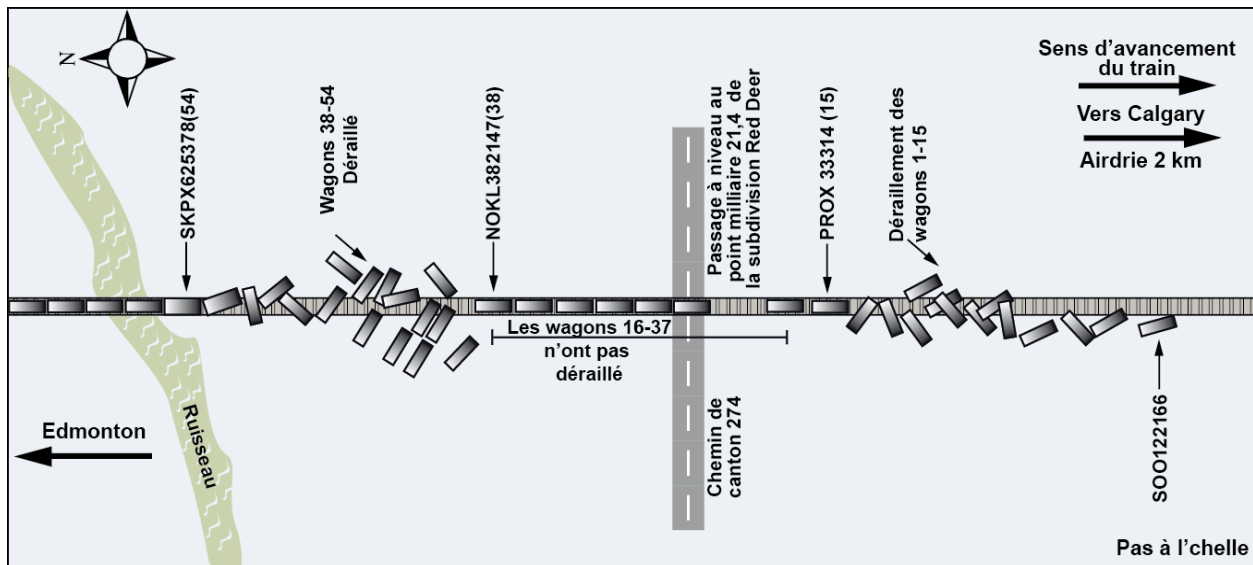


Figure 2. Diagramme des lieux de déraillement

Conditions météorologiques

Le temps était clair, la visibilité était illimitée et la température était de 8 °C.

Réaction à l'incident

Le déraillement s'est produit à environ 2 kilomètres au nord d'Airdrie, une municipalité de 40 000 habitants au nord de Calgary. Le CFCP et le ministère de l'Environnement de l'Alberta sont intervenus à la suite de l'accident. CANUTEC⁴, les services d'incendie d'Airdrie, du comté de Rocky View et de Calgary (Direction des matières dangereuses - HAZMAT) sont également intervenus. Des représentants d'Agrium, l'expéditeur de l'ammoniac anhydre, et de l'Alberta Emergency Management Agency (AEMA) étaient aussi présents sur le lieu du déraillement. L'AEMA dirige la coordination de tous les organismes participant à la prévention, à la protection et aux interventions relativement aux catastrophes et aux situations d'urgence dans

³ Un composé d'azote et d'hydrogène utilisé principalement dans la fabrication d'engrais. Transporté sous forme de liquide sous pression modérée, c'est un puissant irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires. Une exposition directe par contact peut causer de graves brûlures.

⁴ Le Centre canadien d'urgence transport est exploité par Transports Canada et aide le personnel d'intervention d'urgence à gérer les cas d'urgence impliquant des marchandises dangereuses.

la province de l'Alberta. Sur le lieu de cet accident, le Système de commandement des interventions a été mis en place initialement par le service d'incendie d'Airdrie, en collaboration avec le service d'incendie du comté de Rocky View. L'AEMA a fourni une aide pour le fonctionnement du centre de commandement de l'incident pendant l'intervention.

L'accès au secteur sud du déraillement (c.-à-d. vers l'avant du train) a été limité aux intervenants d'urgence seulement. L'évacuation de 3 fermes et de 12 personnes a été ordonnée dans un rayon de ¼ mille du lieu de l'accident jusqu'à ce qu'une évaluation des risques confirme qu'aucun wagon-citerne n'avait été perforé ou ne laissait échapper du liquide. L'ordre d'évacuation a été levé après 4 jours (le 7 août 2010) après le transbordement de l'ammoniac anhydre des wagons déraillés.

Le centre des opérations d'urgence (COU) de la municipalité d'Airdrie a coordonné les plans d'évacuation d'urgence dans l'éventualité d'une fuite lors du transbordement du produit. Un centre de soins d'urgence a été mis sur pied à Airdrie, près du COU. Les résidents ont été informés des procédures en cas d'urgence par la diffusion de messages d'intérêt public.

Matériel roulant

Parmi les 15 wagons déraillés immédiatement à l'arrière des locomotives, il y avait 1 wagon-trémie chargé de grain, 2 wagons chargés de granules de plastique et 12 wagons-citernes contenant de l'ammoniac anhydre. Le 2^e groupe de 17 wagons déraillés comprenait 6 wagons-trémies chargés de grain, 3 wagons-tombereaux bâchés vides pour le transport de bobines et 8 wagons plats vides. L'examen du matériel roulant n'a pas permis de relever des indices selon lesquels l'état des wagons avait contribué au déraillement.

Un examen des registres du détecteur de boîtes chaudes au point milliaire 22,7 n'a indiqué aucune anomalie. Les données du système de détection des défauts de roues (DDR) au point milliaire 22,8, pour le train déraillé et les 2 trains précédents sur le lieu de l'accident, n'indiquaient aucun impact supérieur au seuil limite de CP pour l'enlèvement⁵.

Renseignements sur le train

Le train n° 2-269-02 a quitté Edmonton avec des locomotives haut-le-pied. À Wetaskiwin, le train a enlevé 53 wagons chargés de grain et 1 wagon vide. À son arrivée à Red Deer, 29 autres wagons chargés et 18 wagons vides ont été enlevés et attelés à l'arrière du 1^{er} wagon pour former un tampon entre les locomotives et les wagons d'ammoniac anhydre⁶. Le 1^{er} wagon à l'arrière des 2 locomotives était un wagon-trémie chargé de grain. Du 2^e au 30^e wagon, on retrouvait 2 wagons-trémies couverts chargés de granules de plastique suivis de 27 wagons contenant de l'ammoniac anhydre. Le groupe suivant de 18 wagons, soit du 31^e au 48^e,

⁵ La charge maximale a été de 84,9 kips sur le rail est. Le seuil limite actuel de CP pour l'enlèvement est de 140 kips, ou de 170 kips corrigé pour une vitesse de roulement de 50 mi/h (pour une vitesse entre 10 et 50 mi/h).

⁶ Instruction générale d'exploitation du CFCP, section 8, article 6.3.

comprenait 8 wagons-tombereaux vides et 10 wagons plats vides bâchés pour le transport de bobines, tous étant dotés d'attelages à amortisseurs hydrauliques.

La principale fonction des attelages à amortisseurs hydrauliques consiste à réduire et à amortir les forces de compression lors de l'attelage dans les gares de triage des wagons qui transportent des chargements sensibles (comme des automobiles). Les wagons porte-rails dotés de ces barres peuvent engendrer des forces en-train plus élevées pendant le roulement en raison d'un plus grand jeu des attelages, surtout s'ils sont regroupés en grand nombre et qu'on retrouve, qu'à l'arrière de ceux-ci, une rame de wagons lourds dotés d'appareils de choc et de traction de modèle standard.

Le CFCP a établi des exigences spéciales relativement au système *Train Area Marshalling* (TrAM) pour les wagons équipés d'attelages à amortisseurs hydrauliques. Il n'y avait aucune restriction visant les attelages à amortisseurs hydrauliques du train impliqué dans l'accident (IGE du CFCP, section 7, articles 5.2 et 5.3).

Les wagons suivants, soit du 49^e au 101^e, étaient des wagons-trémies chargés de grain, à l'exception du 96^e, qui était un wagon-trémie vide.

Le profil du tonnage du train est indiqué à la figure 3.

Composition du train

Le CFCP a conçu et mis en œuvre le *Train Area Marshalling* (TrAM), un système qui vise à aider à la composition des trains de façon à minimiser les forces de compression et de traction, lorsqu'ils sont exploités sur une voie principale dans des conditions de conduite normales. Le TrAM est informatisé et établit des limites territoriales quant à la composition des trains et au placement du tonnage remorqué dans le cas de certains types de matériel roulant. Les limites varient selon le type de wagon, sa longueur et son poids (c.-à-d. le contenu plus le poids du wagon vide), la longueur du wagon adjacent, ainsi que la courbure et la pente des voies sur lesquelles le train va rouler.

Le train a été classé comme train mixte conventionnel⁷ selon les Instructions générales d'exploitation du CFCP, section 7, article 2.3. À la section 7, article 6.1 des IGE du CFCP, on indique que, dans la mesure du possible, on forme les trains de marchandises mixtes conventionnels en s'assurant de placer les wagons lourds le plus près possible des locomotives. On interdit de placer des rames de wagons lourds en queue de train, à moins que les rames qui les précèdent ne soient aussi lourdes. Les wagons légers (vides) ou les rames de wagons légers doivent être placés le plus près possible de la queue du train, sauf si les wagons placés derrière eux sont aussi relativement légers.

Le réseau du CFCP est divisé en 6 secteurs du système TrAM. La subdivision Red Deer est classée dans le secteur 1 du TrAM. Même s'il y avait une rame de 18 wagons vides placée à

⁷ Un train qui ne transporte pas seulement du vrac ou qui n'a pas une composition uniforme et dont toutes les locomotives en fonction sont placées en tête du train.

l'avant des wagons-trémies chargés de grain, le train impliqué dans l'accident n'avait enfreint aucune infraction dans le secteur 1. Le TrAM est conçu pour surveiller les forces en-train lors de la composition des trains et assurer la conformité d'autres données pertinentes à la plage normale d'exploitation. Par conséquent, le TrAM peut réduire sans toutefois atténuer complètement les forces en-train considérables qui peuvent être engendrées à l'occasion d'un déraillement ou lors de l'application des freins d'urgence.

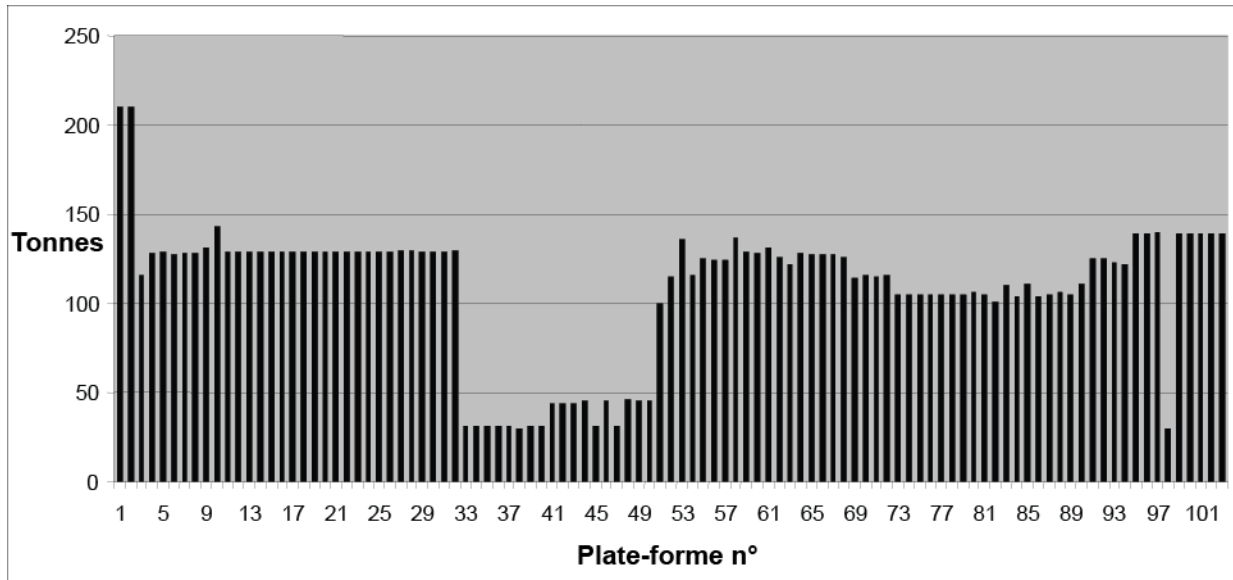


Figure 3. Profil du tonnage du train 2-269-02

Renseignements sur la subdivision

La méthode de contrôle des trains dans la subdivision Red Deer est la régulation de l'occupation de la voie, autorisée en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), qui est supervisée par un contrôleur de la circulation ferroviaire en poste à Calgary (Alberta). La vitesse maximale pour les trains de marchandises est de 45 mi/h. Il s'agit d'une voie de subdivision de catégorie 4⁸, au sens du *Règlement concernant la sécurité de la voie* (RSV)⁹. En 2009, la voie a servi au transport de 28,6 millions de tonnes brutes. Depuis 1983, le tonnage cumulé global est estimé à 540 millions de tonnes brutes.

⁸ La catégorie de la voie détermine les exigences en matière de sécurité, en fonction de la vitesse maximale autorisée. La voie de catégorie 4 limite la vitesse maximale des trains de marchandises à 60 mi/h et celle des trains de passagers à 80 mi/h. Il n'y a aucun train de passagers circulant dans la subdivision Red Deer.

⁹ Le *Règlement sur la sécurité de la voie* porte sur les prescriptions minimales de sécurité à observer sur une ligne de chemin de fer faisant partie d'un réseau de transport ferroviaire.

Particularités de la voie

Le déraillement s'est produit sur un tronçon en ligne droite, au sud d'un passage à niveau de ferme, au point milliaire 21,4, sur une rampe de 0,6%. Le point de déraillement (PDD) pour le 1^{er} groupe de wagons était situé à environ 20 pieds au sud de ce passage à niveau.

La voie est constituée de longs rails soudés. Le rail ouest est un rail de 115 lb de profil RE fabriqué par Algoma en 1982; le rail est est un rail de 115 lb de profil RE fabriqué par Algoma en 1981. La plupart des rails de la subdivision Red Deer sont des rails standards en acier au carbone fabriqués par Algoma entre 1981 et 1985. Les rails reposent sur des selles à double épaulement, fixées aux traverses de bois dur traité.

Le rail ouest est encadré par des anticheminants à toutes les 2 traverses et le rail est par des anticheminants à chaque traverse. Le ballast, la plate-forme et le drainage étaient en bon état.

Inspection et entretien de la voie

Un inspecteur autorisé, à bord d'un véhicule rail-route, a inspecté la voie le 30 juillet 2010. Aucun défaut n'a été relevé près du déraillement. Les derniers travaux d'entretien exécutés dans le secteur consistaient en un surfacage manuel, le 23 juillet 2010, sur le rail ouest aux points milliaires 21,7 et 21,4.

La voiture d'évaluation de la voie du CFCP a été utilisée pour effectuer des contrôles de l'état géométrique dans la subdivision Red Deer, le 16 avril 2010 et le 6 juillet 2010. Lors du contrôle effectué le 16 avril 2010, aucun défaut urgent¹⁰ n'a été détecté entre les points milliaires 19,6 et 23,0. Cependant, près du point milliaire 21,4, on a relevé un certain nombre de défauts nécessitant une intervention prioritaire¹¹, notamment 4 défauts S22 (surface 22 pieds), 1 défaut S62 (surface 62 pieds) et 2 défauts du profil R31 (déviations sur 31 pieds) sur le rail ouest, de même qu'un défaut RC20 (taux de variation sur 20 pieds) et 4 défauts du nivellement transversal RC62 (taux de variation sur 62 pieds).

Lors du contrôle effectué le 6 juillet 2010 avec la voiture d'évaluation, on a relevé 2 défauts urgents R31 sur le rail ouest près du point milliaire 21,4. Dans le cadre du même contrôle, on a également relevé 4 défauts S22, 1 défaut S62 et 4 défauts de profil R31 nécessitant une intervention prioritaire sur le rail ouest, 1 défaut RC20 et 1 défaut du nivellement transversal RC62 nécessitant une intervention prioritaire au point milliaire 21,4. Pour protéger ces défauts, on a imposé un ordre temporaire de vitesse réduite, qui a limité la vitesse à 40 mi/h jusqu'à ce qu'ils aient été réparés.

¹⁰ Défaut de la géométrie de la voie qui doit être protégé ou corrigé sur-le-champ.

¹¹ Défaut de la géométrie de la voie défini par les normes d'entretien du CFCP qui n'enfreint pas le *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada. Les défauts nécessitant une intervention prioritaire doivent être inspectés, surveillés et corrigés afin de s'assurer qu'ils ne deviennent pas des défauts urgents.

Voie de catégorie 4 :

- Un défaut R31 est considéré urgent lorsque la déviation (différence dans l'élévation) dans la surface du rail mesurée sur une distance de 31 pieds excède 1½ pouce.
- Un défaut S22 nécessite une intervention prioritaire lorsque le déplacement vertical ou le point médian mesuré au moyen d'une corde de 22 pieds de longueur tendue le long de la partie supérieure du rail excède 5/8 de pouce. Les défauts S22 sont habituellement associés aux joints et peuvent causer des impacts élevés qui entraînent la rupture des rails ou de la voie.
- Un défaut S62 nécessite une intervention prioritaire lorsque le déplacement vertical ou le point médian mesuré au moyen d'une corde de 62 pieds de longueur excède 1 1/8 de pouce.
- Un défaut RC20 nécessite une intervention prioritaire lorsque la mesure du nivellement transversal (différence dans l'élévation entre les 2 rails) prise à des intervalles de 20 pieds diffère de plus de 7/8 de pouce. Pour détecter ce défaut, on utilise une longueur de référence de 20 pieds parce qu'elle correspond à la moitié de la longueur d'un rail de 39 pieds et qu'elle sert spécifiquement à détecter les joints inférieurs.
- Un défaut RC62 nécessite une intervention prioritaire lorsque la différence (dans l'élévation entre les 2 rails) entre 2 points, peu importe lesquels, situés à moins de 62 pieds l'un de l'autre excède 1 pouce.
- Un défaut R31 nécessite une intervention prioritaire lorsque la déviation mesurée sur une distance de 31 pieds excède 1 pouce. Il est possible de détecter les défauts de déviation sur les passages à niveau hors-route et ils se forment habituellement sur 1 seul rail.

Renseignements consignés

Le transfert des informations de la LocoCAM¹² concernant le passage des 3 derniers trains sur le lieu du déraillement, y compris le train déraillé, a permis de visualiser des images et d'entendre des signatures sonores d'une irrégularité sur le rail ouest, au sud du passage à niveau de ferme.

¹² LocoCAM est un système d'enregistrement vidéo numérique qui saisit et stocke les paramètres audio, vidéo et principaux des locomotives. Le système enregistre des images d'une caméra orientée vers l'avant qui est installée sous la console supérieure du côté du mécanicien de locomotive et contre le pare-brise. Le système comporte aussi un microphone externe installé sur le porte-bagages supérieur pour enregistrer les sons provenant du sifflet, des sonneries, de l'utilisation des freins à air et de l'interface roues-rails.

Analyse en laboratoire du rail brisé

Douze morceaux de rail brisé ont été récupérés dans le secteur du 1er PDD (point milliaire 21,4). Les morceaux de rail ont été examinés par le laboratoire d'essai du CFCP à Winnipeg, en présence des enquêteurs du BST, où des inspections visuelles, macroscopiques et métallographiques ont été effectuées. De plus, des analyses chimiques et des essais de dureté ont été réalisés. On a conclu que la composition chimique et la dureté du rail étaient normales pour un rail en acier ordinaire. Le rail ne comportait aucune trace visible de défaut de matériel, de fabrication et/ou métallurgique.

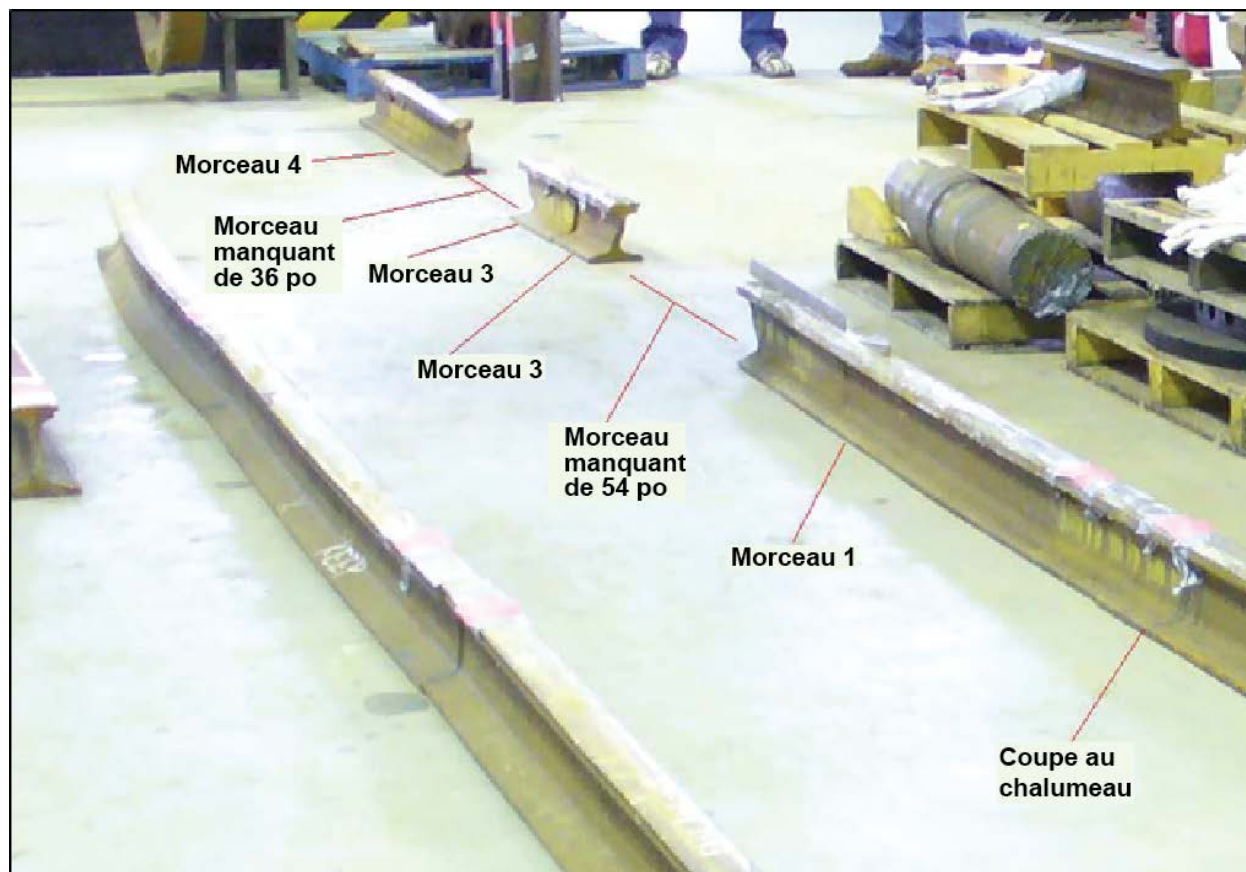


Photo 1. Disposition du rail est (à gauche) et du rail ouest (à droite)

Au total, l'analyse du bris a porté sur 825 pouces (68 pieds et 9 pouces) de rail (soit 358 pouces du rail est et 467 pouces du rail ouest). Les 2 rails comportaient une usure verticale et une usure des surfaces d'écartement d'environ 3/32 de pouce et de 5/16 de pouce respectivement. L'usure des rails est en deçà de la limite d'usure de la ligne A pour un rail de 115 lb (règles du Livre rouge du CFCP sur les exigences relatives à la voie daté du 15 mai 2010, article 17).

La section du rail ouest de 467 pouces de longueur se composait de 6 morceaux récupérés et de 2 vides (voir la photo 1). Du nord au sud, il y avait 3 morceaux appariés (y compris la pièce 1) mesurant 272 pouces de longueur, suivis par un vide de 54 pouces. Puis, 2 morceaux appariés de 44 pouces de longueur (pièces 2 et 3), un autre vide de 36 pouces de longueur, puis un morceau de rail de 61 pouces de longueur (pièce 4). Les 3 morceaux récupérés au sud du

1^{er} vide (soit les pièces 2, 3 et 4) et du PDD montraient des signes de martèlement qui correspondaient au sens d'avancement du train.

La surface de roulement à l'extrémité sud des 3 morceaux appariés indiquait 1 écoulement des matériaux et 1 craquelage prononcé sur le congé de roulement. Une section de 10 pouces de longueur du champignon a été écrasée, dont le point le plus profond mesure environ 7/16 de pouce. On a aussi relevé un shelling correspondant sur la surface de roulement à l'extrémité sud où s'est produite la rupture (voir les photos 2 et 3). Cette surface de rupture a révélé une texture cristalline qui est caractéristique d'une défaillance secondaire catastrophique. La largeur du champignon à la hauteur de la rupture était de 3 3/16 pouces comparativement à une largeur de 2 7/8 pouces, environ 12 pouces plus loin.



Photos 2 et 3. Rupture à l'extrémité sud des 3 morceaux appariés du rail ouest montrant un écoulement des matériaux et un craquelage prononcé sur le congé de roulement. Une section de 10 pouces de longueur du champignon a été écrasée, dont le point le plus profond mesure environ 7/16 de pouce. On a aussi relevé un shelling correspondant sur la surface de roulement à l'extrémité sud où s'est produite la rupture.

Le Livre rouge du CFCP, article 16.4.4, sur les exigences relatives à la voie définit 2 types de défauts pour ce qui est de l'écrasement du champignon. L'écrasement du champignon est un défaut qui survient lorsque la surface du rail est aplatie de $\frac{1}{4}$ pouce ou plus à son point le plus bas. Lorsqu'il y a écrasement du champignon, la vitesse des trains est limitée à 40 mi/h. L'écrasement du champignon n'est pas considéré comme un défaut grave, mais on procède généralement à son enlèvement parce qu'il peut causer un roulement irrégulier du matériel roulant et qu'il constitue un point de charge concentrée qui peut occasionner d'autres défauts.

Meulage des rails

Le CFCP procède au meulage des rails pour éliminer les défauts de fatigue superficiels (microfissures de surface) et le défilage du congé de roulement pour s'assurer que la bande de roulement des roues soit au centre du champignon du rail afin de limiter la formation et la croissance de défauts du rail. Le dernier meulage en série dans la subdivision Red Deer a été effectué du 12 au 14 août 2009. Les opérateurs relèvent les meuleuses en continu à l'approche d'un passage à niveau, et ils ne meulent pas les rails en raison de la présence de longrines. Pour faire ce travail à cet endroit, il avait été prévu d'utiliser une meuleuse d'appareils de voie en 2011.

Lorsque le rail n'est pas meulé, il peut occasionner la formation de défauts en surface et à l'interne. Le BST, dans le cadre de son enquête sur le déraillement d'un train du CFCP au point milliaire 45,62 de la subdivision Taber le 30 novembre 2008 (rapport R08C0164), a établi que le fait qu'on n'ait pas exécuté un meulage localisé pour corriger la surface en mauvais état du rail a vraisemblablement empêché la détection des fissures de fatigue et occasionné le bris du rail sous le train et le déraillement de celui-ci.

Essais de rail

L'auscultation par ultrasons est la principale méthode utilisée pour détecter les défauts internes d'un rail et limiter les risques de rupture. Au cours des dernières années, les méthodes d'essai de rail ont connu des améliorations au niveau de la formation des opérateurs, de l'ajout de sondes additionnelles placées à des angles différents et de logiciels de reconnaissance des défauts. Cette méthode d'essai s'avère fiable et économique, mais qui comporte certaines limitations. Le seuil de détectabilité des défauts dépend de la taille et de l'orientation du défaut transversal et peut varier en raison de la présence de graisse ou de saleté sur le champignon. D'autres facteurs comme des microfissures de surface du champignon, et des écailles internes peuvent influencer sur les résultats des essais.

En vertu du *Règlement sur la sécurité de la voie*, les voies de catégorie 4 doivent, au minimum, faire l'objet d'une vérification annuelle des défauts internes. Par contre, si l'on s'en remet à la Notice technique (NT) 27 du CFCP, intitulée *Périodicité d'inspection des rails et mesures correctives dans le cas de rails défectueux*, la subdivision Red Deer aurait dû faire l'objet de vérifications biennuelles.

Dans le cas de cette voie, la fréquence des inspections allait au-delà des exigences du RSV et du Circulaire sur les méthodes normalisées (NT)¹³. Les dossiers indiquent en effet que 3 auscultations par ultrasons ont été faites dans la subdivision Red Deer avant le déraillement, et qu'on a procédé au total à 6 vérifications en 2010. L'annexe A présente un sommaire des résultats des vérifications de l'état des rails dans cette subdivision au cours des 4 dernières années. Il n'y a eu ni rupture de rail en service ni défaut de rail détecté près du lieu de déraillement selon les vérifications effectuées avant le déraillement.

Les rails dans le secteur de déraillement ont été vérifiés le 7 juin 2011 par la voiture n° 965 de Sperry Rail Services (SRS). L'opérateur de cette voiture disposait des outils d'analyse les plus récents et de la technologie la plus récente en matière d'auscultation par ultrasons et par induction (voir l'annexe B). Les résultats des essais ont indiqué qu'il y avait des réponses de l'équipement à environ 20 pieds au sud du passage à niveau près du PDD. Pendant ces essais, l'opérateur a attribué ces réponses à l'état de la surface du rail et non pas à des défauts. On n'a pas immobilisé le véhicule d'essai pour procéder à un essai manuel.

Après l'incident, les résultats de l'essai du 7 juin 2011 ont été réévalués de concert avec SRS. On a établi que les réponses de l'équipement indiquaient des caractéristiques habituelles révélatrices de l'état de la surface du rail et qu'elles ne différaient pas vraiment de l'état de la surface des rails environnants. Cette vérification concorde avec l'interprétation des résultats des essais par l'opérateur et explique la décision de ne pas effectuer d'essai manuel.

Les opérateurs du véhicule d'essai de SRS suivent des programmes de formation complets concernant les procédures de l'entreprise et les protocoles d'essai de rail. Cependant, lors de l'essai effectué le 7 juin 2011, le passage à niveau n'a pas été consigné sur la bande d'essai. De plus, la vitesse lors de l'essai (13,8 mi/h) à la hauteur du passage à niveau dépassait la limite de 7-8 mi/h.

Freins à air du train

Le système de freins à air du train se compose d'une tringlerie mécanique et de pièces de freinage actionnées par l'air comprimé venant de la locomotive.

La pression de fonctionnement des freins à air a été établie à 90 lb/po² par le CFCP. Pendant un serrage normal ou un serrage de service des freins à air, la pression de la conduite générale est réduite de façon lente et contrôlée. La réduction de la pression actionne le distributeur qui commande au réservoir auxiliaire d'envoyer de l'air par le distributeur. La pression d'air actionne le cylindre de frein lequel déplace la tringlerie de frein et pousse les semelles de frein contre les tables de roulement des roues.

¹³ Les calendriers des essais ont été établis selon une combinaison d'exigences indiquées dans la NT 27 et, dans une certaine mesure, sur la base des rapports de terrain concernant l'augmentation des défauts en service. De plus, l'intervalle entre les inspections était plus court en hiver parce que la gravité des défauts s'accroît plus rapidement (ce qui accélère la présence de ruptures) par temps froid.

Pendant un serrage d'urgence, la réduction de la pression de la conduite générale est plus rapide que pendant un serrage normal. La diminution plus rapide de la pression de la conduite générale est détectée par le distributeur, qui achemine l'air du réservoir d'urgence et du réservoir auxiliaire vers les cylindres de frein, de sorte que les freins se serrent plus rapidement et avec davantage de force. Le CFCP utilise une unité de détection et de freinage (UDF) à l'arrière des trains qui répond au serrage de service des freins et au serrage d'urgence commandé par l'opérateur. Ces serrages des freins s'effectuent de l'avant et de l'arrière du train et servent à ralentir et à immobiliser plus rapidement le train, tout en diminuant les forces en-train.

Analyse des forces dynamiques du train

Le laboratoire technique du BST a réalisé une analyse des forces dynamiques du train pour déterminer les causes du 1^{er} déraillement et de l'effet exercé par les wagons déraillés sur les forces en-train qui ont provoqué le 2^e déraillement. L'analyse des forces dynamiques du train a permis de faire les constatations suivantes :

- Le 2^e wagon, PLMX 135072, a probablement été le 1^{er} wagon à quitter la voie lors du 1^{er} déraillement.
- Le 39^e wagon, UP 210345, a été le 1^{er} wagon à quitter la voie lors du 2^e déraillement.
- Le 2^e wagon a déraillé et est demeuré à la verticale avec ses roues continuant de rouler sur les traverses jusqu'à ce que le 3^e wagon atteigne le PDD, où les 2 wagons ont roulé sur le côté droit de la voie, provoquant un serrage d'urgence intempestif qui a entraîné le déraillement du bogie arrière du 1^{er} wagon et du bogie avant du 4^e wagon.
- Avec le déraillement des wagons de tête, il s'est formé un point de résistance pour les wagons suivants, ce qui a rapidement généré d'importantes forces en-train.
- Le 2^e déraillement n'a commencé que lorsque le 6^e wagon a atteint le PDD, soit environ 3 secondes plus tard.
- Le 2^e déraillement s'est produit lorsque l'effort latéral transformé résultant de l'augmentation rapide de la force en-train s'est traduit par un ratio L/V élevé des wagons vides.
- Les wagons vides dotés d'attelages à amortisseurs hydrauliques à déplacement long ne pouvaient résister à l'effort latéral transformé résultant des forces de compression considérables.
- Le freinage de queue de train, qui a été retardé de 2 secondes, n'a été efficace qu'au moment où le 2^e déraillement a commencé. Étant donné que l'air s'achemine dans la conduite du train à une vitesse de 960 à 980 pieds/seconde et de la friction au niveau de la tringlerie des freins, cela prend du temps pour que la pression de l'air augmente et que la force de freinage maximale puisse être appliquée vers l'arrière du train.

- La force de freinage d'urgence initiale a été très faible, ce qui a amené le train qui décélérait rapidement à entrer en collision avec les wagons de l'avant du train qui avaient déraillé et qui étaient immobilisés sur le côté de la voie, créant ainsi une force d'impact considérable qui a occasionné le 2^e déraillement.
- Si la rame de wagons vides avait été placée à l'arrière du train, la répartition de la force de compression n'aurait pas été modifiée de façon significative parce que la résistance des wagons touchés par le 1^{er} déraillement était plus élevée que la force de compression. Cependant, les wagons vides auraient été soumis à une force de compression de beaucoup inférieure en queue de train et le risque d'un 2^e déraillement aurait été réduit.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

- *LP015/2011 – Dynamics Analysis of the Secondary Derailment* (Analyse des forces dynamiques du deuxième déraillement)

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

Analyse

On considère que ni l'état du matériel roulant ni la façon dont le train a été conduit n'ont contribué à cet accident. L'analyse portera principalement sur les défauts dans la géométrie de la voie près du PDD et sur les pratiques utilisées pour l'entretien des rails, la réalisation d'essais sur les rails et la formation du train.

L'accident

Le 1^{er} déraillement est survenu à environ 20 pieds au sud du passage à niveau de ferme au point milliaire 21,4. Il y avait une irrégularité sur le rail ouest au sud du passage à niveau de ferme. Lors de la vérification des défauts du rail effectuée le 7 juin 2010, on a relevé des réponses de l'équipement à environ 20 pieds au sud du passage à niveau. Les 2 vérifications antérieures de l'état géométrique de la voie effectuées dans le secteur avant le déraillement ont révélé plusieurs défauts de surface et de nivellement transversal près du point milliaire 21,4.

Bien qu'un surfaçage manuel ait été effectué aux endroits où des défauts dans la voie avaient été détectés, les conditions prévalant en surface et au nivellement transversal ont persisté au point où un défaut interne dans le rail pourrait s'être développé au niveau d'un champignon écrasé. Même s'il ne s'agit pas d'un défaut aussi grave que l'écrasement de l'about, un champignon écrasé sur un long rail soudé est sujet à des forces d'impact répétées qui provoqueront éventuellement le bris du rail en raison de fatigue. Le bris du rail serait survenu plus rapidement si un défaut interne s'était formé, mais une surface de rail en mauvais état à cet endroit avait probablement dissimulé tout défaut et empêché sa détection par ultrasons lors de la vérification du 7 juin.

Le train a quitté la voie lorsque le rail ouest au sud du passage à niveau s'est brisé sous la locomotive. Même si le morceau de rail contenant la fracture initiale n'a pas été retrouvé, le bris du rail est probablement survenu dans la section manquante de 54 pouces de longueur du rail ouest.

Alors que les wagons quittaient la voie et s'enfonçaient à l'avant du train, les forces de compression importantes engendrées par les wagons suivants se sont transformées en forces latérales qui se sont exercées sur les wagons vides, causant ainsi le 2^e déraillement. Le degré de compression élevé et la mise en portefeuille des wagons du 2^e déraillement indiquent que le train a été soumis à une force de compression longitudinale extrêmement élevée.

Dans certaines circonstances (p. ex. des trains formés de rames de wagons lourdement chargés à la suite de wagons dotés d'attelages à amortisseurs hydrauliques), il peut y avoir un plus grand jeu des attelages et une augmentation des forces en-train. L'analyse de simulation dynamique réalisée par le BST n'a pas pris en compte l'effet des forces en-train exercées par le freinage d'urgence sur les attelages à amortisseurs hydrauliques. Ces forces n'ont pas été considérées comme un facteur contributif au 2^e déraillement, car l'analyse a démontré qu'il était inévitable en raison des forces de compression importantes exercées sur les wagons vides n^{os} 38 et 39.

Auscultation du rail par ultrasons

Les rails de la subdivision Red Deer, qui avaient été fabriqués dans les années 1980, n'excédaient pas les limites d'usure spécifiées par le CFCP, même s'ils étaient en service depuis plus de 25 ans. Le rail avait subi régulièrement des auscultations par ultrasons, dont la fréquence avait été accrue depuis son installation.

La voie au sud du passage à niveau au point milliaire 21,4 avait déjà eu des défauts dans sa géométrie. Bien qu'un surfaçage manuel ait été effectué avant le déraillement, les conditions prévalant en surface et au nivellement transversal ont persisté au point où un défaut interne dans le rail pourrait s'être développé au niveau d'un champignon écrasé. Malgré le fait que le rail au PDD n'a pas été retrouvé, la surface du rail adjacent était en très mauvais état. L'auscultation d'un rail par ultrasons peut s'avérer peu fiable lorsque la surface du rail est en mauvais état ou contaminée. Tout défaut qui se formerait à l'intérieur du rail serait probablement masqué et difficile à détecter, augmentant ainsi le risque de déraillements en raison d'un rail brisé.

Déraillements secondaires

Lorsqu'un train quitte la voie en raison d'un rail brisé, les wagons déraillés sont habituellement près du point de déraillement, ce qui dans le cas présent correspond à la tête du train. Cependant, dans ce cas-ci, les wagons avaient déraillé en 2 endroits distincts du train.

Même si les freins ont été appliqués aux wagons chargés en queue de train à partir de l'arrière du train, la force du freinage d'urgence était très faible par rapport à la résistance supplémentaire exercée par les wagons déraillés et enfoncés à l'avant du train. À la suite du 1^{er} déraillement, les forces de compression importantes engendrées par la décélération rapide

des wagons suivants se sont transformées en forces latérales qui se sont exercées sur les wagons vides, causant ainsi le 2^e déraillement.

La formation du train a été effectuée en conformité avec les exigences du logiciel TrAM du CFCP. Cependant, le fait d'insérer 18 wagons vides entre 2 rames de wagons chargés a rendu ce train conventionnel vulnérable à des forces de compression importantes engendrées par la décélération rapide lors de la phase initiale du déraillement. Bien que le logiciel TrAM du CFCP améliore la formation des trains pour en faciliter la conduite, les forces de compression extraordinaires engendrées pendant un déraillement peuvent causer un déraillement secondaire lorsque des wagons vides sont insérés entre des rames de wagons chargés, augmentant ainsi la gravité de l'accident.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le train a quitté la voie lorsque le rail ouest au sud du passage à niveau s'est brisé sous la locomotive.
2. De mauvaises conditions prévalant en surface et au nivellement transversal de la voie ont persisté au point où un défaut interne pourrait s'être formé à la hauteur d'un champignon écrasé.
3. Le mauvais état de la surface du rail a empêché de détecter tout défaut interne du rail en formation.
4. À la suite du 1^{er} déraillement, les forces de compression importantes engendrées par la décélération rapide des wagons suivants se sont transformées en forces latérales qui se sont exercées sur les wagons vides, causant ainsi le 2^e déraillement.
5. L'insertion de 18 wagons vides entre 2 rames importantes de wagons chargés a rendu le train vulnérable à un 2^e déraillement.

Faits établis quant aux risques

1. Bien que le logiciel TrAM du CFCP améliore la formation des trains pour en faciliter la conduite, les forces de compression extraordinaires engendrées pendant un déraillement peuvent causer un déraillement secondaire lorsque des wagons vides sont insérés entre des rames de wagons chargés, augmentant ainsi la gravité de l'accident.
2. L'auscultation d'un rail par ultrasons peut s'avérer peu fiable lorsque la surface du rail est en mauvais état ou contaminée. Tout défaut qui se formerait à l'intérieur du rail serait probablement masqué et difficile à détecter, augmentant ainsi le risque de déraillement en raison d'un rail brisé.

Mesures de sécurité prises

Le Chemin de fer Canadien Pacifique a pris les mesures de sécurité suivantes :

1. Le CFCP a passé en revue ses exigences dans les régions de l'Alberta et de la Saskatchewan en ce qui a trait à la correction d'un gauchissement vertical de la géométrie de la voie qui coïncide avec l'état du ballast et de la surface du rail.
2. La fréquence de vérification des défauts de rail a été augmentée. Un examen supplémentaire aux ultrasons sera effectué dans ce couloir à chaque année.
3. À compter de décembre 2010, un protocole révisé pour la vérification des rails a été mis en place. Toute section de rail d'une longueur maximale de 3 pieds qui entraîne une réponse de l'équipement en raison d'un mauvais état du rail apparent doit être vérifiée manuellement. Dans le cas des sections de rail de plus de 3 pieds, l'opérateur remplira un rapport

d'exception concernant la détection des défauts du rail pour s'assurer qu'un meulage sera effectué, puis que le rail sera vérifié de nouveau lors d'un cycle subséquent.

4. Une alerte de sécurité générale a été transmise aux équipages des trains pour leur expliquer les faits concernant le déraillement survenu à Airdrie et leur communiquer les informations de la LocoCAM qui indiquaient un rail potentiellement défectueux. On a rappelé aux équipages des trains qu'ils devaient signaler de telles conditions.

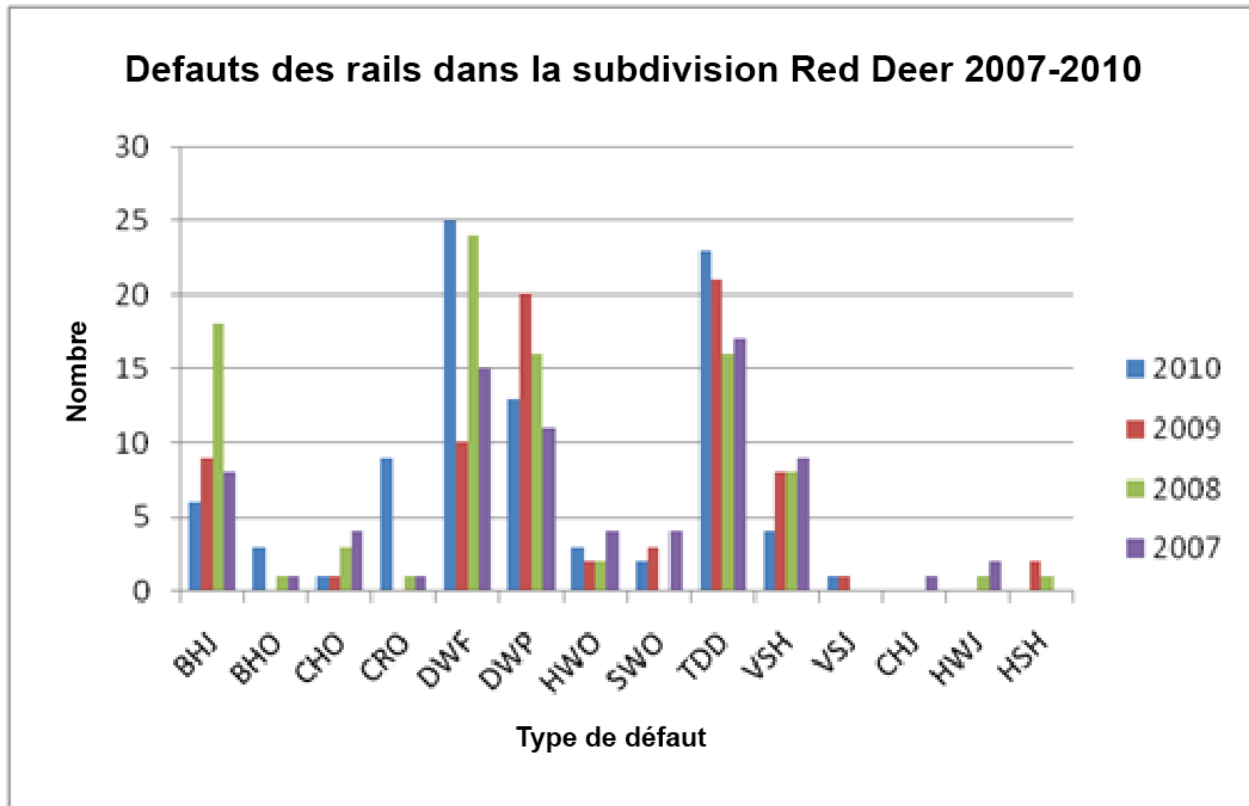
Transports Canada a pris les mesures de sécurité suivantes :

1. Transports Canada, en collaboration avec l'industrie, a entrepris une étude exhaustive sur l'exploitation de trains longs afin d'élaborer des politiques en matière de formation et de conduite des trains au Canada. L'étude examinera les forces s'exerçant sur les trains, l'interaction entre la voie ferrée et le matériel roulant et les aspects liés à la formation et à la conduite des trains ayant une incidence sur la sécurité de l'exploitation des trains longs. L'objectif de cette étude consiste à rassembler des données scientifiques qui contribueront à réduire sensiblement les risques de déraillement. Elle sera réalisée en 6 étapes réparties sur 2 ans, mais les résultats produits à la fin de chaque étape serviront à élaborer les mesures à prendre.
2. L'industrie a proposé une révision du *Règlement concernant la sécurité de la voie* qui est présentement à l'étude par le Ministère. La révision proposée suppose des modifications importantes aux exigences relatives à la vérification des rails (en fonction du tonnage et de la catégorie des voies) et aborde le problème de « mauvais état de la surface des rails ».

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 8 novembre 2011.

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

Annexe A - Défauts des rails dans la subdivision Red Deer



- BHI : Orifice du boulon d'un joint
- BHO : Fissure de l'orifice du boulon à l'extérieur du joint
- CHO : Écrasement de champignon
- CRO : Écrasement de champignon de ¼" ou plus
- DWF : Soudure défectueuse effectuée sur place
- DWP : Soudure défectueuse effectuée en usine
- HWO : Séparation du champignon et de l'âme à l'extérieur du joint
- SWO : Fissure de l'âme à l'extérieur du joint
- TDD : Fissure de fatigue transversale
- VSH : Fissure verticale du champignon
- VSJ : Fissure verticale du champignon près du joint
- CHJ : Écrasement du champignon près du joint
- HWJ : Séparation du champignon et de l'âme près du joint
- HSH : Horizontal Split Head/Fissure horizontale du champignon

Annexe B - Auscultation des rails

La méthode d'auscultation par induction des rails consiste à induire un fort champ magnétique dans le rail en y faisant passer une grande quantité de courant à faible tension. La présence d'un défaut interne modifie le champ magnétique, et l'indication de défaut est consignée par un enregistreur à bande déroulante. La méthode par induction permet surtout de sonder le champignon du rail. Quoiqu'elle puisse déceler des fissures transversales, elle ne permet pas de détecter un grand nombre d'autres défauts de fabrication et de défauts et fissures de fatigue et qui se trouvent sous le champignon du rail.

Les contrôles par ultrasons complètent l'auscultation par induction et font appel à des ondes sonores à haute fréquence qui sont générées par un transducteur et qui se propagent dans le matériau. Quand une fissure crée une discontinuité qui affecte la propagation de l'onde, une partie de l'énergie est réfléchi par la surface du défaut. Le signal réfléchi est transformé en signal électrique par le transducteur et s'affiche à l'écran. La force du signal réfléchi s'affiche en fonction du temps qui s'est écoulé entre l'émission du signal et la réception d'un écho. On peut établir une relation directe entre le temps de déplacement du signal, la distance parcourue par le signal et la position, la taille et l'orientation exacte du réflecteur. Les compagnies ferroviaires nord-américaines utilisent l'auscultation des rails par ultrasons depuis l'introduction de la première voiture d'inspection par ultrasons en 1959; cette méthode est encore la plus utilisée de nos jours.

Les transducteurs sont logés dans des roues remplies de liquide qui assurent le couplage entre les transducteurs et le rail (voir la figure 1). Un liquide de couplage consistant en une fine pellicule d'eau mélangée à du glycol ou du calcium facilite la transmission des ultrasons entre les transducteurs et le rail. Les transducteurs sont placés dans différents angles de façon que l'inspection soit aussi complète que possible.

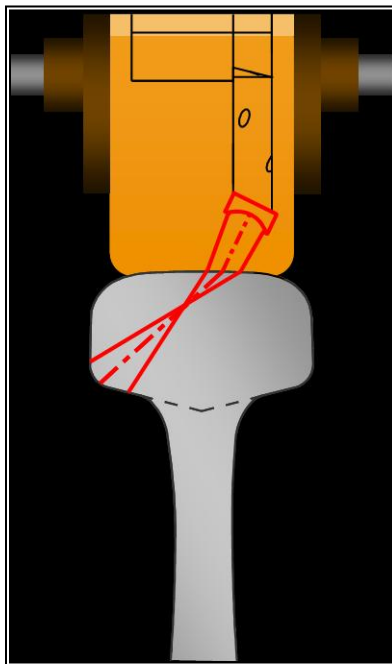


Figure 1. Transducteur logé dans une roue

La voiture 965 de Sperry Rail Services (SRS) est dotée de la technologie et de l'équipement B-scan. Avec ce système, il y a 2 roues avec 12 transducteurs par rail – 6 transducteurs dans chaque roue : 2 sondes à 0° ou à balayage vertical, un transducteur à balayage vers l'avant et un transducteur à balayage vers l'arrière dont l'alignement nominal est à 45° (en fait 37,5°) et 6 sondes à 70° qui divisent le champignon du rail en 3 zones – la surface d'écartement, le centre et le champ – à balayage vers l'avant et l'arrière. Deux autres sondes à balayage latéral modifié, dont l'angle est de 70°, auscultent chaque champignon de rail pour déceler les éventuelles séparations verticales, pour un total de 12 transducteurs sur chaque rail. Cette orientation a été optimale pour détecter les fissures de fatigue transversales dans les rails. Cependant, la fiabilité de ce système est compromise par l'orientation des défauts, les changements dans le profil du rail et les anomalies de surface qui créent des interférences avec la transmission du son qui pénètre le rail.

En plus du système B-Scan, la voiture 965 est aussi dotée du système X-Fire qui intègre 2 transducteurs additionnels par rail pour optimiser le point d'entrée des ultrasons, l'angle (17° avec la surface d'écartement) et le faux équerrage pour éviter les anomalies de surface. Le système améliore la détection des fissures transversales curieusement orientées et la détection des défauts transversaux sous les écailles que les transducteurs à balayage selon un angle standard ne pourraient normalement pas détecter.