

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R08M0015



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

DU TRAIN NUMÉRO 15

EXPLOITÉ PAR VIA RAIL CANADA INC.

AU POINT MILLIAIRE 23,32 DE LA SUBDIVISION MONT-JOLI

PRÈS DE MATAPÉDIA (QUÉBEC)

LE 12 MARS 2008

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 numéro 15

exploité par VIA Rail Canada Inc.

au point milliaire 23,32 de la subdivision Mont-Joli
près de Matapédia (Québec)

le 12 mars 2008

Rapport numéro R08M0015

Sommaire

Le 12 mars 2008, vers 22 h 15, heure normale de l'Est, cinq voitures du train n° 15 de VIA Rail Canada Inc. roulant vers l'ouest en direction de Rivière-du-Loup (Québec) ont déraillé au point milliaire 23,32 de la subdivision Mont-Joli, près de Matapédia (Québec). Les voitures déraillées ont subi des dommages mineurs et la voie a été endommagée sur environ 3000 pieds. Personne n'a été blessé et il n'y a eu aucun dommage à l'environnement.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 12 mars 2008, le train n° 15 (le train) de VIA Rail Canada Inc. (VIA) part de Campbellton (Nouveau-Brunswick) à 21 h 25, heure normale de l'Est¹, avec 2 locomotives et 16 voitures. Il mesure environ 1500 pieds et pèse quelque 1200 tonnes. Il a à son bord 10 préposés principaux au service et deux mécaniciens; l'un, responsable du train (chef de train) et l'autre, responsable de la conduite du train (mécanicien). Tous deux répondent aux exigences de leurs postes et satisfont aux exigences en matière de repos et de condition physique.

Au point milliaire 23,32 de la subdivision Mont-Joli (voir la figure 1) du Chemin de fer de la Matapédia et du Golfe (CFMG), alors que le train circule vers l'ouest à 42 mi/h, le mécanicien remarque que le train ne répond pas de façon normale. Il serre les freins de service graduellement et arrête le train. À la suite de l'inspection du convoi, le chef de train constate que les cinq dernières voitures ont déraillé (de la 12^e à la 16^e). Le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) est informé à 22 h 15 et les voyageurs sont transférés vers l'avant du train. Les voitures déraillées sont alors dételées et le train reprend sa route vers Montréal (Québec).

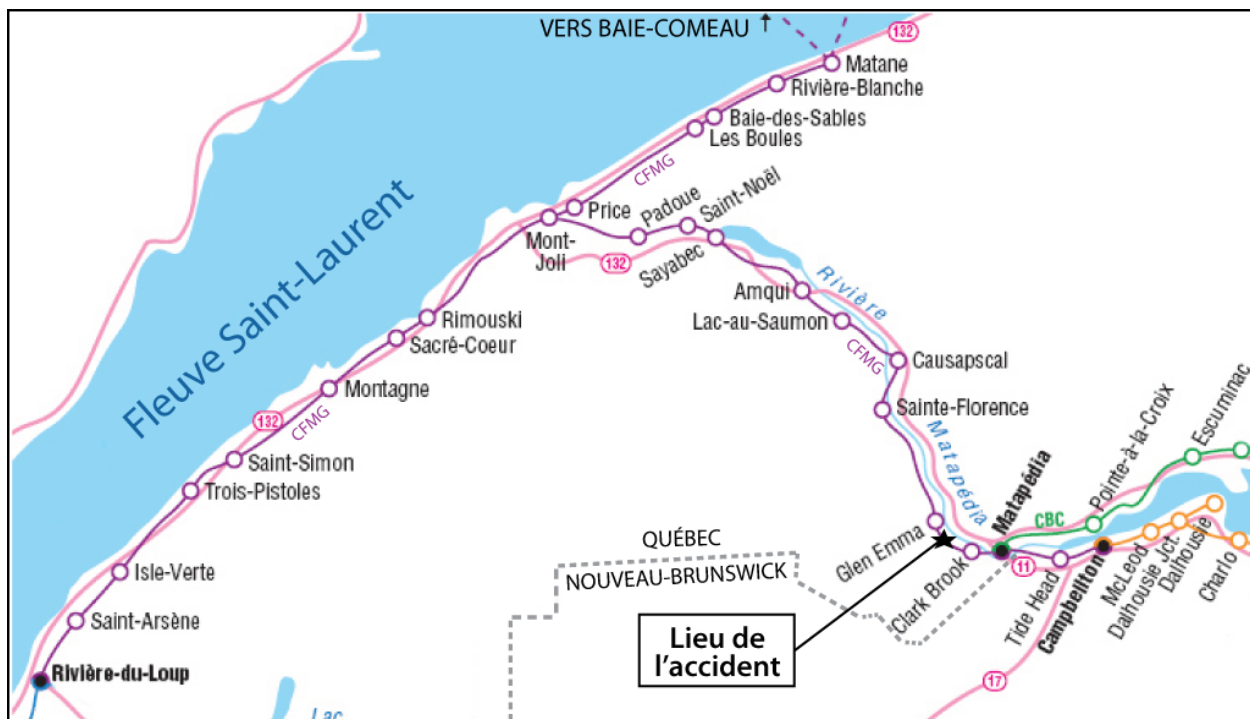


Figure 1. Lieu de l'accident (Source: Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

La température ambiante est de -3°C. Le sol est couvert de neige damée et seul le dessus du rail demeure visible. Les voitures déraillées s'immobilisent sur la plate-forme de la voie, à l'entrée est du pont long de 440 pieds qui enjambe la rivière Matapédia. Elles restent debout et attelées à la partie avant du train (voir la photo 1).

¹ Toutes les heures sont exprimées en heure normale de l'Est.



Photo 1. Voiture déraillée sur le pont enjambant la rivière Matapédia

Les roues des voitures ont subi des dommages mineurs. Les dommages occasionnés à la voie commençaient immédiatement au droit des voitures déraillées et s'étendaient dans la courbe jusqu'au coupon de rail Dominion situé sur le rail de la file basse (nord), à environ 3000 pieds à l'est du pont. Le champignon du côté intérieur du coupon de rail était brisé et des fragments s'en étaient détachés. Le coupon de rail, d'une longueur de 27 pieds, était constitué de rail de 115 livres. Il avait été fabriqué en 1958, mais sa provenance et sa date de pose sont inconnues. À l'ouest, il était soudé par étincelage au restant du rail de la courbe, constitué de longs rails soudés (LRS) RE Sydney de 115 livres datant de 1975. À l'est, il était boulonné à un autre coupon de rail de type Sydney de 1975 qui avait été mis en place à la suite de la détection d'une fissure verticale du champignon (FVC) de 26 pouces de long lors de l'auscultation des rails le 10 avril 2007 (voir la figure 2). L'écartement des rails à 30 pieds à l'est était de 57 pouces $\frac{1}{4}$, à l'intérieur des limites permises selon le *Règlement sur la sécurité de la voie* (RSV) approuvé par Transports Canada.

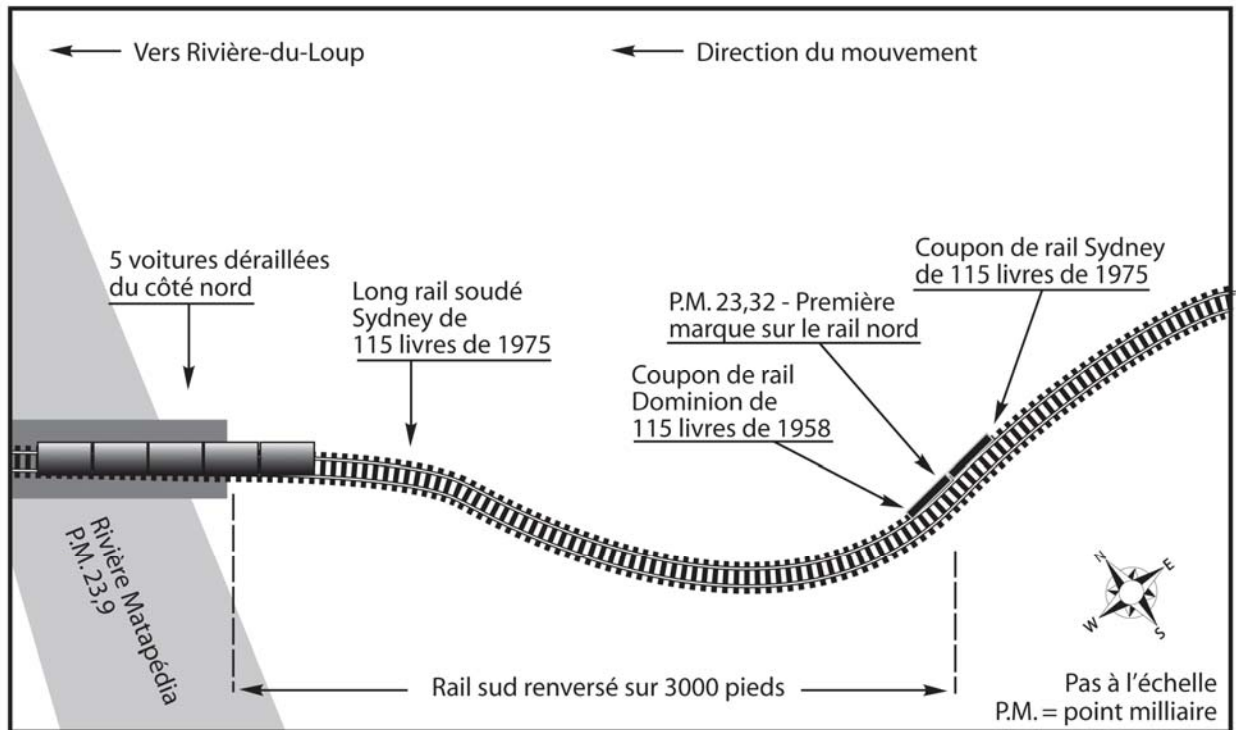


Figure 2. Diagramme montrant le secteur où le déraillement s'est produit

Le CFMG, une filiale de la Société des chemins de fer du Québec, a fait l'acquisition de la subdivision Mont-Joli du Canadien National (CN) en 1998. Depuis novembre 2008, la ligne est de nouveau sous le contrôle du CN. La subdivision s'étend sur 190 milles, de Campbellton à Rivière-du-Loup (Québec). Elle se compose d'une voie principale simple. Le mouvement des trains est régi par la régulation de l'occupation de la voie (ROV), en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* et des instructions spéciales du CFMG, sous la surveillance d'un CCF posté à Campbellton. La voie était de catégorie 4 selon le RSV; la vitesse maximale d'exploitation était de 60 mi/h pour les trains de marchandises et de 70 mi/h pour les trains de voyageurs. Dans le secteur du déraillement, la vitesse permise était de 45 mi/h pour les trains de marchandises et de 50 mi/h pour les trains de voyageurs.

La voie était principalement constituée de LRS et avait 3200 traverses de bois dur par mille de voie. Les selles étaient à double épaulement et étaient retenues aux traverses par quatre crampons. Il y avait des anticheminants à chaque troisième traverse.

Les dernières inspections de la géométrie avaient été effectuées en juillet et en novembre 2007. Des défauts de géométrie ont été signalés dans le secteur du déraillement et ont été réparés immédiatement. La dernière inspection visuelle bi-hebdomadaire avait été effectuée le 10 mars 2008 par deux contremaîtres de la voie à bord d'un véhicule rail-route. Aucun défaut n'a été observé dans le secteur du déraillement.

Selon le RSV, l'auscultation en continu pour les défauts internes des rails doit être effectuée une fois par année. Cependant, depuis 2003, la fréquence d'auscultation a été augmentée à cinq fois par année sur la subdivision Mont-Joli, en raison de l'âge et de l'usure des rails. En 2007, seulement trois auscultations ont été effectuées (10 avril, 4 juillet et 19 septembre) en raison d'un

manque de ressources auquel a dû faire face la firme d'auscultation des rails. Lors des auscultations effectuées le 10 avril et le 19 septembre, entre les points milliaires 0 et 55, 31 FVC ont été détectées, dont quelques-unes avaient une longueur de plus de 300 pouces.

La base de données du BST indique qu'au cours des 10 dernières années, il y a eu sept déraillements en voie principale sur l'ensemble de la subdivision, dont un seul causé par un bris de rail (événement R04M0021).

Rupture du rail

Les fragments détachés du champignon et un segment comprenant le coupon de rail Dominion et deux pieds de rail Sydney ont été récupérés et envoyés au Laboratoire technique du BST pour analyse (rapport LP 058/2008). Le coupon de rail présentait une FVC d'une longueur de 28 pouces, du côté intérieur du rail (voir la photo 2), qui débutait à environ 22 pouces de l'extrémité boulonnée du rail. Une dénivellation locale de la table de roulement (DLTR) d'une longueur de 26 pouces et d'une profondeur de 3/8 de pouce a été observée à 14 pouces de la FVC.



Photo 2. Fissuration verticale du champignon du coupon de rail Dominion

L'examen des fragments de rail touchés par la FVC a révélé la présence de faces de rupture rugueuses avec des marques de chevron pointant vers le point d'origine de la rupture situé dans le fragment le plus gros. À ce point d'origine de la rupture, on a noté plusieurs marques de fissuration progressive orientées à environ 45 degrés par rapport à la surface de roulement et se trouvant environ à mi-chemin entre la surface de roulement et le congé de roulement. Des inclusions de sulfure de manganèse ainsi que de légères stries de fatigue ont été identifiées.

Le rail Dominion montrait un aplatissement et un élargissement du champignon sur la plus grande partie de sa longueur. Dans la zone qui était spécifiquement touchée par la DLTR, on a également observé une fissuration progressive étendue dont l'orientation et la position par rapport à la surface de roulement étaient les mêmes que celles observées dans le cas de la rupture due à la FVC. Des zones de frottement ont aussi été observées dans la fissure progressive ainsi que des traces de rouille.

L'examen macroscopique a révélé des signes épars de ségrégation dans le champignon ainsi que des stries dans l'âme du rail similaires sur les spécimens du rail Dominion et du rail Sydney. L'analyse chimique a montré qu'il s'agissait tous deux de rails au carbone dont la composition chimique était conforme à la norme 12-3A du CN. Ils avaient une dureté Brinell (HB) moyenne semblable qui concordait avec les valeurs usuelles qu'on rencontre dans les aciers au carbone (250 à 278 HB).

Usure du rail

D'après les observations des employés d'entretien de la voie du CFMG, la fréquence d'apparition des défauts de type FVC augmente lorsque l'usure du champignon dépasse 11 à 12 mm. Une analyse par éléments finis (AEF) tridimensionnelle (3D) a été entreprise dans le but d'évaluer la façon dont l'usure verticale du champignon influe sur les contraintes exercées sur le champignon du rail. Les modèles d'AEF ont été établis en fonction de quatre degrés différents d'usure verticale du champignon : 0 mm, 8 mm, 12 mm et 16 mm. La répartition des contraintes dans le champignon d'un rail est fort complexe, et le modèle considéré pour les besoins de l'AEF utilisait des points d'appui et des points d'application des charges de roue simplifiés. Les contraintes et les charges de ce modèle ne sont donc pas tout à fait représentatives de celles qui s'exerceraient sur un rail en service. Quoiqu'il en soit, on considère que le modèle convient pour l'exécution d'une analyse comparative et qu'il donne des renseignements d'ordre qualitatif sur la façon dont l'usure verticale influe sur les contraintes exercées sur le champignon du rail.

Les résultats de l'AEF montrent que des contraintes localisées élevées sont associées au point d'application des charges exercées par les roues. À mesure que le champignon est touché par une usure verticale, la zone d'influence de ces charges descend plus profondément à l'intérieur du champignon. L'analyse a permis de délimiter un point du champignon du rail où les contraintes augmentaient beaucoup plus vite une fois que l'usure verticale du champignon dépassait une valeur d'environ 10 mm. Les contraintes exercées lorsque l'usure atteint 16 mm sont de trois à quatre fois plus grandes que celles qui s'exercent lorsqu'il n'y a aucune usure.

Dans la courbe au point milliaire 23,32, l'usure verticale du champignon du rail de la file basse était de 12 mm et celle du rail de la file haute, de 15 mm. Selon la Circulaire sur les méthodes normalisées (CMN) 3200 du CN, version de 2004², la limite d'usure verticale du rail de 115 livres est de 16 mm pour les LRS et de 8 mm pour les rails boulonnés. La CMN 3200 n'exige pas de remplacement de rail tant que la limite d'usure n'a pas été atteinte. Cependant, au-delà de la limite de 8 mm, il faut utiliser des éclisses à profil bas pour éviter tout contact entre le boudin de roue et l'éclisse. Cette exigence n'a pas été respectée car de l'usure causée par le contact avec des boudins de roue a été observée sur l'éclisse du coupon de rail et sur d'autres éclisses. De plus, les éclisses posées dans le secteur du déraillement après l'accident n'étaient pas à profil bas et portaient des dommages causés par l'impact des roues.

² Le CFMG a continué à utiliser les CMN du CN après avoir acquis les voies du CN.

À l'exception des rails présentant des défauts, le CFMG ne change les rails que lorsque l'usure a dépassé les limites prescrites dans la CMN 3200 alors que la pratique généralement adoptée par le CN consiste à remplacer les rails avant les limites prescrites lorsque des signes de fatigue apparaissent. D'autres compagnies ferroviaires, telles que le Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP), recommandent spécifiquement dans leurs normes de remplacer tout rail qui porte des signes de fatigue, même quand l'usure est inférieure à la limite stipulée. Les normes du CFCP indiquent que le rail doit être considéré comme fatigué lorsque, parmi les rails du même type et du même âge posés dans la même courbe, certains défauts déterminés, tels qu'une FVC, sont apparus au cours des 12 derniers mois (voir l'annexe A).

Analyse

Lorsque le mécanicien a senti que le train ne répondait pas normalement, il n'a pas utilisé les freins d'urgence mais a serré les freins de service graduellement pour arrêter le train. Ce freinage en douceur a minimisé les forces dynamiques générées dans le convoi, et les voitures déraillées sont restées debout sur l'emprise ferroviaire et n'ont pas percuté le pont enjambant la rivière Matapédia, ce qui a par conséquent réduit considérablement la gravité du déraillement.

On considère que ni l'état du matériel roulant ni la conduite du train n'ont été des facteurs qui ont contribué à cet accident. L'analyse s'intéressera donc aux défauts internes du rail, à l'usure du rail et à l'inspection de la voie.

L'examen du rail Dominion a révélé la présence d'une FVC et d'une DLTR. Les surfaces de rupture exhibaient des inclusions de sulfure de manganèse ainsi que de légères stries de fatigue adjacentes, ce qui confirme donc que le rail était affecté par des fissures de fatigue préexistantes à l'emplacement de la FVC et de la DLTR. Les fissures ont pris naissance dans les inclusions de sulfure de manganèse et se sont propagées en mode fatigue le long d'un plan orienté à 45 degrés par rapport à la surface de roulement. Dès que les fissures ont atteint une taille critique, elles se sont étendues dans le sens vertical. Sous les efforts exercés par les roues, la partie intérieure du champignon du rail s'est détachée, entraînant le déraillement des voitures.

L'aplatissement et l'élargissement du champignon observés sur la plus grande partie de la longueur du rail Dominion laissent suggérer que la FVC s'était propagée longitudinalement au-delà des sections de rail contenant la FVC et la DLTR. De plus, la présence de rouille et de dommages causés par le frottement dans les fissures de fatigue donne à penser que ces défauts étaient présents depuis un certain temps.

Le rail Dominion et le rail Sydney étaient conformes aux exigences de la norme 12-3A du CN en ce qui a trait à la composition chimique. Les valeurs de dureté Brinell des deux rails étaient similaires et elles correspondaient aux valeurs auxquelles on s'attendrait dans le cas de rails d'acier ordinaire au carbone. De plus, l'examen a montré que la distribution des inclusions et la qualité de l'acier étaient similaires pour les deux rails. Par conséquent, la formation de FVC dans le rail Dominion n'a pas résulté de caractéristiques métallurgiques inférieures à celles du rail Sydney.

L'auscultation en continu des défauts internes est le principal instrument utilisé par les compagnies ferroviaires pour détecter les défauts internes de rail et ainsi limiter les risques de déraillement. En raison de l'âge et de l'usure des rails, le CFMG avait jugé nécessaire d'augmenter la fréquence d'auscultation des rails à cinq fois par année, soit toutes les 10 semaines, alors que le RSV n'en exige qu'une par année. Cette pratique semble avoir porté fruit puisqu'il n'y a eu qu'un déraillement causé par un bris de rail sur la subdivision au cours des dernières années.

En 2007, en raison d'un manque de ressources qui a affecté la firme d'auscultation des rails, seulement trois auscultations ont été effectuées, la dernière ayant eu lieu près de 25 semaines avant l'accident. Les fissures observées sur le coupon de rail étaient rouillées et devaient exister depuis un certain temps. Des inspections plus fréquentes auraient fourni des occasions additionnelles pour détecter les défauts.

Même si la fatigue dépend de beaucoup de facteurs, le tonnage accumulé et l'amplitude des contraintes jouent un rôle prédominant. Comme la provenance du rail et la date où il a été posé sont inconnues, il est impossible de connaître le tonnage accumulé avec exactitude. Toutefois, la date de fabrication, l'usure du rail et la présence de défauts internes suggèrent un tonnage accumulé élevé. Par ailleurs, l'AEF a montré que, lorsque l'usure verticale du champignon augmente, les effets des contraintes dues au contact des roues touchent le champignon plus en profondeur. En outre, l'altération des propriétés de la section qui découle de cette usure a pour effet d'accroître les contraintes globales qui touchent le rail. Comme l'usure du rail entraîne une augmentation des contraintes et réduit la durée de vie en fatigue du rail, le rail devient plus susceptible au développement et à la propagation des fissures.

En stricte conformité avec la CMN 3200, le CFMG ne prend pas en considération la fatigue et ne change les rails que lorsque l'usure a dépassé les limites prescrites. Par contre, le CN semble reconnaître que la fatigue est un facteur à considérer lors du remplacement des rails. La pratique généralement adoptée par le CN consiste à remplacer les rails avant les limites prescrites lorsque des signes de fatigue apparaissent; cependant, contrairement au CFCP, il n'y a pas d'exigence à cet effet dans les normes et méthodes normalisées du CN. Par conséquent, la pratique adoptée par le CN risque de ne pas être disséminée aux employés concernés et de ne pas être appliquée de manière rigoureuse et constante.

Les critères de la CMN 3200 exigeant l'utilisation d'éclisses à profil bas lorsque la limite d'usure excède 8 mm n'ont pas été suivis de façon uniforme partout dans la subdivision, car de l'usure et des dommages causés par des charges d'impact de roue ont été observés sur plusieurs éclisses. Le non-respect de ces critères peut engendrer des bris de roue et de rail et augmenter les risques de déraillement.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le train a déraillé à la suite d'une rupture de rail due à des fissures verticales du champignon.
2. Les fissures ont pris naissance dans les inclusions de sulfure de manganèse et se sont propagées en mode fatigue; lorsqu'elles ont atteint une taille critique, elles se sont étendues dans le sens vertical et ont causé le bris de rail.
3. Les fissures observées sur le coupon de rail étaient rouillées et devaient exister depuis un certain temps. Une baisse de la fréquence d'inspection a réduit les occasions de détecter les défauts.

Faits établis quant aux risques

1. Comme l'usure du rail entraîne une augmentation des contraintes et réduit la durée de vie en fatigue du rail, le rail devient plus susceptible au développement et à la propagation des fissures.
2. Le Canadien National (CN) reconnaît en pratique que la fatigue est un facteur à considérer lors du remplacement des rails; cependant, il n'y a pas d'exigence à cet effet dans les normes et méthodes normalisées du CN. Par conséquent, la pratique adoptée par le CN risque de ne pas être appliquée de manière rigoureuse et constante.
3. Le non-respect des critères de la Circulaire sur les méthodes normalisées (CMN) 3200 exigeant l'utilisation d'éclisses à profil bas lorsque la limite d'usure excède 8 mm peut engendrer des bris de roue et de rail et augmenter les risques de déraillement.

Autre fait établi

1. Comme le mécanicien n'a pas utilisé les freins d'urgence mais a serré les freins de service graduellement pour arrêter le train, les forces dynamiques générées dans le convoi ont été minimisées, ce qui a donc réduit considérablement la gravité du déraillement.

Mesures de sécurité prises

Le 20 juin 2008, le BST a envoyé à Transports Canada l'avis de sécurité ferroviaire 04/08 suggérant l'examen des procédures du Chemin de fer de la Matapédia et du Golfe (CFMG) relatives à l'inspection et au remplacement des rails usés dans la subdivision Mont-Joli, de même que l'utilisation faite par la compagnie des éclisses de rail à profil bas.

En juillet 2008, Transports Canada a procédé à une inspection entre les points milliaires 13 et 107 de la subdivision Mont-Joli et effectué un audit des procédures d'inspection du CFMG. Un avis a été émis le 18 juillet 2008, en vertu du paragraphe 31(1) de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*.

Transports Canada a observé le manque de documentation relatif aux usures de rail et l'absence d'utilisation des éclisses à profil bas selon les normes du chemin de fer. Cet avis demeurera en vigueur jusqu'à la prochaine inspection de Transports Canada prévue à l'été 2009.

L'acquisition du CFMG par le Canadien National (CN) permettra d'inclure l'auscultation des rails aux importants contrats déjà conclus par le CN. Le CN projette d'effectuer entre six et huit inspections de détection des défauts internes du rail en 2009. Les données historiques pour les défauts de rail des deux dernières années seront répertoriées dans l'indice des défauts de rail et l'indice de l'état de détérioration des rails du CN, qui servent à établir un niveau de priorité pour un segment de voie. Les joints liant les rails usés ont été localisés, meulés et peints en bleu pour faciliter leur repérage pendant les inspections.

Peu après l'acquisition du CFMG, les programmes de sécurité ferroviaire du CN ont été appliqués et les voies ont été inspectées, le 11 novembre 2008, par le véhicule d'auscultation du CN. Les rails excédant les limites d'usure prescrites ont été protégés jusqu'à leur remplacement et ceux approchant les limites d'usure ont été inclus au programme capitalisé du CN de 2009.

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 7 avril 2009.

Visitez le site Web du BST (www.bst.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A – Limites d'usure du Chemin de fer Canadien Pacifique

Selon les normes du Chemin de fer Canadien Pacifique, le rail peut être considéré comme avoir atteint sa limite de fatigue lorsque, dans une courbe, le rail excède les limites d'usure montrées par la « Line A » (ligne A) de la figure ci-dessous, qu'il a le même type et le même âge, et qu'un des défauts suivants a été trouvé dans les 12 derniers mois ou deux des défauts suivants ont été trouvés dans les 24 derniers mois :

- fissuration transversale
- fissuration composée
- fissuration transversale progressive
- fissuration sous l'empreinte de patinage
- fissuration horizontale du champignon
- fissuration verticale du champignon
- fissuration de l'âme
- retassure
- fissuration horizontale au congé âme-champignon

Veillez prendre note que ce graphique n'existe pas en français.

RAIL WEAR LIMITS & RAIL MANAGEMENT DECISION ZONES Rail Section 115 lb. RE

