

Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## **RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE R15H0005**



**DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE  
CHEMIN DE FER CANADIEN PACIFIQUE  
TRAIN DE MARCHANDISES 118-10  
POINT MILLIAIRE 42,0, SUBDIVISION DE NIPIGON  
DUBLIN (ONTARIO)  
13 JANVIER 2015**

**Canada**

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
Place du Centre  
200, promenade du Portage, 4<sup>e</sup> étage  
Gatineau QC K1A 1K8  
819-994-3741  
1-800-387-3557  
[www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst-tsb.gc.ca](mailto:communications@bst-tsb.gc.ca)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par  
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2016

Rapport d'enquête ferroviaire R15H0005

No de cat. TU3-6/15-0005F-PDF  
ISBN 978-0-660-05975-4

Le présent rapport se trouve sur le site Web  
du Bureau de la sécurité des transports du Canada  
à l'adresse [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*

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

## Rapport d'enquête ferroviaire R15H0005

### **Déraillement en voie principale**

Chemin de fer Canadien Pacifique

Train de marchandises 118-10

Point milliaire 42,0, subdivision de Nipigon

Dublin (Ontario)

13 janvier 2015

### *Résumé*

Le 13 janvier 2015, à 11 h 18, heure normale de l'Est, le train de marchandises 118-10 du Chemin de fer Canadien Pacifique, qui se déplaçait circulant vers l'est à environ 35 mi/h sur la subdivision de Nipigon, a été l'objet d'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale au point milliaire 42,0 près de Dublin (Ontario). Une inspection subséquente a déterminé que 21 wagons avaient déraillé. Le matériel déraillé comprenait 7 wagons-citernes de marchandises dangereuses chargés de propane (UN 1075, gaz de pétrole liquéfié). Par suite du déraillement, 1 wagon-citerne a perdu la totalité de son chargement et un autre a déversé une partie de son produit. Un membre de l'équipe a subi des lésions mineures par inhalation.

*This report is also available in English.*



## Table des matières

Rapport d'enquête ferroviaire R15H0005 .....	i
1.0 Renseignements de base.....	1
1.1 L'accident .....	1
1.2 Conditions météorologiques.....	2
1.3 Résumé des événements.....	2
1.4 Examen des lieux.....	4
1.5 Documents du train .....	7
1.6 Renseignements sur la subdivision et la voie.....	7
1.7 Rôles et responsabilités de l'équipe du train et du contrôleur de la circulation ferroviaire .....	8
1.8 Procédures d'intervention d'urgence du Chemin de fer Canadien Pacifique .....	9
1.9 Caractéristiques du propane et précautions.....	13
1.10 Intervention d'urgence en présence de marchandises dangereuses .....	15
1.11 Recherche sur les interventions d'urgence .....	15
1.12 Exigences d'inspections de la voie.....	16
1.13 Système de signalisation ferroviaire.....	22
1.14 Joints de rail isolants .....	22
1.15 Étoilures de trous d'éclissage .....	23
1.16 Réduction des niveaux de contrainte sur les joints de rail .....	23
1.17 Effet du temps froid sur l'infrastructure de la voie .....	24
1.18 Impacts de roue sur l'infrastructure de la voie .....	24
1.19 Détecteurs de défauts de roue .....	25
1.20 Impacts de roue enregistrés avant le déraillement .....	27
1.21 Examens du laboratoire du BST .....	29
2.0 Analyse .....	35
2.1 L'accident .....	35
2.2 Rupture du rail à l'intérieur du joint isolant .....	35
2.3 Support et desserrage du joint.....	35
2.4 Impacts de roue et rail rompu .....	36
2.5 Inspections.....	37
2.6 Prévention des étoilures de trou d'éclissage .....	37
2.7 Évaluation du site.....	38
2.8 Demande de soins médicaux en temps opportun .....	41
2.9 Wagons-citernes .....	42
3.0 Faits établis.....	43
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs .....	43
3.2 Faits établis quant aux risques.....	44
3.3 Autres faits établis.....	44
4.0 Mesures de sécurité.....	46
Annexes .....	47
Annexe A - Guide des mesures d'urgence 2012 - Guide 115 .....	47
Annexe B - Autres enquêtes du BST sur des déraillements par suite d'impacts de roue et de rails rompus .....	50
Annexe C - Données de détecteur de défauts de roue pour des trains précédents .....	52



## 1.0 Renseignements de base

Le 13 janvier 2015 vers 7 h 10<sup>1</sup>, le train de marchandises 118-10 (train 118) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) a quitté Thunder Bay (Ontario) en direction est sur la subdivision de Nipigon, à destination de Montréal (Québec). Il ne s'agissait pas d'un train clé<sup>2</sup>. À son départ, le train avait été soumis à une surveillance au défilé, sans qu'aucune anomalie ne soit relevée. Le train 118 était composé de 1 locomotive de tête, 1 locomotive au milieu (télécommandée) et 76 wagons chargés. Il pesait 9226 tonnes et mesurait 8018 pieds. L'équipe de train comprenait un mécanicien de locomotive et un chef de train; tous deux étaient qualifiés pour leurs postes respectifs, connaissaient bien le territoire et répondaient aux exigences d'aptitude au travail et de repos. Entre Thunder Bay (point milliaire 132,90) et Dublin (Ontario) (point milliaire 42,60), le train a franchi 4 détecteurs de boîtes chaudes (DBC), sans qu'aucune anomalie ne soit détectée.

### 1.1 L'accident

Approchant de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin (point milliaire 42,00), le train 118 a dépassé le train de marchandises 113-11 (train 113) du CP se dirigeant vers l'ouest, qui était stationné sur la voie d'évitement.

À 11 h 18, alors qu'il franchissait à quelque 35 mi/h l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin (figure 1), le train 118 a été l'objet d'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale. L'équipe n'a ressenti aucune anomalie dans la voie avant le freinage d'urgence. Une fois le train 118 immobilisé, l'équipe a lancé un message radio d'urgence et le chef de train a procédé à une inspection du convoi. L'inspection a permis de constater que les wagons de la 11<sup>e</sup> à la 31<sup>e</sup> position (qui étaient tous chargés) avaient déraillé sur la voie principale juste à l'est de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin. Le déraillement s'est produit dans un secteur juste au sud et voisin de la route Transcanadienne. Le matériel déraillé comprenait 7 wagons-citernes de marchandises dangereuses (MD) chargés de propane (UN 1075). Comme l'endroit était isolé, une évacuation n'a pas été nécessaire, mais la route a été fermée durant une quinzaine d'heures. Le chef de train a subi des lésions mineures par inhalation.

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est.

<sup>2</sup> Un train clé est défini comme étant une locomotive attelée à des wagons comprenant, selon le cas : au moins 1 wagon-citerne chargé de marchandises dangereuses (MD) appartenant à la classe 2.3, Gaz toxiques, et de MD toxiques par inhalation assujetties à la disposition particulière 23 du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*; ou au moins 20 wagons-citernes ou citernes mobiles intermodales chargés de MD et définies dans la *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses*, ou une combinaison quelconque d'au moins 20 wagons-citernes et citernes mobiles intermodales chargés.

## 1.2 Conditions météorologiques

À 11 h le 13 janvier 2015, le DBC au point milliaire 59,0 indiquait que la température ambiante était d'environ  $-23^{\circ}\text{C}$ . Dans les 24 heures précédant le déraillement, la plus faible température enregistrée à la station météorologique de Nipigon (Ontario), 21 milles à l'ouest de Dublin, était de  $-29,5^{\circ}\text{C}$ .

Figure 1. Lieu du déraillement (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas du rail canadien*, avec annotations du BST)



## 1.3 Résumé des événements

Le tableau 1 présente un résumé des événements établi à partir de diverses sources, dont le consignateur d'événements de la locomotive<sup>3</sup>, les enregistrements du contrôle de la circulation ferroviaire et les transmissions radio. Après l'accident, le gestionnaire responsable a interrogé l'équipe et a reçu ses réponses par l'intermédiaire du contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF).

Lors du suivi sur le site du déraillement, le chef de train et le CCF ont communiqué au moyen d'une radio portative standard pour équipes ferroviaires. De telles radios ne sont pas à sécurité intrinsèque<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Certaines heures indiquées sont approximatives, et toutes ont été normalisées pour coïncider avec le journal des heures du consignateur d'événements de locomotive.

<sup>4</sup> Le terme « à sécurité intrinsèque » est souvent utilisé pour désigner un produit électrique dont on peut se servir sans danger dans un environnement explosif. Une protection à sécurité intrinsèque limite l'énergie électrique disponible à des niveaux non-incendiaires, de sorte qu'un court-circuit ou une défaillance électrique ne peuvent pas produire des étincelles qui pourraient enflammer une atmosphère explosive.



Tableau 1. Résumé des événements

Heure	Événement
11 h 18	Le train 118 a été l'objet d'un freinage d'urgence.
11 h 19	Le train 118 s'est immobilisé, avec la locomotive de tête à 1150 pieds à l'est du point où s'est produit le freinage d'urgence.
11 h 20	L'équipe du train 118 a informé le CCF que son convoi s'était arrêté d'urgence.
11 h 30	Le chef du train 118 a confirmé que le train avait déraillé. Le chef de train a indiqué que le premier wagon-citerne était debout et que les wagons-citernes suivants étaient au bas d'un remblai.
11 h 32	Le chef du train 118 a fourni au CCF des détails sur les wagons-citernes de MD qui avaient déraillé et sur leur orientation.
11 h 37	Le CCF a demandé que le chef du train 118 donne d'autres détails sur les wagons déraillés aussitôt que possible, parce que les gestionnaires attendaient cette information.
11 h 43	Le chef du train 113 se dirigeant vers l'ouest a confirmé que le déraillement s'était produit entièrement à l'est de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin, sans conséquences pour le train 113.
11 h 45	Le CCF a demandé si les wagons-citernes fuyaient. Le chef du train 118 a répondu qu'il irait voir, mais en restant à l'ouest des wagons parce que le vent soufflait vers l'est.
11 h 52	Le chef du train 118 a confirmé le numéro du dernier wagon déraillé et précisé que 7 wagons-citernes de MD faisaient partie des wagons déraillés.
11 h 55	Le chef du train 118 a fait savoir qu'un cantonnier avait été éloigné du site parce que les wagons étaient suspendus au-dessus d'un remblai et risquaient d'y tomber, et que certains des wagons-citernes de MD fuyaient.
11 h 56	Le mécanicien du train 118 a demandé la permission de se séparer du train et de tirer la tête du convoi vers l'est. Le CCF a pris note de la demande et a avisé le mécanicien du train 118 qu'il lui donnerait une réponse sous peu.
12 h 1	Le CCF a demandé à l'équipe du train 118 de rester sur place jusqu'à l'arrivée d'une équipe de relève, sauf si l'équipe ne se sentait pas en sécurité.
12 h 8	Le chef du train 118 a fourni le numéro des 7 wagons-citernes de MD déraillés.
12 h 12	Le CCF a demandé d'autres renseignements sur les wagons déraillés.
12 h 19	Le CCF a demandé à l'équipe des renseignements généraux, tels que l'indication des signaux et la vitesse, ainsi que plus de détails sur quels wagons avaient déraillé.
12 h 24 à 12 h 30	Le chef du train 118 a fourni au CCF une liste détaillée des wagons déraillés dans l'ordre de leur position, tout en marchant le long du site du déraillement. Le CCF a indiqué que certains wagons manquaient de la liste. Le chef de train a répondu que ces wagons se trouvaient dans les broussailles. Le CCF a demandé au chef de train de vérifier à nouveau un des wagons pour déterminer s'il avait déraillé.
12 h 32 à 12 h 35	Le CCF a demandé des détails sur les wagons déraillés, notamment quels wagons fuyaient et s'il y avait déversement de produit dans le ruisseau.
12 h 36	Le chef du train 118 a signalé qu'il se sentait mal et se demandait s'il devait être examiné. Le CCF a demandé au chef de train s'il avait besoin des services médicaux d'urgence (SMU). Le chef de train a répondu au CCF d'attendre avant d'appeler les SMU.
12 h 38	L'équipe du train 118 a demandé au CCF combien de temps encore elle se trouverait sur le site. On lui a demandé d'attendre.
12 h 39	L'équipe du train 118 a été informée qu'une équipe de relève avait été appelée.

Heure	Événement
13 h	<p>Un agent de la Police du CP est arrivé sur les lieux et a confirmé que des wagons-citernes laissaient fuir du propane. Il a dit s'inquiéter que le réchauffeur d'aiguilles à l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin soit une source possible d'allumage pour le gaz.</p> <p>Le policier a refusé d'accéder au site, mais a raccompagné le chef du train 118 jusqu'à la locomotive de tête pour une séance d'information sur les travaux.</p>
13 h 10	<p>Le CCF a demandé comment se sentait le chef du train 118 et si l'équipe avait besoin d'être vue par les SMU. Le chef du train 118 a répondu qu'il toussait, mais qu'il se sentait bien. Les SMU ont fait savoir qu'ils étaient proches du site, mais que la route était fermée.</p> <p>Le CCF a laissé savoir qu'il n'y avait aucune façon de désactiver le réchauffeur. Le policier a demandé que le réchauffeur de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin soit fermé sur les lieux, et a demandé au CCF de veiller à ce que l'appareil ne soit pas mis en marche.</p>
13 h 20	<p>Sous la gouverne d'un gestionnaire qui venait d'arriver sur les lieux, l'équipe du train 118 a dételé la locomotive de tête et les 10 wagons en tête du train, puis a déplacé le convoi jusqu'au passage à niveau du point milliaire 41,03.</p>
13 h 22	<p>Le mécanicien du train 118 a appelé le CCF et lui a demandé que quelqu'un évalue l'état de santé du chef de train, qui toussait violemment.</p>
13 h 24 à 13 h 32	<p>Le mécanicien du train 118 a indiqué avoir déplacé son convoi jusqu'au passage à niveau du point milliaire 41,03 et a demandé d'avancer plus à l'est parce que le vent continuait de souffler dans sa direction.</p> <p>Le policier était d'accord que le train devait être déplacé en raison des fuites de propane et du risque que la locomotive soit une source d'allumage.</p> <p>Le CCF a demandé à l'équipe du train 118 d'attendre.</p> <p>Le CCF a demandé aux SMU d'examiner le chef de train.</p> <p>Après d'autres conversations, il a été convenu de déplacer le train 118 plus à l'est jusqu'au passage à niveau du point milliaire 39,36, où le chef de train pourrait recevoir des soins médicaux.</p> <p>D'autres conversations ont eu lieu au sujet du réchauffeur de l'aiguillage est à Dublin. Un agent d'entretien a été appelé pour qu'il vienne fermer le réchauffeur sur les lieux.</p>
13 h 41	<p>Le mécanicien du train 118 a demandé où se trouvait l'équipe de relève. Le mécanicien voulait accompagner le chef de train à l'hôpital. L'équipe du train 118 a été informée que l'équipe de relève devait arriver dans la prochaine demi-heure.</p> <p>Par mesure de précaution, le chef de train et le mécanicien du train 118 ont été transportés à l'hôpital de Terrace Bay (Ontario). Ils ont reçu leur congé de l'hôpital plus tard en soirée.</p>

## 1.4 Examen des lieux

Les premières marques de déraillement observées sur la voie se trouvaient à un joint isolant enrobé de polyuréthane (le joint) sur le rail sud au point milliaire 42,0, juste à l'est de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin. Le joint faisait partie du branchement est de la voie d'évitement à Dublin. Les 2 éclisses et le rail à l'ouest étaient intacts. Cependant, à l'est, il restait seulement une partie du rail entre les éclisses. Le rail s'était rompu à l'intérieur du joint et plusieurs morceaux étaient éparpillés à proximité. Le reste du rail sud à l'est du joint était détruit sur une distance d'environ 250 pieds. Le rail nord était demeuré intact; on y a observé seulement de légers dommages dus au déraillement. Le joint contenant le reste du rail a été enlevé et envoyé au laboratoire du BST pour y subir un examen exhaustif.

La locomotive de tête s'était immobilisée au point milliaire 41,56; 17 wagons y étaient encore attachés. Les 10 premiers n'avaient pas déraillé. La table de roulement de la roue R4 sur le 4<sup>e</sup> wagon, PROX 035435, depuis la tête affichait des dommages tels qu'aurait pu en causer un impact violent contre un rail brisé (photo 1).

Photo 1. Surface de roue endommagée sur le wagon PROX 035435



Les 21 wagons déraillés (du 11<sup>e</sup> au 31<sup>e</sup>) se sont arrêtés dans diverses positions.

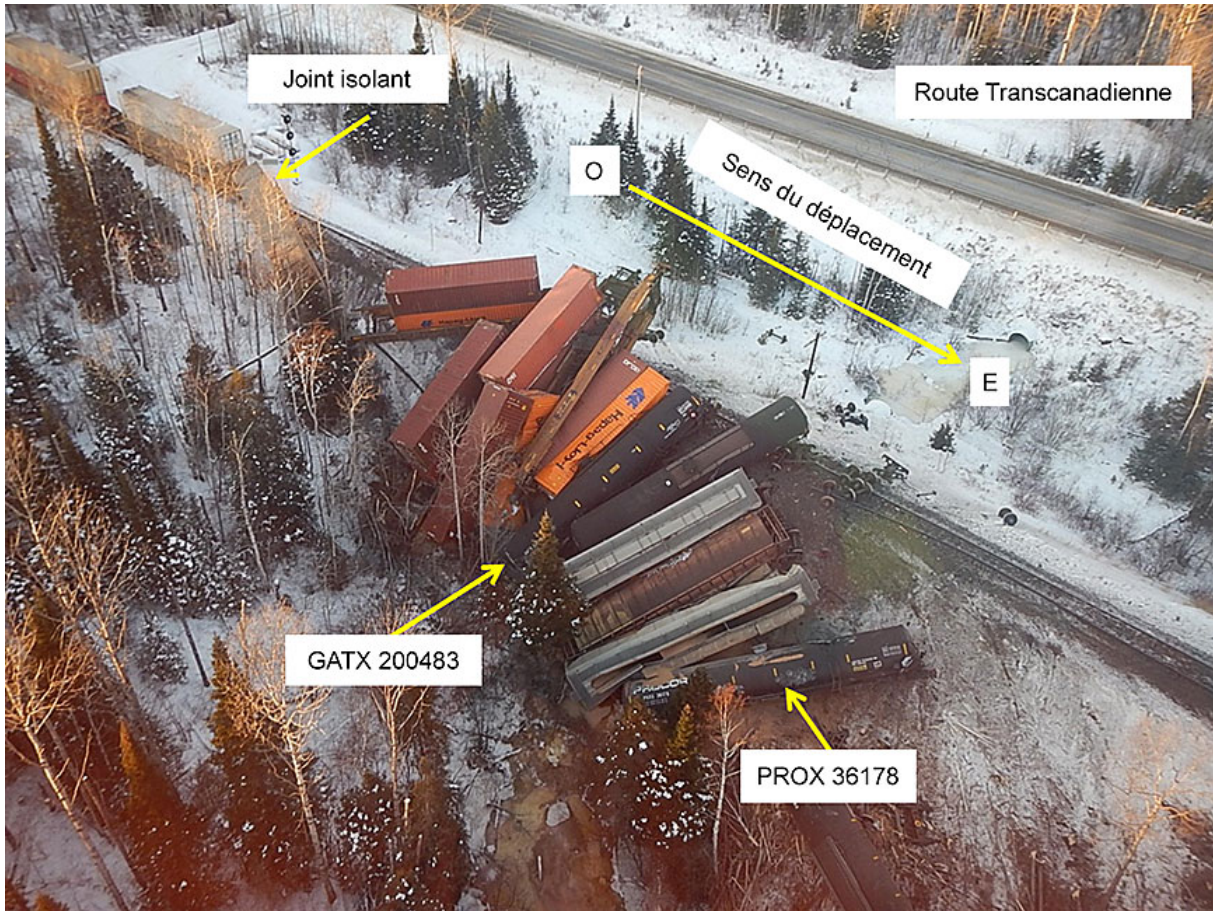
Les wagons de la 11<sup>e</sup> à la 17<sup>e</sup> position ont déraillé à la verticale le long de la plateforme de la voie. Malgré les légers dommages subis par ces 7 wagons, aucune anomalie mécanique existante qui aurait contribué au déraillement n'a été observée.

Les wagons de la 18<sup>e</sup> à la 20<sup>e</sup> position étaient des wagons-citernes de MD chargés de propane. Ces wagons se sont immobilisés parallèlement à la plateforme de la voie, au fond du remblai au sud de la voie. Ils présentaient des dommages d'impact, mais n'ont pas laissé échapper de produit.

Les wagons de la 21<sup>e</sup> à la 31<sup>e</sup> position se sont arrêtés sur le remblai sud de la voie. Ils étaient empilés en portefeuille, couchés sur leur côté, sur une distance s'étendant d'environ 80 pieds à 225 pieds à l'est du joint (figure 2).

Le 21<sup>e</sup> wagon (PROX 36178), un wagon-citerne de MD chargé de propane odorisé, s'est immobilisé sur le côté au bas d'un remblai; il a été le premier à se mettre en portefeuille. Le dessus du wagon avait subi un choc dans la région du trou d'homme : la semelle de renfort du trou d'homme était bosselée et la coque de la citerne au niveau du trou d'homme était déformée. La buse du trou d'homme était enfoncée dans la citerne. Le couvercle de l'enceinte protectrice était déformé et le joint du trou d'homme, endommagé. Du produit s'était échappé du wagon. Une partie du wagon-citerne PROX 36178 comprenant le trou d'homme, l'enveloppe extérieure, le renfort et la coque de citerne a été retirée et envoyée au laboratoire du BST pour y subir un examen exhaustif.

Figure 2. Vue des wagons déraillés juste à l'est du joint isolant (Source : Chemin de fer Canadien Pacifique)



- Le 22<sup>e</sup> wagon, un wagon-trémie couvert chargé, se trouvait directement accolé au 21<sup>e</sup> wagon.
- Le 25<sup>e</sup> wagon (GATX 200481), un wagon-citerne de MD chargé de propane avait subi un choc, mais est resté intact.
  - Le 26<sup>e</sup> wagon (GATX 200483), un wagon-citerne de MD chargé de propane odorisé, s'est immobilisé sur le côté, au bas d'un remblai. Le wagon a été percuté sur le bout A et le bord supérieur droit de la tête de citerne a été perforé. La perforation mesurait environ 30 cm de long sur 60 cm de haut. Une fissure d'environ 30 cm de long s'étendait vers le bas depuis le coin inférieur gauche de la perforation.
  - Ce wagon-citerne a perdu tout son chargement. En raison de l'orientation du wagon quand il s'est immobilisé, avec son bout A parmi les autres wagons au fond d'un remblai, la perforation et la perte de produit n'ont été découvertes que le lendemain de l'accident.
  - Un coupon de citerne comprenant la perforation et des portions représentatives des matériaux de la tête et de la coque environnantes a été découpé du wagon-citerne GATX 200483 et envoyé au laboratoire du BST pour y subir un examen exhaustif.
- Le 31<sup>e</sup> wagon, DTTX 646929, était debout, avec ses 2 bogies déraillés, au sud de la voie; il était encore attaché à la queue du train.

Le premier wagon non déraillé, le 32<sup>e</sup>, s'est arrêté avec son essieu monté avant sur le rail à l'extrémité ouest de l'éclisse brisée.

## 1.5 Documents du train

Les documents fournis au chef de train comprenaient des feuilles de route comprimées pour tous les wagons de MD. Bien que le wagon-citerne de MD PROX 36178 était chargé de propane odorisé, il portait sur chaque côté une inscription au pochoir « Sans odorisant ». La feuille de route comprimée pour le wagon n'indiquait pas qu'il était chargé de propane odorisé, et une telle indication n'était pas exigée.

Le *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* de Transports Canada (TC) a établi des exigences pour l'expédition de MD. Extrait de l'article 3.5 - Renseignements devant figurer sur le document d'expédition :

- (1) Les renseignements suivants doivent figurer sur un document d'expédition :
- a) les nom et adresse de l'établissement de l'expéditeur au Canada;
  - b) la date à laquelle le document d'expédition, ou une copie électronique de celui-ci, a été établi ou remis en premier à un transporteur;
  - c) la description de chaque marchandise dangereuse dans l'ordre suivant :
    - (i) le numéro UN,
    - (ii) l'appellation réglementaire suivie, à moins qu'elle n'en fasse déjà partie :
      - (A) dans le cas de marchandises dangereuses assujetties à la disposition particulière 16, de l'appellation technique, entre parenthèses, d'au moins une des matières qui contribuent le plus au danger ou aux dangers des marchandises dangereuses,
      - (B) dans le cas d'un gaz de pétrole liquéfié sans odorisant, de la mention « Sans odorisant » ou « Not Odorized » ou « Not Odourized ».

## 1.6 Renseignements sur la subdivision et la voie

La subdivision de Nipigon du CP est formée d'une voie principale simple allant de Schreiber (Ontario), point milliaire 0,0, vers l'ouest jusqu'à Thunder Bay (Ontario), point milliaire 132,9. Les mouvements de train sur la subdivision sont régis par le système de commande centralisée de la circulation (CCC), autorisé par le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF) et supervisé par un CCF en poste à Calgary (Alberta).



En 2014, le trafic total sur la subdivision de Nipigon était de 31 millions de tonnes brutes (MTB)<sup>5</sup>, comprenant presque 74 000 wagons chargés de MD dont plus de 50 000 étaient des wagons-citernes. La subdivision de Nipigon était classée comme étant un itinéraire clé<sup>6</sup>.

Dans les environs du déraillement, la voie était de catégorie 4, selon le *Règlement concernant la sécurité de la voie* (RSV) approuvé par TC. La vitesse autorisée pour les trains de marchandises dans cette zone était de 50 mi/h.

La voie était en alignement dans les environs du déraillement. Elle était formée de longs rails soudés (LRS) de 115 livres fabriqués par Sydney Steel en 2004. Les rails avaient été posés en 2005 et étaient en bon état. Ils reposaient sur des selles à double épaulement, fixés à des traverses en bois dur n° 1 avec 5 crampons par selle et encadrés d'anticheminants toutes les 2 traverses. Les cases étaient garnies et les épaulements de ballast dépassaient de 12 à 24 pouces le bout des traverses.

Au point milliaire 42,0, immédiatement à l'est de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin, il y avait 2 joints isolants enrobés de polyuréthane adjacents l'un à l'autre sur les rails nord et sud. L'aiguillage est de la voie d'évitement était équipé d'un réchauffeur d'aiguilles alimenté au propane. Les réchauffeurs d'aiguilles sont des dispositifs de chauffage actionnés à distance utilisant un brûleur pour faire fondre la neige et la glace de façon que l'aiguillage puisse être fonctionnel par temps froid.

### *1.7 Rôles et responsabilités de l'équipe du train et du contrôleur de la circulation ferroviaire*

Un chef de train est responsable de la gestion d'un train, de son contenu et des documents connexes. Le manuel de formation d'un chef de train du CP indique qu'en cas d'urgence il incombe au chef de train d'assurer la sécurité de son convoi, des autres trains, des voies, des membres de l'équipe, et du public tout en respectant les procédures appropriées applicables selon le REF ainsi que les règles, politiques et instructions générales d'exploitation (IGE) de la compagnie.

Dans l'événement à l'étude, le chef de train avait entrepris le programme de formation de chef de train du CP en février 2011 et s'était qualifié comme chef de train en juillet 2011. Il

---

<sup>5</sup> Les abréviations MTB et MTB/M (MTB/M = millions de tonnes brutes par mille de voie) sont utilisées de façon interchangeable, mais correspondent essentiellement à une même valeur. Les exigences sur l'entretien des voies ferrées sont basées sur les volumes de MTB; elles sont souvent mentionnées dans les normes d'entretien de la voie des chemins de fer.

<sup>6</sup> Un itinéraire clé est défini comme étant une voie qui, sur une période d'un an, est utilisée pour transporter au moins 10 000 wagons-citernes ou citernes mobiles intermodales contenant des marchandises dangereuses (définies dans la *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses*) ou une combinaison quelconque d'au moins 10 000 wagons-citernes et citernes mobiles intermodales chargés.

s'était requalifié en mai 2012 et en décembre 2014<sup>7</sup>. L'accident à l'étude était le premier déraillement important dans lequel le chef de train était en cause.

Un mécanicien de locomotive, qui est responsable de la bonne marche d'un train, conduit la locomotive en conformité avec le REF et les IGE de la compagnie. Le mécanicien de locomotive est censé rester dans la cabine ou près de la locomotive dans la plupart des cas. Dans l'événement à l'étude, le mécanicien de locomotive comptait plus de 37 années de service : il avait été promu à son poste en 1981 après avoir travaillé comme serre-frein et comme chef de train.

Un CCF est responsable du fonctionnement sécuritaire et efficient du chemin de fer à l'intérieur du territoire d'exploitation qui lui est attribué. Le CCF coordonne la marche des trains et des autres mouvements en voie sur le chemin de fer, et ce, à partir du centre de contrôle de la circulation ferroviaire. Dans l'événement à l'étude, le CCF s'était joint au CP en 1997 et comptait environ 13 années d'expérience dans ses fonctions.

## 1.8 Procédures d'intervention d'urgence du Chemin de fer Canadien Pacifique

### 1.8.1 Équipe

Durant leur service, tous les employés d'exploitation doivent avoir avec eux, pour consultation rapide, un exemplaire des règles du REF et des manuels d'IGE de la compagnie. Selon un extrait de la règle générale A (iv) du REF, les employés doivent « signaler à l'autorité compétente, par le moyen le plus rapide, toute situation pouvant compromettre la sécurité d'un mouvement ». L'autorité compétente est définie dans le REF comme « le contrôleur de la circulation ferroviaire ou le superviseur ferroviaire approprié ».

En plus des règles et des manuels d'instructions, les employés d'exploitation doivent avoir avec eux le *Guide des mesures d'urgence*, qui fournit aux équipes de l'information sur les MD et des instructions sur les mesures à prendre dans les situations d'urgence mettant en cause des MD. Dans l'événement à l'étude, les 2 membres de l'équipe avaient ces manuels en leur possession. Au cours de la formation initiale de chef de train et de la formation de requalification au CP, les règles et instructions sur les interventions en cas d'accidents ou d'incidents de MD étaient mises en évidence, et leur connaissance vérifiée par un examen.

En ce qui concerne les déraillements, le *Manuel de sécurité du service des trains et des locomotives* du CP comprend, comme règle de sécurité de base, la consigne suivante : « Ne vous approchez des lieux d'une urgence ou d'un déraillement que lorsqu'il a été déterminé qu'il

---

<sup>7</sup> Tous les employés d'exploitation ferroviaire doivent se requalifier aux 3 ans.

est possible de le faire en toute sécurité<sup>8</sup>. » Ce recueil de règles ne précise pas comment ou par qui cette détermination doit être faite.

Les IGE du CP décrivent les étapes que doit suivre l'équipe pour évaluer les dangers associés aux MD après un incident ou un accident. Après une inspection visuelle de l'incident (depuis la cabine de la locomotive dans la mesure du possible), l'équipe a pour instruction

- d'identifier les MD en cause au moyen du bulletin de composition et des feuilles de route;
- de consulter le *Guide des mesures d'urgence*, complété par les annotations dans les documents de train, pour connaître les mesures protectrices à mettre en œuvre<sup>9</sup>.

Si le danger propre aux MD n'empêche pas de s'approcher des wagons déraillés, les employés d'exploitation ont pour instruction d'évaluer les dangers propres au site : dangers physiques, chimiques, électriques et autres<sup>10</sup>. Les IGE indiquent aux employés

- de se tenir à l'écart des dangers pour éviter toute blessure;
- d'éviter toute exposition inutile à la fumée ou aux vapeurs;
- de tenir les flammes nues loin du site de l'incident.

De plus, les IGE donnent instruction aux employés de porter secours aux blessés, d'administrer les premiers soins et de tenir le public à l'écart des lieux de l'accident. En ce qui concerne les locomotives et les wagons non déraillés, les IGE stipulent ceci : « Si les locomotives ne sont pas directement mêlées à l'accident, couper le train à la plus grande longueur compatible avec la sécurité, et éloigner les wagons à une distance sûre<sup>11</sup>. »

Si des fuites sont constatées sur un wagon, l'équipe de train a pour instruction de « s'éloigner immédiatement du déversement ou de la fuite, dos au vent dans la mesure du possible, en évitant les points bas<sup>12</sup> ».

Le *Manuel de sécurité du service des trains et des locomotives* décrit la marche à suivre pour la tenue d'une séance d'information sur les travaux. Il indique que le chef de train doit animer une telle séance au début de tout travail. La séance d'information sur les travaux sert à préciser ce qui suit :

- les tâches à accomplir;
- les responsabilités de chacun;
- les questions de conscience situationnelle.

---

<sup>8</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Manuel de sécurité du service des trains et des locomotives* (février 2015), p. 3.

<sup>9</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Instructions générales d'exploitation*, 6 juillet 2009, section 8, alinéa 7.1 b), p. 129.

<sup>10</sup> *Ibid.*, section 8, alinéa 7.1 c), p. 130.

<sup>11</sup> *Ibid.*, section 8, alinéa 7.1 d), p. 130.

<sup>12</sup> *Ibid.*, section 8, paragraphe 7.2, p. 130.



Il y est de plus indiqué qu'il faut, durant les séances d'information sur les travaux, indiquer la présence de tout wagon chargé de MD spéciales, et que d'autres séances doivent être tenues chaque fois que la situation change<sup>13</sup>. Cependant, aucun format ni contenu particuliers ne sont prescrits pour les séances d'information sur les travaux après un déraillement ou lors d'une intervention en cas d'événement.

### 1.8.2 *Contrôle de la circulation ferroviaire*

La section 14.0 du *Manuel de contrôle de la circulation ferroviaire* du CP décrit les responsabilités du CCF lors d'événements mettant en cause des MD. Extrait du manuel :

Lorsqu'un incident impliquant des marchandises dangereuses se produit et que le CCF est le premier cheminot à en être informé par l'équipe de train, il doit informer le directeur. Celui-ci verra à informer toutes les autorités civiles et ferroviaires nécessaires et à dépêcher sur les lieux le matériel de secours approprié.

Lorsqu'il est informé d'un incident, le CCF doit obtenir, vérifier et consigner (sur la feuille de planification des CCF) les renseignements suivants :

1. lieu de l'incident (subdivision et point milliaire);
2. nombre de wagons en cause et leur état;
3. marques et numéros des wagons;
4. conditions atmosphériques.

### 1.8.3 *Formation sur les marchandises dangereuses pour les employés d'exploitation du Chemin de fer Canadien Pacifique*

Les documents de formation du CP sur le transport des MD indiquent que toute fuite de MD peut constituer un danger. Ces documents décrivent le rôle principal de l'équipe comme étant de fournir de l'information au CCF. De plus, ils indiquent que les membres de l'équipe doivent évacuer la zone s'ils soupçonnent l'existence d'une fuite.

Dans les documents de formation du CP, les consignes ci-après sont fournies aux équipes de train pour les guider en cas d'intervention d'urgence mettant en cause des MD [traduction] :

- Aperçu général d'une intervention d'urgence
  - Toute fuite d'une marchandise dangereuse (quels que soient le produit ou la quantité en cause) constitue un danger extrême et doit être traitée avec prudence. Bien que seuls des intervenants d'urgence spécialement formés soient autorisés à s'attaquer au problème, la présente section décrit les mesures que vous pouvez prendre pour que l'incident soit pris en charge d'une manière sécuritaire et efficace.

<sup>13</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Manuel de sécurité du service des trains et des locomotives* (février 2015), p. 6.

- Voici les étapes à suivre en cas de rejet accidentel d'une marchandise dangereuse :
  1. Sécuriser la zone.
  2. Communiquer avec l'intervenant d'urgence désigné.
  3. Recueillir de l'information sur le produit en prévision de l'arrivée des intervenants d'urgence.
- Rôle de l'équipe dans une intervention d'urgence
  - Sur les lieux d'un incident, après avoir protégé le mouvement, une équipe de train informe le contrôleur de la circulation ferroviaire ou le superviseur de triage de la situation, et donne au CCF l'information suivante :
    - le numéro des wagons;
    - leur contenu;
    - les numéros de téléphone des intervenants d'urgence;
    - l'état des wagons.
  - L'équipe doit communiquer l'état des wagons transportant des MD, même s'ils ne sont pas mis en cause dans l'incident, mais sont situés à proximité de wagons qui le sont. Ensuite, l'équipe reste sur les lieux pour attendre l'arrivée du personnel d'intervention d'urgence (elle ne doit remettre les documents d'expédition à personne, sauf aux représentants désignés de la compagnie).
- Sécurisation des lieux
  - Les dangers associés à des MD sont à ce point variés que la première mesure à prendre à la découverte d'une fuite est d'évaluer la situation le plus rapidement possible. Si vous soupçonnez la présence d'une fuite :
    - Au besoin, mettez-vous immédiatement à l'écart du déversement ou de la fuite, en amont du vent si possible ou le plus loin possible.
    - Quand vous pouvez le faire sans danger, avertissez les autres personnes dans le secteur.
    - Suivez la procédure de la compagnie avant de tenter de pousser plus loin votre examen de la situation.
    - N'essayez pas de corriger la situation vous-même.
    - Évitez de vous exposer au produit.
    - Évitez les dépressions de terrain où les vapeurs peuvent s'accumuler.
    - Abstenez-vous de fumer et éliminez les flammes nues ou les étincelles.

- Gardez le secteur libre de personnel, sauf les intervenants d'urgence<sup>14</sup>.

Cependant, les équipes du CP n'étaient pas expressément formées pour

- repérer les sources potentielles d'allumage (telles qu'un réchauffeur d'aiguilles, une locomotive, un véhicule à moteur, une radio portative, un appareil photo ou un téléphone cellulaire qui ne sont pas à sécurité intrinsèque);
- évaluer les wagons-citernes de DG endommagés.

## 1.9 Caractéristiques du propane et précautions

Le propane est un gaz comprimé inodore et inflammable utilisé couramment pour le chauffage, la cuisson et le soudage. Pour qu'il soit possible de détecter la présence du gaz, on ajoute souvent de l'éthylmercaptopan, un produit odorant, de façon à ce qu'une fuite de gaz soit facilement reconnue. Quand il est expédié en vrac, le gaz n'est pas toujours odorisé. Cependant, dans le cas à l'étude, le propane des wagons-citernes déraillés l'était.

### 1.9.1 Guide des mesures d'urgence 2012 – Guide 115

Le Guide 115 du *Guide des mesures d'urgence 2012*<sup>15</sup> (annexe A) indique les dangers potentiels de divers gaz inflammables, dont le propane, et donne des conseils pour les interventions d'urgence et la sécurité publique. De plus, le guide décrit les dangers potentiels et les précautions de sécurité à prendre en présence de gaz inflammables :

- Les dangers potentiels associés aux gaz inflammables comprennent l'incendie ou l'explosion.
  - EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE.
  - S'enflamme facilement sous l'action de la chaleur, d'étincelles ou de flammes.
  - Forme des mélanges explosifs avec l'air.
  - Les vapeurs de gaz liquéfiés sont initialement plus lourdes que l'air et se diffusent au ras du sol.
  - Les vapeurs peuvent se propager vers une source d'allumage et provoquer un retour de flamme au point de fuite.
  - Les bouteilles à gaz exposées au feu peuvent laisser s'échapper des gaz inflammables par les dispositifs de sécurité.

<sup>14</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Transportation of Dangerous Goods Field Operations Training : Trainee Guide* (février 2014), p. 27-28.

<sup>15</sup> Transports Canada, Department of Transportation des États-Unis, secrétariat du Transport et des Communications du Mexique en collaboration avec le Centro de Información Química para Emergencias de l'Argentine, *Guide des mesures d'urgence 2012 (GMU), Guide 115, Gaz – Inflammables*, disponible à l'adresse : [www.apps.tc.gc.ca/saf-sec-sur/3/erg-gmu/gmu/pageguide.aspx/guide115](http://www.apps.tc.gc.ca/saf-sec-sur/3/erg-gmu/gmu/pageguide.aspx/guide115) (dernière consultation le 22 juin 2016).

- Les contenants peuvent exploser lorsque chauffés.
- Les bouteilles à gaz brisées peuvent s'autopropulser violemment.
- Les dangers pour la santé comprennent l'asphyxie, l'irritation respiratoire, les brûlures et les engelures.
  - Les vapeurs peuvent causer des étourdissements ou l'asphyxie sans avertissement.
  - Certaines peuvent être irritantes si inhalées à fortes concentrations.
  - Le contact avec le gaz ou le gaz liquéfié peut causer de graves blessures, des brûlures et/ou des engelures.
  - Un feu peut produire des gaz irritants et/ou toxiques.
- Les précautions à prendre sont les suivantes :
  - Demeurer en amont du vent et éviter les dépressions de terrain.
  - Éliminer les sources possibles d'allumage.
  - Évacuer le personnel sur une distance de 800 m (½ mille) en cas de déversement important, et de 1600 m (1 mille) en cas d'incendie mettant en cause un wagon.
  - La protection respiratoire prescrite lors d'une intervention dans une situation où il y a présence de gaz de pétrole liquéfié est un appareil de protection respiratoire autonome (APRA) à pression positive.
  - Les premiers soins pour une personne exposée consistent à la transporter à l'air frais et à appeler les services médicaux d'urgence.

### 1.9.2 Effets d'une inhalation de propane

Une fiche d'information préparée par le Centre canadien d'hygiène et de santé au travail fournit les renseignements ci-après sur les effets d'une inhalation de propane :

Les faibles concentrations ne sont pas nocives. Une concentration élevée peut déplacer l'oxygène contenu dans l'air. Une faible teneur en oxygène peut entraîner divers symptômes tels qu'une respiration rapide, une fréquence cardiaque élevée, des malaises, des sautes d'humeur et de la fatigue. Au fur et à mesure que la teneur en oxygène diminue, des nausées et des vomissements, une perte de conscience, des convulsions, un coma et la mort peuvent se produire. Les symptômes apparaissent plus rapidement avec l'effort physique. Le manque d'oxygène peut provoquer des dommages permanents aux organes, incluant le cerveau et le cœur. À fortes concentrations : peut affecter le système nerveux. Les symptômes peuvent comprendre des maux de tête, des nausées, des étourdissements, de la somnolence et de la confusion. Peut causer de l'arythmie<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail [en ligne], « Fiche d'information Réponses SST : Propane », disponible à l'adresse :

La fiche d'information indique de plus que, en cas de difficulté respiratoire, la personne touchée devrait recevoir de l'oxygène de secours de la part d'un personnel formé et qu'une aide médicale d'urgence s'impose.

### 1.10 *Intervention d'urgence en présence de marchandises dangereuses*

Dans un événement ferroviaire mettant en cause du propane, les premiers intervenants sont généralement l'équipe de train. Ils ont pour tâche de faire une première évaluation, à partir d'une distance sécuritaire. Après avoir identifié les premier et dernier wagons déraillés, l'équipe devrait quitter la zone; l'évaluation détaillée du site devrait être effectuée par des intervenants d'urgence qualifiés. Ceux-ci peuvent être, notamment, des employés ferroviaires spécialement formés et des pompiers.

Des intervenants d'urgence qualifiés procèdent à partir d'une distance sécuritaire à une deuxième évaluation (plus exhaustive) du site. Cela fait, on prépare un plan détaillé d'entrée sur les lieux prévoyant notamment de reconnaître les sources potentielles d'allumage, tel un réchauffeur d'aiguilles. Par la suite, des intervenants font leur entrée munis d'un équipement de protection individuelle (ÉPI) approprié, dont au besoin un APRA à pression positive. Normalement, les intervenants se munissent aussi de dispositifs de mesure de la qualité de l'air et de détection de produits, ainsi que de radios, d'appareils photo et de téléphones cellulaires à sécurité intrinsèque. Les dispositifs électroniques qui ne sont pas à sécurité intrinsèque peuvent être une source d'allumage.

### 1.11 *Recherche sur les interventions d'urgence*

La recherche sur la façon dont les personnes et les équipes prennent des décisions dans des situations de stress intense souligne la nécessité de procédures claires et bien exercées pour faire face à des situations d'urgence. En particulier, il a été démontré que, quand des équipes entreprennent une tâche nouvelle dans des conditions extrêmes, elles ont tendance à être prudentes dans leur approche et à se concentrer sur les règles ou les procédures établies<sup>17</sup>. Ce comportement s'explique comme suit [traduction] : « Les personnes éprouvant du stress, de l'anxiété et une excitation psychologique tendent à accorder d'autant plus d'importance à des hypothèses internes et à des indices dominants pour réagir selon des modalités bien

---

[http://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/propane.html](http://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/propane.html) (dernière consultation le 22 juin 2016).

<sup>17</sup> C.S. Burke, H.A. Priest, E. Salas, D. Sims et K. Mayer. « Stress and teams: how stress affects decision making at the team level », dans : P.A. Hancock et J.L. Szalma (dir.), *Performance Under Stress* (Ashgate, 2008), p. 193.

apprises. Autrement dit, la réponse décisionnelle potentielle à une situation de crise est de s'en tenir aux règles, en fonction de réponses apprises<sup>18</sup>. »

Les recherches ont mis en lumière l'importance de responsabilités hiérarchiques claires face à des situations d'urgence. Dans des conditions de stress, les membres de faible statut au sein d'une équipe peuvent hésiter à poser des gestes et s'en remettent à d'autres. Ainsi, des subalternes pourraient hésiter à questionner la chaîne d'autorité dans des situations d'urgence et omettre de transmettre de précieux renseignements. Une des façons de combattre cette tendance est de faire en sorte que la responsabilité soit répartie dans toute l'équipe plutôt que d'être concentrée au sommet de la hiérarchie<sup>19</sup>.

## 1.12 Exigences d'inspections de la voie

Aux termes de la version actuelle du RSV approuvé par TC et du *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* du CP, un certain nombre d'inspections de la voie s'imposent.

### 1.12.1 Inspections visuelles de la voie

Le RSV énonce les exigences suivantes :

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<sup>20</sup>.

La vitesse du véhicule ne doit pas dépasser 5 mi/h au franchissement de traversées, de branchements ou d'appareils de voies spéciaux<sup>21</sup>.

Pour une voie de catégorie 4, le RSV exige qu'une inspection visuelle de la voie soit effectuée au moins 2 fois par semaine, à des intervalles d'au plus 3 jours<sup>22</sup>.

Les inspections visuelles de la voie sont habituellement faites par un inspecteur de la voie depuis un véhicule rail-route. En ce qui concerne les joints de rail, l'inspecteur regarde par

---

<sup>18</sup> B. Van de Walle et M. Turoff, « Decision support for emergency situations », dans : F. Burstein et C.W. Holsapple (dir.), *Handbook on Decision Support Systems* (Springer, 2008), disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10257-008-0087-z#page-1> (dernière consultation le 22 juin 2016).

<sup>19</sup> C.S. Burke, H.A. Priest, E. Salas, D. Sims et K. Mayer. « Stress and teams: how stress affects decision making at the team level », dans : P.A. Hancock et J.L. Szalma (dir.), *Performance Under Stress* (Ashgate, 2008), p. 194.

<sup>20</sup> Transports Canada, TC E-54, *Règlement concernant la sécurité de la voie* (RSV, en vigueur le 25 mai 2012), Partie II, section F – Inspection, paragraphe 2.4 Inspections visuelles de la voie, alinéa a).

<sup>21</sup> *Ibid.*, Partie II, section F – Inspection, paragraphe 2.4 Inspections visuelles de la voie, alinéa b).

<sup>22</sup> *Ibid.*, Partie II, section F – Inspection, paragraphe 2.4 Inspections visuelles de la voie, alinéa e).

exemple s'il y a des boulons desserrés ou manquants et des éclisses cassées ou fissurées. L'hiver, ces inspections peuvent être plus difficiles, la neige pouvant recouvrir le rail et masquer certains défauts. Cependant, si des trains ont circulé sur la voie entre la dernière chute de neige et l'inspection, certains indicateurs, comme la neige qui s'est éloignée du joint, peuvent aider à repérer les joints desserrés.

Dans l'événement à l'étude, la voie dans les environs du déraillement avait fait l'objet d'une inspection visuelle en conformité avec les exigences réglementaires. La dernière inspection visuelle de la voie avait eu lieu le 12 janvier 2015, la veille de l'accident; aucune anomalie n'avait été constatée.

### 1.12.2 Inspection des joints

Selon le RSV

Tous les joints de rail, ordinaires, isolants et mixtes, doivent présenter des caractéristiques et des dimensions compatibles avec les rails qu'ils réunissent<sup>23</sup>.

Lorsque, sur une voie de catégorie 3, 4, ou 5, une éclisse est fissurée ou cassée, ou que, en raison de son usure, elle permet le déplacement vertical de l'un des rails alors que tous les boulons sont serrés, il est nécessaire de la remplacer<sup>24</sup>.

Le CP exige que les inspections prévues des joints se fassent au niveau du sol pour assurer une recherche visuelle rapprochée des défauts<sup>25</sup> et pour que les inspecteurs accordent une attention particulière aux anomalies suivantes :

- abouts de rail rompus;
- éclisses fissurées ou cassées;
- boulons desserrés, cassés ou manquants;
- isolant manquant ou fluage du métal aux abouts de rail des joints isolants;
- défaut de dressage au joint;
- écrasement ou désaffleurement des abouts de rails contribuant à l'instabilité du joint;
- signe de mouvement de rail longitudinal excessif au niveau d'un joint, ou à proximité<sup>26</sup>.

<sup>23</sup> *Ibid.*, Partie II, section D – Structure de la voie, article V – Joints de rail, paragraphe a).

<sup>24</sup> *Ibid.*, Partie II, section D – Structure de la voie, article V – Joints de rail, paragraphe b).

<sup>25</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages*, section 14 – Inspection de la voie, paragraphe 14.14.0 – Inspection des joints en zones de LRS et de rails éclissés, alinéa a).

<sup>26</sup> *Ibid.*, section 14 – Inspection de la voie, paragraphe 14.14.0 – Inspection des joints en zones de LRS et de rails éclissés, alinéa b).

De plus, le CP exige que les inspections de joints aient lieu 2 fois par année civile, à raison de 1 inspection dans chacune des périodes suivantes : janvier à juin et juillet à décembre, et qu'il y ait un intervalle d'au moins 120 jours entre 2 inspections consécutives<sup>27</sup>.

La dernière inspection des joints avant l'événement s'était déroulée le 31 octobre 2014; aucune anomalie n'avait été constatée.

### 1.12.3 Inspection des branchements

Selon le RSV

L'inspection courante des branchements et des appareils de voie spéciaux est un contrôle dont le but est d'évaluer l'état général et de reconnaître les anomalies d'un branchement ou d'un appareil de voie spécial chaque fois qu'on les franchit au cours d'une inspection visuelle de la voie<sup>28</sup>.

Pour une voie de catégorie 4 supportant un tonnage annuel de plus de 35 MTB [millions de tonnes brutes], comme la subdivision de Nipigon, une inspection à pied des branchements et des appareils de voie spéciaux doit avoir lieu 2 fois par mois pour en évaluer l'état général. Une telle inspection n'est pas nécessaire au cours d'un mois où a lieu une inspection détaillée des branchements et des appareils de voie spéciaux<sup>29</sup>.

Tous les branchements et tous les appareils de voie spéciaux doivent, chaque année, être soumis à une inspection détaillée. Une inspection détaillée des branchements et des appareils de voie spéciaux est un contrôle effectué à pied pour évaluer l'état d'un branchement et d'un appareil de voie spécial.

Une telle inspection comprend la mesure et l'enregistrement des points spécifiés suivants :

- i) écartement à une distance de 5 à 10 pieds avant les aiguilles, au droit de l'entretoise de talon, au point médian du rail intermédiaire courbe et à intervalles tout au long de l'itinéraire dévié derrière le cœur de croisement;
- ii) cote de protection de la pointe du cœur de croisement;
- iii) cote de protection de la face active du contre-rail;

---

<sup>27</sup> *Ibid.*, section 14 – Inspection de la voie, paragraphe 14.14.0 – Inspection des joints en zones de LRS et de rails éclissés, alinéa d).

<sup>28</sup> Transports Canada, TC E-54, *Règlement concernant la sécurité de la voie* (RSV, en vigueur le 25 mai 2012), Partie II, section F – Inspection, article 3. – Voie – Inspections des branchements et des appareils de voie spéciaux, paragraphe 3.2.

<sup>29</sup> *Ibid.*, Partie II, section F – Inspection, article 3. – Voie – Inspection des branchements et des appareils de voie spéciaux, paragraphe 3.3.



- iv) surélévation de l'aiguille là où un contact est manifeste (dégagement vertical entre l'aiguille et son contre-aiguille);
- v) état du nivellement de l'ensemble des entretoises de talon, avec vérification du serrage de leurs boulons;
- vi) nivellement transversal en des points espacés de 15,5 pieds sur les 2 itinéraires du branchement<sup>30</sup>.

Comme l'exigeait le CP, les inspections détaillées des branchements avaient lieu 2 fois par année sur la subdivision de Nipigon. Au cours de ces inspections, tous les aspects d'un branchement étaient inspectés à fond, y compris les joints isolants de chaque côté du branchement.

Avant l'événement à l'étude, la plus récente inspection détaillée du branchement est de la voie d'évitement à Dublin avait été effectuée le 5 décembre 2014; aucune anomalie n'avait été constatée.

#### 1.12.4 *Contrôle par temps froid*

Dans le cas de longs rails soudés (LRS), le froid intense produit une contraction du rail et le place dans un état de tension. À basse température, l'acier du rail a moins de ténacité et de ductilité. On sait que, dans ces conditions, l'acier est susceptible de se disjoindre ou de se rompre sous des impacts de roue élevés, en particulier aux endroits où un défaut de rail est présent ou émergeant. Pour se protéger contre les déraillements dus à des ruptures d'éclissage ou de rail, les compagnies de chemin de fer procèdent à des inspections supplémentaires de la voie par temps froid.

Le CP exige que de telles inspections soient effectuées tous les jours sur la voie principale quand la température est de  $-25^{\circ}\text{C}$  ou moins. Au cours des inspections par temps froid, les inspecteurs doivent être à la recherche de rails et de joints brisés par suite de ruptures d'éclissage<sup>31</sup>.

Le 11 janvier 2015, en raison du temps froid et du nettoyage des aiguillages, une inspection à pied a eu lieu dans la zone du déraillement. Bien qu'aucune anomalie n'ait été constatée, l'agent d'entretien de la voie a remarqué que le rail semblait un peu bas dans la zone du joint, mais qu'il était dans les limites.

<sup>30</sup> *Ibid.*, Partie II, section F – Inspection, article 3. – Voie – Inspections des branchements et des appareils de voie spéciaux, paragraphe 3.4.

<sup>31</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages*, section 14 – Inspection de la voie, paragraphe 14.8.0 - Inspection de la voie par temps froid, alinéa a).

### 1.12.5 Inspection de l'état géométrique de la voie

Le RSV établit, pour une catégorie de voie donnée, les exigences minimales sur l'état géométrique de la voie. À cette fin, pour une voie de catégorie 4 supportant un tonnage annuel de plus de 35 MTB, le RSV exige d'inspecter la voie avec un véhicule lourd de contrôle de l'état géométrique<sup>32</sup> au moins 2 fois par année<sup>33</sup>.

Les contrôles de l'état géométrique de la voie enregistrent les paramètres suivants :

- l'écartement<sup>34</sup>;
- le tracé de la voie<sup>35</sup>;
- le dévers dans les courbes<sup>36</sup>;
- le nivellement<sup>37</sup>.

Les compagnies de chemin de fer peuvent augmenter la fréquence des contrôles de l'état géométrique et élaborer des exigences internes supplémentaires pour aider à l'entretien de la voie. Pour la subdivision de Nipigon, le CP effectuait 4 contrôles de l'état géométrique par année, ce qui allait au-delà des exigences réglementaires.

Dans les environs du déraillement, les 2 plus récents contrôles de l'état géométrique de la voie du CP avaient été réalisés les 19 août et 6 novembre 2014. Lors de ces 2 contrôles, un état que le CP désigne comme défaut nécessitant une intervention prioritaire, le S22-SR<sup>38</sup> (S22), et certains petits défauts de tracé avaient été enregistrés dans la zone du joint. Le défaut S22 se produit lorsque le déplacement vertical ou le point médian mesuré au moyen d'une corde de 22 pieds tendue le long de la partie supérieure du rail dans une voie de catégorie 4 excède 0,625 pouce. De tels défauts sont habituellement associés à une déviation excessive des joints, ce qui peut causer des impacts de roue plus élevés que la normale et entraîner une rupture de rail. Quand ces défauts se produisent à des joints de rail, ils indiquent généralement un support de joint qui se détériore et qui devrait être remis en état.

<sup>32</sup> Transports Canada, TC E-54, *Règlement concernant la sécurité de la voie* (RSV, en vigueur le 25 mai 2012), Partie II, section F – Inspection, article 4. – Voie - Contrôles électroniques de la géométrie, alinéa 4.1 b).

<sup>33</sup> *Ibid.*, Partie II, section F – Inspection, article 4. – Voie - Contrôles électroniques de la géométrie, paragraphe 4.2.

<sup>34</sup> *Ibid.*, Partie II, section C – Géométrie de la voie, article 2. – Écartement.

<sup>35</sup> *Ibid.*, Partie II, section C – Géométrie de la voie, article 3. – Tracé de la voie.

<sup>36</sup> *Ibid.*, Partie II, section C – Géométrie de la voie, article 4 – Courbes : Dévers et limitations de vitesse, et article 5 – Dévers des voies en courbes : gradation du dévers.

<sup>37</sup> *Ibid.*, Partie II, section C – Géométrie de la voie, article 6. – Nivellement.

<sup>38</sup> Un défaut de géométrie, tel que défini par les normes d'entretien du Chemin de fer Canadien Pacifique, ne constitue pas une infraction au *Règlement concernant la sécurité de la voie*. Il faut inspecter, surveiller et, quand c'est faisable, corriger les défauts nécessitant une intervention prioritaire de façon qu'ils ne deviennent pas des défauts nécessitant une intervention urgente. Ces derniers exigent une attention immédiate.

Le contrôle de l'état géométrique de la voie du 19 août 2014 a enregistré une valeur S22 de 0,705 pouce et celui du 6 novembre 2014, une valeur S22 de 0,847 pouce au même endroit. Les 2 valeurs respectaient les normes pour une voie de catégorie 4. Cependant, elles dépassaient les critères d'un défaut nécessitant une intervention prioritaire au CP et indiquaient que l'état du joint s'était détérioré entre août et novembre 2014. Il n'existe pas au CP d'état quasi-urgent ou urgent pour un défaut S22 nécessitant une intervention prioritaire, parce qu'il est prévu qu'il sera surveillé et réparé aussitôt que possible.

L'emplacement avait été surveillé au cours des inspections régulières de la voie.

#### 1.12.6 *Inspection de détection des défauts de rail*

Les fissures de rail dans les joints (c'est-à-dire les étoilures de trous d'éclissage) peuvent passer inaperçues au cours d'une inspection visuelle. Les inspections de détection des défauts de rail (par ultrasons/induction) constituent une méthode de plus pour repérer des fissures dans les joints de rail.

Pour une voie de catégorie 4 supportant un tonnage annuel de plus de 35 MTB, le RSV exige que les rails soient soumis à une auscultation par ultrasons au moins 4 fois par année pour détecter les défauts et les fissures internes<sup>39</sup>. Pour la subdivision de Nipigon, le CP effectuait 6 auscultations des rails par année, ce qui allait au-delà des exigences réglementaires.

Ces auscultations étaient effectuées par l'entreprise Herzog. Les voitures d'auscultation des rails sont équipées d'une plateforme d'auscultation sur châssis qui contient, pour chaque rail, un dispositif électromagnétique (à induction) et 3 roues remplies de liquides montées sur des unités de recherche à rouleaux (RSU). Chaque RSU loge un certain nombre de transducteurs servant à détecter les défauts verticaux et transversaux à l'intérieur du rail. Un liquide de couplage facilite la transmission de l'énergie ultrasonique entre les transducteurs et le rail. Les ondes électromagnétiques, réfléchies par les discontinuités, trouvent les défauts et les fissures à l'intérieur du rail avant qu'ils n'entraînent une rupture de rail. La technologie d'auscultation des rails s'est améliorée, notamment par l'ajout de sondes au logiciel de reconnaissance des défauts à différents angles et plans d'agrandissement. L'auscultation des rails par ultrasons constitue une méthode de contrôle fiable et économique de détection des défauts de rail, mais qui comporte certaines limites.

En général, dans au moins 75 % des cas, une auscultation des rails permettra de trouver une étoilure de trou d'éclissage d'au moins ½ pouce de long s'étendant sur plus de la moitié de la section transversale de l'âme du rail. Cependant, les étoilures qui mesurent moins de ½ pouce ou qui ne s'étendent pas sur plus de la moitié de la section transversale de l'âme du

---

<sup>39</sup> Transports Canada, TC E-54, *Règlement concernant la sécurité de la voie* (RSV, en vigueur le 25 mai 2012), Partie II, section F – Inspection, article 5. – Voie – Inspection de détection des défauts de rail.

rail ne sont pas toujours détectées. L'orientation des fissures et la vitesse d'exécution du contrôle influent également sur la détection par ultrasons.

Avant l'événement à l'étude, la plus récente auscultation des rails avait été effectuée le 8 décembre 2014; aucun défaut ni aucune fissure n'avaient été détectés dans les environs du déraillement.

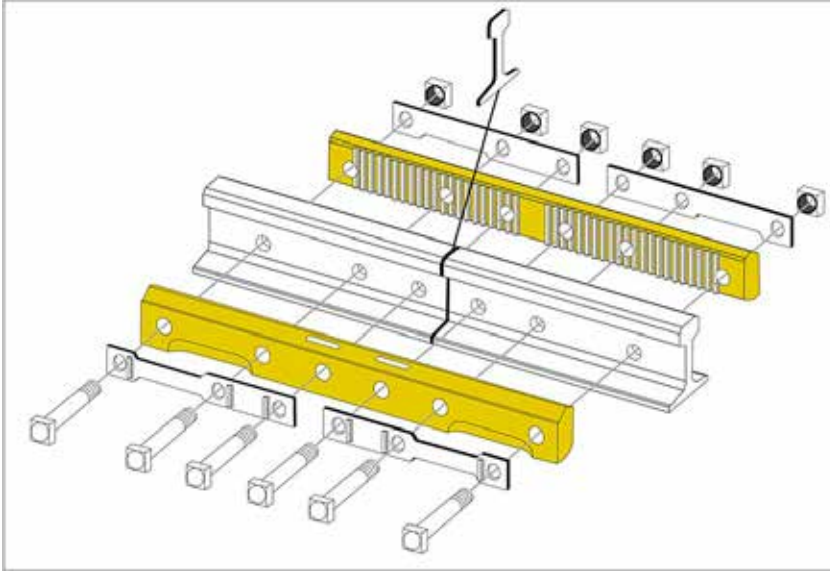
### *1.13 Système de signalisation ferroviaire*

Les systèmes de signalisation ferroviaire divisent les subdivisions en cantons. Chaque canton présente un signal, qui dépend d'un courant électrique circulant dans le rail. Quand un train entre dans un canton où la voie est libre, le signal d'entrée dans ce canton affichera une indication de « vitesse normale ». Cependant, si un autre train occupe le canton devant, ou si la continuité électrique des rails est interrompue à la suite d'événements comme une rupture de rail ou l'ouverture d'un aiguillage, le système génère une séquence de signaux indiquant à l'équipe d'arrêter le train ou de réduire sa vitesse suffisamment pour pouvoir s'arrêter en deçà de la moitié de la distance de visibilité. Cette vitesse ne devrait pas dépasser 15 mi/h. Cette fonction de sécurité intégrée aide à protéger l'équipe en empêchant les collisions ainsi que la circulation sur des tronçons de voie qui peuvent présenter des ruptures de rail. Cependant, si une rupture de rail n'entraîne pas une séparation complète, il est possible que le courant électrique ne soit pas interrompu et qu'un signal d'avertissement ne soit pas envoyé.

### *1.14 Joints de rail isolants*

On utilise des joints de rail isolants pour arrêter le courant électrique au début et à la fin d'un canton où les signaux sont situés. Dans le cas à l'étude, le joint était équipé de 2 éclisses isolantes enrobées de polyuréthane. Pour ce type de joint, des éclisses enrobées de polyuréthane sont placées de chaque côté du rail et fixées par des boulons insérés dans des trous percés dans l'âme du rail. Un isolateur est intercalé entre les bouts de rail (figure 3). Les joints isolants et les coupons de rail collés préassemblés n'empêchent pas de détecter la présence d'étoilures de trous d'éclissage lors d'une auscultation des rails par ultrasons.

Figure 3. Joint isolant enrobé de polyuréthane



### 1.15 Étoilures de trous d'éclissage

Une des ruptures de rail les plus courantes est une fracture engendrée par une fissure émanant d'un trou d'éclissage à l'intérieur d'un joint de rail. Les étoilures de trou d'éclissage dans l'âme du rail peuvent se développer pour diverses raisons. Elles se propagent habituellement à un angle de 45 degrés à partir d'un trou d'éclissage. Des joints desserrés ou mal supportés peuvent accélérer l'amorce d'une fissure en raison des contraintes qui s'exercent à l'intérieur du joint au passage d'un train. Une étoilure de trou d'éclissage non détectée peut provoquer une rupture de rail. À l'intérieur d'un joint, un rail fissuré peut demeurer non détecté et en place pendant un bon moment jusqu'à ce qu'il soit remplacé ou qu'il se rompe.

### 1.16 Réduction des niveaux de contrainte sur les joints de rail

En 1975, le Department of Transportation (DOT) des États-Unis a parrainé une étude<sup>40</sup> visant à examiner des techniques qui permettent d'accroître la durée de vie en fatigue dans l'industrie aérospatiale et à les appliquer aux trous d'éclissage dans les rails. L'étude a démontré qu'une réduction du niveau des contraintes exercées sur les trous d'éclissage obtenue après l'application d'un procédé d'expansion à froid par manchon fendu améliorerait de façon spectaculaire la durée de vie des rails. D'autres études ailleurs dans le monde ont incité le Royaume-Uni, la Chine et les États-Unis à utiliser ce procédé.

<sup>40</sup> D.V. Lindh, R.D. Taylor et D.M. Rose, *Sleeve Expansion of Bolt Holes in Railroad Rail*, rapport final, Department of Transportation des États-Unis (décembre 1977).

Le procédé, exécutable sur les lieux, consiste à dilater mécaniquement les trous d'éclissage, après les avoir percés, jusqu'à leur point de déformation plastique. Pour réaliser cette opération, il faut exercer une traction hydraulique sur un mandrin conique surdimensionné glissé dans un manchon fendu, lequel est lubrifié à l'intérieur et inséré dans le trou. Grâce à l'utilisation d'un dispositif de traction hydraulique portable, l'opération peut être réalisée sur le terrain et exige peu de temps additionnel. Une étude publiée en 1993 concluait que [traduction]

La dilatation à froid de ces joints réduit la probabilité de fissuration, car elle permet au joint de fonctionner à des niveaux de contrainte plus élevés. L'application de contraintes de compression résiduelles autour des trous d'éclissage aux abouts de rail améliore la sécurité des opérations en éliminant une cause potentielle de déraillement. Elle se traduit aussi par des opérations ferroviaires plus économiques en prolongeant les intervalles d'inspection et en réduisant les coûts de la maintenance courante et spéciale<sup>41</sup>.

### 1.17 Effet du temps froid sur l'infrastructure de la voie

Au cours d'opérations par temps froid, la résistance de l'infrastructure de la voie aux sollicitations en service, aux dommages et aux ruptures se trouve diminuée. On sait que l'acier des rails se contracte quand il est soumis à de basses températures. De ce fait, il a moins de ténacité et de ductilité. La contraction du rail augmente les contraintes de traction à l'intérieur du rail. De telles contraintes peuvent faciliter l'amorce de fissures, particulièrement en présence de pointes de contrainte (p. ex., défauts de rail internes) et d'appareils de voie (p. ex., joints de rail).

Pour gérer les effets du temps froid sur l'infrastructure de la voie, les compagnies de chemin de fer canadiennes prévoient des limitations de vitesse par temps froid. Sur la subdivision de Nipigon, la vitesse des trains était limitée à 35 mi/h quand un DBC signalait des températures inférieures à -25 °C. Au cours de la première partie du parcours depuis Thunder Bay, le train 118 avait été limité à une vitesse de 35 mi/h. Cependant, dès que le DBC au point milliaire 59,0 a signalé une température de -23 °C, le train a été autorisé à poursuivre sa route aux vitesses en voie permises (c'est-à-dire entre 40 et 50 mi/h). Certains des trains qui avaient franchi cette zone plus tôt avaient été limités à une vitesse de 35 mi/h à cause de la température.

### 1.18 Impacts de roue sur l'infrastructure de la voie

Dans l'industrie ferroviaire, on sait que les roues produisant des charges d'impact élevées peuvent endommager le matériel (essieux et fusées d'essieu) et l'infrastructure de la voie. Le risque de dommages pour l'infrastructure augmente quand le temps froid réduit la ténacité et la ductilité des rails. La Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN) avait

---

<sup>41</sup> Len Reid, *Overcoming Rail-End Bolt Hole Cracking by Cold Expansion Prestressing* (Seattle, WA : Fatigue Technology Inc., 1993).

précédemment analysé les données de 1992 à 1995 sur les impacts de roue et les roues brisées. L'analyse avait démontré un lien causal entre des charges d'impact de roue élevées et des rails brisés.

Le BST a fait enquête sur au moins 6 autres événements causés par des rails brisés à la suite d'impacts de roue élevés (annexe B).

### 1.19 *Détecteurs de défauts de roue*

Les détecteurs de défauts de roue (DDR) constituent un type de système d'inspection en voie qui mesure les forces d'impact de roue résultant de défauts de la table de roulement des roues. Les impacts de roue sont mesurés en kips (1 kip est égal à une force de 1000 livres). Le développement et la mise en œuvre de la technologie DDR se sont faits à l'initiative du secteur. Cette technologie a permis d'accroître la sécurité ferroviaire grâce au repérage préventif des roues à impact élevé, de sorte qu'elles puissent être remplacées avant qu'elles ne causent des dommages au matériel roulant ou à l'infrastructure de la voie.

Les systèmes DDR sont habituellement installés sur une voie en alignement où la vitesse est de 50 mi/h. L'objectif est d'enregistrer les impacts mesurés à la vitesse en voie. La force mesurée de l'impact des roues est directement liée à la vitesse. Plus le train va vite, plus l'impact de roue mesuré est grand lorsqu'un défaut de roue est présent dans la table de roulement. À l'inverse, une réduction de la vitesse du train à la hauteur d'un DDR peut réduire les impacts de roue mesurés.

#### 1.19.1 *Critères de retrait de roues selon les impacts signalés par un détecteur de défauts de roue*

La règle 41 du *Field Manual of the Association of American Railroads (AAR) Interchange Rules* de 2013 prescrit, entre autres, les critères ci-après pour le retrait de roues selon les impacts détectés par un DDR :

##### Règle 41 [Traduction]

##### DÉFAUTS DES ROUES EN ACIER – RESPONSABILITÉ DU PROPRIÉTAIRE

##### 1. Valeur critique en tout temps

[...]

##### r. Excentration des roues ou impact de 90 000 livres (90 kips) ou plus

(1) Détection par un détecteur de défauts de roue ayant mesuré un impact de 90 000 livres (90 kips) ou plus pour une seule roue. Le détecteur utilisé doit être conforme aux exigences d'étalonnage et de validation de l'annexe F, doit mesurer fidèlement les forces d'impact maximales et doit fournir un relevé imprimé des mesures. Il faut tenir à jour les registres d'étalonnage du dispositif. Les roues dont la table de roulement présente des méplats critiques sont la responsabilité du réseau acheminant et ne doivent pas être facturées autrement.

[...]

2. Valeur critique lorsqu'un wagon se trouve sur une voie d'atelier ou de réparation pour une raison quelconque
- [...]
- f. Détection par un détecteur de défauts de roue ayant mesuré un impact entre 80 kips et moins de 90 kips pour une seule roue. Le détecteur utilisé doit avoir été étalonné selon l'annexe F, mesurer fidèlement les forces d'impact maximales et fournir un relevé imprimé des mesures. Il faut tenir à jour les registres d'étalonnage du dispositif. Les roues dont la table de roulement présente des méplats critiques sont la responsabilité du réseau acheminant et ne doivent pas être facturées autrement. Il s'agit alors d'une réparation « opportuniste » pour la partie qui exécute les travaux.

Le comité de l'AAR sur les roues, essieux, roulements et lubrifiants était responsable de l'élaboration et de la mise en œuvre de la règle 41. Sa décision de fixer la limite de réforme à 90 kips était fondée sur plusieurs études techniques menées au début des années 1990. Selon ces études, un impact mesuré de 90 kips constituait un seuil raisonnable de retrait de roues qui permettrait de limiter les dommages au matériel roulant et à l'infrastructure de la voie.

#### 1.19.2 *Seuils des détecteurs de défauts de roue des compagnies ferroviaire*

En plus des limites de réforme des roues selon les impacts établies par l'AAR, les compagnies ferroviaires ont fixé leurs propres seuils pour le retrait de roues. Comme ces seuils se fondent sur les pratiques et conditions d'exploitation de chaque chemin de fer, ils varient d'une compagnie à l'autre.

Les seuils des DDR des compagnies ferroviaires ont évolué avec le temps; ils prennent en compte l'impact mesuré et l'impact calculé pour une roue donnée. L'impact mesuré est la force d'impact réelle de la roue enregistrée à la vitesse en voie permise, qui est généralement de 50 mi/h. Les compagnies ferroviaires canadiennes de classe 1 pondèrent généralement la charge d'impact mesurée en utilisant un algorithme qui tient compte de la vitesse pour produire un impact calculé. L'algorithme est une mesure proactive qui, par progression linéaire, estime la force d'impact à une vitesse de 50 mi/h à partir de la force d'impact enregistrée à une vitesse inférieure. Ce calcul permet à un chemin de fer d'évaluer tous les impacts de roue à une vitesse normalisée de 50 mi/h. Toutefois, l'algorithme peut varier d'un chemin de fer à l'autre et est sensible au type de défaut de roue, à la conversion à basse vitesse et à la linéarité présumée. La valeur calculée n'est pas jugée aussi précise que la valeur mesurée.

#### 1.19.3 *Seuils des détecteurs de défauts de roue au Chemin de fer Canadien Pacifique*

Au moment de l'événement, dans le nord de l'Ontario, le CP exigeait la mise immédiate en état d'avarie<sup>42</sup> d'un wagon présentant des impacts de roue mesurés de 130 kips ou plus, ou

<sup>42</sup> Signalé dans un système électronique et envoyé en réparation.



des impacts de roue calculés de 150 kips ou plus. Pour le reste du réseau du CP, les lignes directrices sur les DDR exigeaient une mise immédiate en état d'avarie quand les impacts mesurés ou calculés étaient respectivement de 140 kips ou plus, ou de 170 kips ou plus. Lorsqu'un wagon atteignait ces valeurs, la vitesse du train était réduite, et le wagon était garé au prochain site désigné pour la réparation.

Lorsque les impacts calculés étaient de 100 kips ou plus, le CP exigeait que le wagon soit désigné comme étant avarié une fois vide. Ainsi, le wagon pouvait se rendre jusqu'à sa destination, sans restrictions, et était réparé une fois déchargé. Si le wagon était déjà vide, il était dirigé vers un atelier de réparation où l'essieu monté en cause était remplacé.

Dans le cas d'impacts calculés compris entre 90 et 110 kips<sup>43</sup>, le CP avait un certain nombre de seuils « opportunistes » (OP1 à OP4). Le CP signalait alors le wagon dans son système de gestion informatisé des wagons, sans le désigner comme étant avarié. Le wagon pouvait ensuite se rendre à destination, sans restrictions, et était réparé à un moment opportun d'un point de vue de l'exploitation. Cependant, le wagon pouvait aussi être remis en service sans le remplacement préalable de l'essieu monté en cause.

Les seuils établis pour les DDR du CP découlaient principalement des pratiques de l'industrie et avaient pour but de gérer la quantité de roues retirées en raison d'impacts signalés par les DDR. Le CP n'avait effectué aucune analyse technique spécifique des données de DDR afin d'étayer les seuils de retrait précisés dans ses lignes directrices. Le CP n'avait aucune directive officielle demandant aux équipes de train de réduire la vitesse en franchissant des DDR.

### *1.20 Impacts de roue enregistrés avant le déraillement*

Juste avant son arrivée à Thunder Bay, le train 118 avait franchi un DDR. Le système avait enregistré pour le 15<sup>e</sup> wagon à partir de la tête un impact réel de 99,4 kips sur le rail sud, valeur qui dépassait la limite de réforme de 90 kips établie par l'AAR.

Au cours des 24 heures précédant le déraillement, 10 autres trains avaient franchi un DDR dans les environs du déraillement. Parmi ces trains, pour 4 convois vers l'est et 2 vers l'ouest du CP, les DDR avaient enregistré des valeurs d'impact élevées sur le rail sud (annexe C).

Le tableau 2 et le tableau 3 présentent un résumé des résultats DDR.

---

<sup>43</sup> Tous les seuils fondés sur des valeurs d'impact calculées impliquent en outre que les valeurs d'impact mesurées sont d'au moins 90 kips, conformément au *Field Manual of the AAR Interchange Rules*, règle 41, A.1.r.

Tableau 2. Résumé des valeurs d'impact\* calculées sur le rail sud au détecteur de défauts de roue de White River pour les trains du Chemin de fer Canadien Pacifique roulant vers l'est le 13 janvier 2015 (avant l'événement)

Train	Heure de passage du train au détecteur	Nombre d'impacts			
		90 à 110 kips	110 à 130 kips	130 à 150 kips (lecture)	Plus de 150 kips (lecture)
112-09	4 h 45	9	2	1 (137,2)	0
100-13	8 h 26	2	1	0	0
422-12	12 h 15	7	3	1 (149,1) 1 (133,7)	1 (183,0 sur wagon GATX 62831)
118-09	12 h 41	12	2	0	0
<b>Total</b>		<b>30</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

\* Comme la vitesse des trains est réduite au franchissement du DDR du CP à White River, toutes les valeurs d'impact indiquées sont des valeurs calculées afin de permettre la comparaison.

Le train 422-12, dont le point d'origine était Thunder Bay, avait été arrêté dès la réception des valeurs enregistrées par le DDR de White River. Pour le wagon GATX 62831, le DDR avait enregistré une valeur DDR calculée de 183,0 kips, ce qui était au-delà de la limite de réforme en vertu des critères du CP pour la mise immédiate en état d'avarie. L'essieu monté en cause a été retiré du train 422-12 et remplacé à White River.

Dans le cadre de l'événement à l'étude, les trains précédents avaient franchi le DDR de White River à une vitesse réduite d'environ 25 mi/h. Selon un examen des données météorologiques, seul le train 112-09 (à 0 h 45 le 12 janvier 2015) faisait l'objet d'une limitation de vitesse à 35 mi/h à cause de la température; aucune limitation de vitesse n'était nécessaire pour les autres trains, qui ont pu franchir la zone du déraillement à la vitesse en voie permise.

Tableau 3. Résumé des valeurs d'impact calculées sur le rail sud au détecteur de défauts de roue de Thunder Bay pour les trains du Chemin de fer Canadien Pacifique roulant vers l'ouest le 13 janvier 2015 (avant l'événement)

Train	Heure de passage du train au détecteur	Nombre d'impacts			
		90 à 110 kips	110 à 130 kips	130 à 150 kips	Plus de 150 kips
421-11	15 h 23	1	0	0	0
119-11	16 h 50	2	1	0	0
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## 1.21 Examens du laboratoire du BST

Le laboratoire du BST a examiné le rail sud brisé et le joint isolant provenant de la zone du point de déraillement initial présumé. Il a examiné aussi des parties de 2 wagons-citernes (PROX 36178 et GATX 200483) qui ont déversé du produit afin de déterminer si la protection fournie était suffisante.

### 1.21.1 Examen du rail brisé et du joint isolant

Le rail sud s'était brisé en plusieurs morceaux, à partir de l'extrémité est d'un joint isolant situé juste à l'est de l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin. Le rail de l'extrémité ouest à l'intérieur du joint est demeuré intact. Les morceaux de rail brisé n'ont pas tous été récupérés, et seulement 3 des 6 boulons d'éclissage d'origine ont été retrouvés. Le joint faisait partie du branchement de voie principale qui menait à l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin.

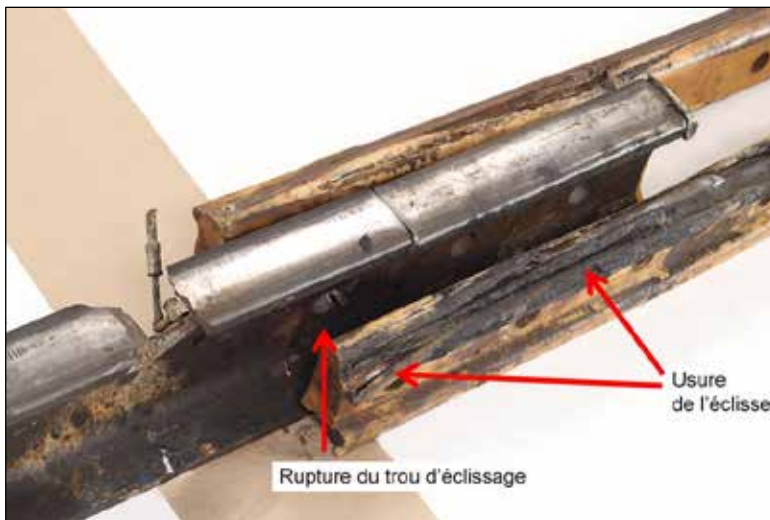
L'examen a permis de faire les constatations suivantes :

- Les éclisses isolantes avaient été fabriquées par PORTEC.
- Les mesures de l'usure du champignon du rail, prises à environ 1 m de la rupture, se situaient dans les limites admissibles.
- Les résultats des essais de dureté des matériaux étaient représentatifs d'un rail de résistance intermédiaire.
- Des signes d'un déplacement du joint ont été observés sur les tiges de boulon (photo 2). Les trous d'éclissage correspondants étaient brisés et, au sommet de l'éclisse intérieure, l'enrobage en caoutchouc polyuréthane isolant était complètement usé (photo 3).

Photo 2. Usure de la tige du boulon

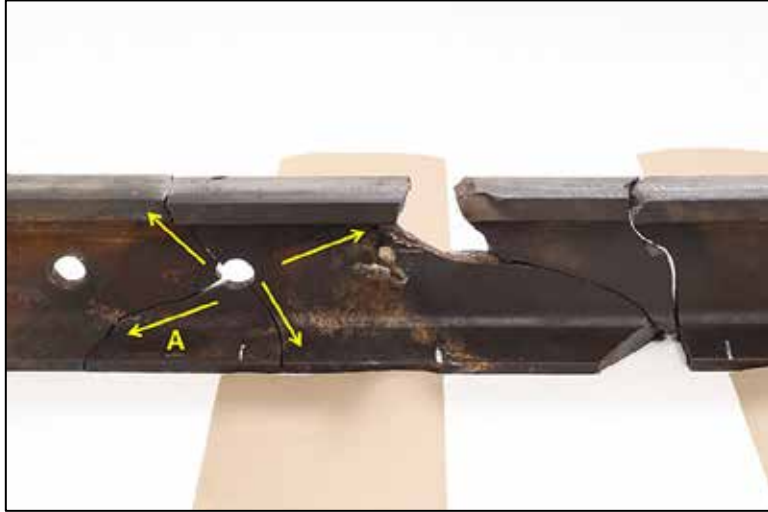


Photo 3. Éclisses isolantes usées



- L'isolant s'était surtout détérioré sur la moitié est des 2 éclisses, mais de façon plus importante sur l'éclisse intérieure. Cette usure aurait pu être causée par un desserrage de longue date de l'extrémité est du joint. Le desserrage d'un joint modifie la distribution des contraintes qui s'exercent sur lui et peut provoquer une surcharge du rail.
- Le rail parent s'est rompu au trou d'éclissage le plus à l'est du joint. Quatre fissures émanaient de ce trou et s'étaient toutes étoilées (figure 4).

Figure 4. Étoilure du trou d'éclissage. Les flèches indiquent la direction de la propagation des fissures. Le papier de construction brun représente l'espacement des traverses. Le trou d'éclissage qui est le point d'origine de la fissure principale (A) est situé près du bord d'une traverse.



- La fissure A a pris naissance près du bas du trou d'éclissage le plus à l'est pour s'étendre en diagonale vers le bas et vers l'ouest à partir du trou. La surface de rupture de la partie de la fissure A se trouvant sur le patin du rail présentait les dommages les importants consécutifs à la rupture du rail; c'est là une indication qu'elle constituait sans doute la fissure principale, qui était demeurée non détectée. Les 3 autres fissures étaient probablement secondaires.

#### 1.21.2 Examen des wagons-citernes PROX 36178 et GATX 200483

Le PROX 36178 était un wagon-citerne sous pression construit en décembre 2011 selon la spécification 112J340W du DOT des États-Unis et de TC. Le GATX 200483 était un wagon-citerne sous pression construit en novembre 2003 selon la spécification DOT 112J340W. Les exigences générales applicables aux wagons-citernes DOT-112 sont énoncées dans le document *Contenants pour le transport de marchandises dangereuses par chemin de fer, une norme de Transports Canada (TP 14877F)* de TC, et le *Code of Federal Regulations (CFR)*, partie 173 du titre 49 du DOT. Les 2 normes sont similaires, et ces wagons-citernes satisfaisaient aux 2.

Les wagons PROX 36178 et GATX 200483 étaient isolés et chacun était équipé d'un bouclier protecteur complet et d'une enveloppe extérieure. Les robinets de mise à l'atmosphère, de chargement et de décharge étaient protégés par une enceinte protectrice boulonnée au couvercle du trou d'homme. Une soupape de décharge de pression avec pression manométrique de déclenchement de 280,5 livres par pouce carré était située à l'intérieur de l'enceinte protectrice. Les têtes et la coque des wagons-citernes étaient faites d'acier normalisé de nuance B conforme à la norme AAR TC128 et d'une épaisseur minimale de  $\frac{9}{16}$  pouce (0,562 po). L'acier utilisé pour la construction des wagons-citernes sous pression commandés après le 1<sup>er</sup> août 2005 doit aussi répondre aux exigences d'un essai de chocs Charpy.

Au total, 6 wagons-citernes sous pression ont été examinés sur le terrain. Le wagon GATX 200483 avait subi une perforation à l'une de ses têtes. Sur les 5 autres wagons, les boucliers protecteurs avaient été refoulés vers la citerne. Deux de ces boucliers protecteurs présentaient des bosselures profondes qui s'étendaient dans les têtes, mais aucune tête ni coque de citerne sur les 5 autres wagons n'avait subi de brèche. Le système de résistance à la perforation des têtes de citerne équipant ces wagons-citernes sous pression s'est généralement comporté comme prévu.

#### 1.21.2.1 Wagon-citerne PROX 36178

Le haut du wagon-citerne PROX 36178 a subi un choc dans la région de l'enceinte protectrice. L'enceinte servait à protéger les appareils du wagon-citerne sous pression, tels que les robinets servant au chargement et au déchargement, un évent de sécurité, un dispositif de jaugeage et un puits thermométrique. L'examen a permis de faire les constatations suivantes :

- Le couvercle de l'enceinte protectrice était déformé (photo 4). Une des charnières était brisée et l'autre fissurée, de sorte que le couvercle ne fermait pas correctement. La surface intérieure du couvercle de l'enceinte protectrice était bosselée et rainurée par suite d'un contact avec les volants de manœuvre de la robinetterie interne. Les parois de l'enceinte protectrice ne présentaient aucune déformation visible.

Photo 4. Enceinte protectrice et couvercle du wagon PROX 36178



- L'enceinte protectrice était fixée à la buse du trou d'homme par 20 goujons équidistants de 1 1/8 pouce de diamètre, serrés par des écrous. La planéité des surfaces en contact de l'enceinte protectrice et de la buse du trou d'homme a été vérifiée, et aucune irrégularité n'a été constatée. Les trous de goujonnage, le filetage des goujons et les écrous ne montraient aucun dommage d'impact visible. Il n'y avait pas d'indication que les goujons étaient courbés ou étirés.

- La buse du trou d'homme était d'un diamètre normal de 20 pouces. On a retiré l'enveloppe extérieure pour mettre à découvert la soudure raccordant le renfort de la buse du trou d'homme à la citerne. Aucune fissure n'a été observée dans cette soudure. La buse du trou d'homme et son renfort avaient été refoulés dans la citerne sur le côté où la fuite a été observée, ce qui a provoqué une déformation importante de la paroi de la citerne dans cette région (figure 5).

Figure 5. Photographie après la dépose de l'enveloppe externe de la citerne pour mettre à découvert la soudure raccordant le renfort de la buse du trou d'homme à la citerne. À noter : la déformation près de l'emplacement de la fuite.



- La jonction entre l'enceinte protectrice et la buse du trou d'homme comporte un mince joint métallique (environ  $1/16$  pouce) pour empêcher les fuites; ce joint repose dans une rainure usinée dans la buse. Le joint de la buse à l'étude était écrasé et endommagé à l'emplacement de la fuite, et des fragments de son matériau avaient été pressés sur les surfaces de jointement. Le reste du joint était intact.

#### 1.21.2.2 Wagon-citerne GATX 200483

Le bout A du GATX 200483 présentait une perforation par impact qui a entraîné la perte de tout le chargement de propane du wagon. L'examen a permis de faire les constatations suivantes :

- La rupture s'est amorcée dans la soudure joignant la tête du bout A à la coque et s'est propagée à la tête à cause d'une fragilisation du métal.
- Deux petites déchirures ductiles s'étendaient de chaque côté du point d'origine de la perforation jusque dans la coque.
- L'objet à l'origine de la perforation a déchiré l'enveloppe extérieure et s'est glissé sous le bord du bouclier protecteur (photo 5). Il en a résulté un impact localisé important au niveau de la soudure joignant la tête du bout A à la coque.



Photo 5. Perforation du wagon-citerne GATX 200483



- Les matériaux du wagon-citerne satisfaisaient aux exigences chimiques et de résistance aux contraintes de traction pour l'acier AAR TC128 de nuance B.
- L'acier des têtes et de la coque comportait des microstructures de ferrite-perlite à grains fins.
  - La soudure et la zone thermiquement affectée adjacente présentaient une structure à plus gros grains et étaient un peu plus dures que l'acier du métal de base, ce qui concorde avec un traitement thermique de la citerne après soudage.
- Aucune anomalie métallurgique qui aurait pu contribuer à l'amorce de la perforation n'a été constatée.
- Le GATX 200483 avait été commandé avant le 1<sup>er</sup> août 2005 et, par conséquent, n'était pas assujéti aux exigences d'absorption de l'énergie des chocs (essai Charpy avec éprouvette entaillée en V [essai Charpy-V]) pour les wagons-citernes sous pression.
- Cependant, les résultats d'un essai Charpy-V pour les matériaux du wagon-citerne auraient satisfait aux exigences d'absorption de l'énergie d'impact pour les wagons-citernes sous pression et le service par temps froid de l'AAR.
- À  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (la température signalée au moment de l'événement), un essai Charpy-V a révélé que l'énergie d'impact moyenne absorbée par les échantillons de coque longitudinaux était d'environ 40 % plus élevée que celle des échantillons de tête ou des échantillons de coque transversaux.
- Bien qu'aucun essai Charpy-V n'ait été effectué sur le matériau des cordons de soudure, il est bien connu qu'un grain plus gros favorise l'amorce d'une rupture par fragilisation.

### 1.21.3 Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP 020/2015 – Examination of Tank Cars (Examen des wagons-citernes)
- LP 021/2015 – Examination of Broken Rail (Examen de morceaux du rail brisé)



## 2.0 *Analyse*

L'état du matériel roulant du train 118 et la manière dont le train a été conduit n'ont pas contribué au déraillement. L'analyse portera sur les ruptures de trous d'éclissage à l'intérieur des joints de rail, les inspections de la voie, les impacts de roue élevés, les évaluations du site après l'accident et la résistance à l'impact des wagons-citernes sous pression.

### 2.1 *L'accident*

Les premières marques observées sur la voie menant à la zone du déraillement coïncidaient avec un joint isolant au point milliaire 42,0 de la subdivision de Nipigon, où le rail sud à l'intérieur du joint était brisé. Une marque d'impact fraîche observée sur la table de roulement d'une roue du 4<sup>e</sup> wagon à partir de la tête du train 118 indiquait que la roue avait sans doute percuté un morceau de rail brisé à l'intérieur du joint, fragmentant ainsi davantage le rail. L'accident s'est produit quand le rail sud brisé, à l'intérieur du joint au point milliaire 42,0, a connu une rupture catastrophique au passage de la tête du train 118, ce qui a entraîné le déraillement des wagons de la 11<sup>e</sup> à la 31<sup>e</sup> position.

### 2.2 *Rupture du rail à l'intérieur du joint isolant*

Des signes de déplacement du joint ont été constatés sur les tiges de boulon, aux trous d'éclissage correspondants et au sommet de l'éclisse intérieure, où l'enrobage en caoutchouc polyuréthane isolant de l'éclisse était complètement usé. L'isolant de polyuréthane était usé sur le côté intérieur (en contact avec le rail) des éclisses. L'isolant s'était surtout détérioré sur la moitié est des 2 éclisses, mais de façon plus importante sur l'éclisse intérieure. L'usure constatée dans les composants du joint isolant du rail sud aurait pu être causée par un desserrage de longue date de l'extrémité est du joint.

La rupture du rail avait commencé par une étoilure de trou d'éclissage à l'intérieur du joint isolant, près du bas du trou d'éclissage le plus à l'est sur le rail sud, qui s'était étendue en diagonale vers le bas et vers l'ouest, jusque dans le patin du rail, à partir du trou d'éclissage. Les dommages consécutifs à la rupture constatés sur la surface de la fissure principale indiquent que la fissure existait depuis un certain temps avant le déraillement.

### 2.3 *Support et desserrage du joint*

Il arrive souvent qu'un joint se desserre et présente une déviation excessive là où son support (ballast) s'est détérioré et exige une remise en état. Les 2 contrôles de l'état géométrique de la voie effectués par le Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) avant le déraillement avaient enregistré des défauts S22 de 0,705 pouce (août 2014) et de 0,847 pouce (novembre 2014) à l'emplacement du joint. Les 2 valeurs dépassaient le critère de 0,625 pouce établi au CP pour les défauts nécessitant une intervention prioritaire et indiquaient que le joint s'était détérioré entre août 2014 et novembre 2014. Le support du joint s'était probablement dégradé davantage entre novembre 2014 et le jour de l'événement (13 janvier 2015).

Les défauts S22 nécessitant une intervention prioritaire sont censés être surveillés et réparés le plus tôt possible. Cependant, le défaut S22 est un seuil fixé par CP, et n'est pas un défaut au sens du *Règlement sur la sécurité de la voie* (RSV). Comme le CP n'a fixé aucune valeur dictant une intervention quasi urgente ou urgente pour un défaut S22, celui-ci demeure un défaut qui nécessite une intervention prioritaire qui doit être surveillé. Dans l'événement à l'étude, cette surveillance a bien eu lieu, mais la rupture du rail à l'intérieur du joint est survenue avant la remise en état du support du joint. Le joint détérioré a permis une déviation excessive à l'extrémité est du joint, entraîné une usure du polyuréthane sur les éclisses isolantes et provoqué, avec le temps, le desserrage du joint.

Sans un support adéquat, l'état desserré du joint a modifié la distribution des contraintes s'exerçant sur le joint et surchargé le rail. Avec le desserrage du joint, la contrainte tangentielle créée dans le rail par le moment de flexion causé par la force d'une roue et par l'impact sur le joint de la roue en mouvement s'est concentrée au niveau des boulons et des trous d'éclissage, amorçant ainsi la fissure principale au trou d'éclissage est.

## 2.4 Impacts de roue et rail rompu

Dans le cas de longs rails soudés (LRS), le froid intense produit une contraction du rail et le place dans un état de tension. L'acier des rails est reconnu pour avoir une ténacité et une ductilité réduites à basse température, surtout si un défaut du rail, tel qu'une fissure dans un trou d'éclissage, est présent ou émergeant. Les roues qui produisent des charges d'impact élevées peuvent causer des dommages au matériel roulant (roues, essieux, roulements et fusées d'essieu) ainsi qu'à l'infrastructure de la voie, souvent sous la forme de rails brisés. Quand un défaut de rail est présent, il agit comme pointe de contrainte, ce qui rend le rail encore plus susceptible de subir une rupture par fragilisation causée par une rupture d'éclissage ou des impacts de roue élevés.

Un examen des données enregistrées par un détecteur de défauts de roue (DDR) a déterminé que le rail sud avait subi avant l'accident au moins 46 impacts de roue élevés. Pour ces 46 impacts de roue, les valeurs calculées se répartissaient comme suit :

- 33 entre 90 et 110 kips;
- 9 entre 110 et 130 kips;
- 3 entre 130 et 150 kips;
- 1 au-delà de 150 kips (183,0 kips).

Il a été impossible de déterminer l'impact précis à l'origine de la rupture du rail à l'intérieur du joint. Bien que les impacts enregistrés étaient tous des valeurs calculées, les données indiquaient que le rail sud dans la zone du joint avait subi de multiples impacts de roue élevés dans les 24 heures précédant l'accident. Compte tenu de ces conditions, il est probable que la rupture du rail à l'intérieur du joint s'est propagée à partir de l'étoilure de trou d'éclissage par suite d'au moins 1 impact de roue élevé dans le rail sud dans la zone du joint avant l'arrivée du train 118. Le temps froid au moment de l'accident a rendu le rail encore plus susceptible de subir une rupture par fragilisation.

## 2.5 Inspections

La voie dans la zone du déraillement avait été inspectée en conformité avec les exigences de la réglementation et de la compagnie. Un examen des inspections a permis de constater les faits suivants :

- Le CP exigeait que des inspections soient effectuées tous les jours sur la voie principale (comme la subdivision de Nipigon) quand la température était de  $-25^{\circ}\text{C}$  ou moins. Au moment de l'événement, la température enregistrée était de  $-23^{\circ}\text{C}$ . Ainsi, aucune inspection par temps froid n'avait été effectuée avant le passage du train 118.
- Les inspections de joints et les inspections détaillées de branchements avaient lieu 2 fois par année. Les inspections de la voie se faisaient 2 fois par semaine.
- Les contrôles de l'état géométrique de la voie et de détection des défauts de rail étaient effectués plus fréquemment que ne l'exigeait le RSV.
  - Les 2 contrôles de l'état géométrique de la voie effectués par le CP avant le déraillement avaient enregistré un défaut S22 nécessitant une intervention prioritaire, indication que le support du joint s'était détérioré, mais seule une surveillance du défaut était exigée, sans mesure de remédiation.
  - Le plus récent contrôle de détection des défauts de rail par ultrasons avait été effectué environ 1 mois avant l'événement; aucun défaut ni aucune fissure n'avaient alors été détectés dans les environs du déraillement. L'étoilure de trou d'éclissage n'était peut-être pas présente au moment du contrôle. Cependant, même si elle était présente, il est possible qu'en raison de sa petite taille ou de son orientation, la fissure ne pouvait pas être détectée par un contrôle de détection des défauts de rail.
- Deux jours avant le déraillement, l'agent d'entretien de la voie a constaté que le rail semblait un peu bas dans la zone du joint, mais qu'il était dans les limites.
- Bien que fissuré ou brisé, le rail a conservé une intégrité suffisante pour que le système de signalisation de la commande centralisée de la circulation (CCC) fonctionne normalement et ne fournisse aucun avertissement d'un rail rompu avant le déraillement.

Les inspections régulières avaient été effectuées, mais elles n'ont pas permis de détecter le desserrage du joint et l'émergence de l'étoilure de trou d'éclissage. L'emplacement de la fissure principale dans le patin du rail à l'intérieur des éclisses faisait que la détection visuelle de la fissure était difficile, surtout dans les mois d'hiver où la neige recouvre la base du rail.

## 2.6 Prévention des étoilures de trou d'éclissage

Une des causes les plus courantes de ruptures de rail est une étoilure de trou d'éclissage à l'intérieur d'un joint de rail. Les fissures émanant de trous d'éclissage dans l'âme du rail peuvent se développer pour diverses raisons et mener à une rupture de rail. Des joints desserrés ou mal supportés peuvent accélérer l'amorce d'une fissure en raison des contraintes à l'intérieur du joint au passage d'un train. À l'intérieur d'un joint, une étoilure

de trou d'éclissage peut demeurer non détectée et en place pendant un bon moment jusqu'à ce que le rail soit remplacé ou qu'il se rompe.

Des processus d'assemblage des joints de rail ont été mis au point pour réduire le risque de formation d'étoilures de trou d'éclissage. Le procédé d'expansion à froid par manchon fendu en est un exemple. Il peut être réalisé sur le terrain sans augmenter sensiblement le temps d'assemblage du joint. Les trous d'éclissage du joint du rail sont dilatés mécaniquement après avoir été percés. La dilatation est obtenue en exerçant une traction hydraulique sur un mandrin conique surdimensionné glissé dans un manchon fendu, lequel est lubrifié à l'intérieur et inséré dans le trou. Des études et des essais ont montré que le procédé d'expansion à froid par manchon fendu induit des contraintes de compression résiduelles autour des trous d'éclissage aux abouts de rail et réduit la probabilité de fissuration en permettant à l'assemblage du joint de fonctionner à des niveaux de contrainte plus élevés.

## 2.7 *Évaluation du site*

Une intervention d'urgence en présence de marchandises dangereuses (MD) exige une évaluation approfondie du site afin de reconnaître tous les dangers associés à la situation d'urgence et de prendre des mesures appropriées pour réduire au minimum le risque de blessures aux personnes et de dommages à l'environnement. Le propane est un gaz inodore et incolore qui forme un mélange explosif avec l'air. Il est souvent parfumé au moyen d'un produit odorant, l'éthylmercaptan, qui le rend plus facile à reconnaître en cas de fuite. Les dangers associés à un rejet de propane sont importants.

Lors d'une intervention en cas d'événement ferroviaire mettant en cause de grandes quantités de propane, les activités ci-après ont habituellement lieu :

- Les premiers intervenants sont les membres de l'équipe de train. Ils ont pour tâche de réunir des renseignements initiaux, à partir d'une distance sécuritaire. Après avoir identifié les premier et dernier wagons déraillés, l'équipe devrait quitter la zone et laisser l'évaluation détaillée du site à des intervenants d'urgence qualifiés. Ce n'est pas ce qui s'est produit dans l'événement à l'étude.
- Des intervenants d'urgence qualifiés devraient mener une évaluation secondaire détaillée du site à partir d'une distance sécuritaire. Cela fait, on prépare un plan détaillé d'entrée sur les lieux qui tient compte des sources potentielles d'allumage, tel un réchauffeur d'aiguilles.
- Par la suite, les intervenants pénètrent sur le site, munis d'un équipement de protection individuelle (ÉPI) approprié, d'appareils respiratoires autonomes (APRA) ainsi que de dispositifs de mesure de la qualité de l'air et de détection de produits. Le travail s'effectue à l'aide de radios, appareils photo ou téléphones cellulaires à sécurité intrinsèque. Les dispositifs électroniques qui ne sont pas à sécurité intrinsèque peuvent aussi être une source d'allumage.

### 2.7.1 *Équipement de protection individuelle et sources d'allumage*

Dans l'événement à l'étude, le wagon-citerne de MD PROX 36178 perdait du propane odorisé. Le wagon-citerne de MD GATX 200483 a perdu la totalité de son chargement de propane odorisé, mais cette perte n'a été découverte que le lendemain du déraillement.

Dans les 25 minutes qui ont suivi le déraillement, le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) avait reçu suffisamment d'information pour conclure à un déraillement grave. Cette information indiquait notamment les premier et dernier wagons déraillés, l'emplacement des wagons-citernes de MD déraillés, l'identification des wagons ayant roulé au bas du remblai et la présence de fuites de propane. Cependant, le CCF a continué de demander d'autres renseignements à l'équipe, notamment quels wagons avaient déraillé, quels wagons fuyaient et s'il y avait des wagons dans le ruisseau. Au début de l'intervention, le CCF a précisé que les gestionnaires étaient dans l'attente d'information. C'est pourquoi le chef de train a continué de recueillir des renseignements durant plus d'une heure.

Le risque d'asphyxie rapide en cas de fuite importante n'a pas été atténué, puisque le chef de train a travaillé durant un bon moment dans la zone du déraillement sans porter l'ÉPI prescrit en pareilles circonstances. Le chef de train a passé beaucoup de temps à l'intérieur et autour du site de déraillement afin de déterminer l'emplacement et l'état des wagons déraillés. Finalement, quelque 2 heures après le déraillement, le chef de train a été transporté à l'hôpital, souffrant d'irritation respiratoire. L'irritation respiratoire est répertoriée au nombre des risques d'une exposition au propane.

Le réchauffeur d'aiguilles au gaz pour l'aiguillage est de la voie d'évitement à Dublin a été reconnu comme source d'allumage seulement à l'arrivée sur les lieux d'un policier du CP. D'autres sources possibles d'allumage, telles que la locomotive de tête et l'utilisation de radios portatives de l'équipe qui n'étaient pas à sécurité intrinsèque n'ont été prises en considération que longtemps après le déraillement.

Le chef de train a certes tenté de réduire son exposition aux dangers, par exemple en demeurant en amont du vent et en évitant les dépressions de terrain. Cependant, il n'était pas équipé d'un APRA, de dispositifs de surveillance de la qualité de l'air, de dispositifs de détection de produits ou d'une radio à sécurité intrinsèque, et il ne savait pas qu'une partie du propane n'était pas odorisé. De plus, le chef de train n'était pas formé pour évaluer les dommages à des wagons-citernes de MD ni le risque d'un rejet subséquent de produit. Il n'a subi que des lésions mineures associées à une exposition au propane et à son inhalation, mais les conséquences auraient pu être pires.

Dans l'événement à l'étude, la formation, les procédures et les lignes directrices du CP étaient insuffisantes pour protéger le chef de train, pendant une évaluation détaillée du site, contre les dangers associés au déraillement et au rejet d'une grande quantité de propane. Après un déraillement où une quantité importante de gaz inflammable peut être présente, si une équipe de train n'est pas consciente des sources potentielles d'allumage et pénètre sur le site du déraillement sans dispositifs électroniques à sécurité intrinsèque ni l'ÉPI approprié, il existe un risque accru d'incendie dû à l'allumage et de problèmes de santé dus à l'inhalation du gaz inflammable.

### 2.7.2 *Séance d'information sur les travaux après un déraillement*

Un déraillement mettant en cause des MD est pour les équipes de train une situation rare et extrêmement stressante. Des recherches ont démontré que, quand des équipes entreprennent une tâche nouvelle dans des conditions extrêmes, elles ont tendance à être prudentes dans leur approche et à se concentrer sur des règles ou sur des procédures établies. Par conséquent, pour la mise en œuvre d'une intervention raisonnée, il est crucial de prévoir des procédures exigeant expressément des équipes qu'elles marquent une pause, consultent des documents de référence pertinents et tiennent une séance d'information sur les travaux qui indique la manière d'atténuer les dangers associés à la situation. Le *Manuel de sécurité du service des trains et des locomotives* du CP stipule que des séances d'information sur les travaux devraient avoir lieu à mesure que la situation change, mais rien n'est prévu (exigence, contenu, consignes) pour une telle séance après un déraillement. Par conséquent, après le déraillement, l'équipe n'a tenu aucune séance d'information sur les travaux, et le CP ne l'exigeait pas expressément. Si les compagnies de chemin de fer ne fournissent pas de directives détaillées concernant la tenue d'une séance d'information sur les travaux après un déraillement, les dangers associés au déraillement risquent de ne pas être cernés, ce qui augmente le risque d'une exposition ou de blessures pour les membres de l'équipe lors d'une intervention.

### 2.7.3 *Comprendre l'étendue des pouvoirs décisionnels sur les lieux*

Des recherches ont montré que, dans des conditions de stress, les membres de faible statut au sein d'une équipe peuvent hésiter à poser des gestes et s'en remettent à d'autres. Ainsi, des subalternes hésiteront à questionner la chaîne d'autorité dans des situations d'urgence. Dans la hiérarchie ferroviaire, une équipe de train considérera normalement le CCF ou un gestionnaire de l'exploitation comme l'« autorité compétente ».

Les *Instructions générales d'exploitation* (IGE) du CP indiquent clairement que « si les locomotives ne sont pas directement mêlées à l'accident, [il faut] couper le train à la plus grande longueur compatible avec la sécurité, et éloigner les wagons à une distance sûre ». Cependant, il ne s'agit là que d'une instruction parmi tant d'autres, et il n'est pas souligné que ce devrait être la première mesure à prendre en présence de MD. Si une compagnie ne dispose pas d'instructions ou de procédures claires sur la conduite la plus sécuritaire qu'une équipe doit adopter immédiatement en présence de MD dans un déraillement, il y a un risque accru de blessures pour l'équipe.

Dans l'événement à l'étude, l'équipe de train a, en 2 occasions, demandé la permission au CCF d'éloigner la tête du train du site du déraillement. La première demande a été faite 35 minutes après le déraillement, et la seconde, 42 minutes après la première demande. Dans chaque cas, le CCF a demandé à l'équipe de train d'attendre pendant qu'il consultait la direction. Le CCF a de plus demandé à l'équipe de train de rester sur le site du déraillement, sauf si elle estimait que ce n'était pas sécuritaire pour elle de le faire. Dans chaque cas, le mécanicien de locomotive s'en est remis au CCF pour la décision et est demeuré proche du site du déraillement. Le chef de train aussi a respecté l'autorité du CCF et a continué d'évaluer le site comme celui-ci l'avait demandé. Cette autorité a été renforcée quand le CCF a fait savoir que les gestionnaires attendaient les résultats de l'évaluation du site.

Compte tenu de son expérience, le mécanicien de locomotive n'avait pas besoin de la permission du CCF pour éloigner la tête du train du site du déraillement. Par comparaison, le chef de train ne comptait que 4 ans d'expérience, et c'était le premier déraillement dans lequel il était en cause. Peu importe leur expérience, les événements ont indiqué qu'aucun des 2 membres de l'équipe de train n'avait une idée claire de leur pouvoir d'action. Résultat, l'équipe a laissé les décisions au CCF, et ce dernier a donné des directives plutôt que de céder le pouvoir d'agir à l'équipe de train. Si le pouvoir de l'équipe de train d'agir dans l'intérêt de la sécurité n'est pas clairement communiqué avant et durant un événement, les décisions liées à la sécurité risquent de ne pas être prises au niveau voulu pour réduire les risques.

## 2.8 *Demande de soins médicaux en temps opportun*

Il est parfois crucial que les services médicaux d'urgence interviennent dans les plus brefs délais auprès d'une personne blessée. Dans l'événement à l'étude, le chef de train a d'abord fait savoir au CCF à 12 h 36 qu'il souffrait des effets d'une inhalation de propane. À ce moment-là, et de nouveau à 13 h 10, le CCF a demandé au chef de train s'il avait besoin d'une ambulance. En dépit de son exposition au propane et même s'il ne se sentait pas bien, le chef de train a refusé à chacune de ces 2 occasions l'assistance médicale d'urgence qui lui était proposée. Ce n'est que sur intervention du mécanicien de locomotive à 13 h 22 que des soins médicaux ont été demandés pour le chef de train.

Les procédures des CCF en cas d'événement mettant en cause des MD sont strictement limitées à la collecte de renseignements liés au déraillement. L'importance de fournir de tels renseignements est également soulignée dans la formation sur les MD que la compagnie donne à ses équipes de train. Il n'existe aucune obligation pour un CCF de consulter ou de connaître les consignes données dans le *Guide des mesures d'urgence 2012* pour les produits en cause dans un déraillement. Par conséquent, dans l'événement à l'étude, le CCF n'a cessé de demander à l'équipe de train des renseignements supplémentaires, sans avoir lui-même une compréhension des dangers associés aux produits en cause ou de l'ÉPI que les membres de l'équipe de train devaient porter pour rester sur les lieux.

Le *Guide des mesures d'urgence* indique les premiers soins à donner à une personne exposée au propane, y compris déplacer la victime à l'air frais et communiquer avec les services médicaux d'urgence. Cependant, le CCF n'avait pas accès à cette information et a laissé la décision à la discrétion du chef de train. Ainsi, un délai considérable s'est écoulé entre le moment où le chef de train a signalé des symptômes pour la première fois et celui où il a reçu des soins médicaux.

La décision quant à la nécessité ou non de demander des services médicaux a été laissée au chef de train, qui avait déjà été exposé au propane et travaillait dans une situation de stress. Comme l'inhalation de propane est un risque grave pour la santé qui peut aussi compromettre les capacités cognitives, le chef de train ne pouvait, à ce moment, prendre de décision objective. Malgré l'exposition répétée du chef de train au propane, aucune assistance médicale n'a été expressément demandée avant l'intervention en ce sens du mécanicien de locomotive, environ 2 heures plus tard. Lors de la coordination d'une

intervention d'urgence en présence de MD, si les CCF n'ont pas accès à l'information voulue sur les effets potentiels sur la santé des produits en cause et si la décision de demander une assistance médicale d'urgence est laissée aux personnes déjà exposées aux MD, il y a un risque accru que les services médicaux ne soient pas obtenus en temps opportun.

## 2.9 *Wagons-citernes*

Des conditions comme la composition du train, la vitesse du train et le terrain sont autant de facteurs qui contribuent au comportement des wagons-citernes quand ils sont soumis à des forces d'impact produites dans un déraillement. Dans l'événement à l'étude, 6 wagons-citernes sous pression ont été examinés sur le terrain. Les boucliers protecteurs de 5 de ces 6 wagons avaient été refoulés vers la citerne. Deux boucliers protecteurs présentaient des bosselures profondes qui s'étendaient jusque dans les têtes, mais aucune tête ni coque de citerne sur les 5 wagons-citernes ne présentait de brèche. Chacun de ces 5 wagons avait également subi des impacts importants sans perte de produit; les boucliers protecteurs et d'autres appareils avaient fourni une protection adéquate. Ces 5 wagons-citernes sous pression s'étaient généralement comportés comme prévu.

En ce qui concerne le wagon-citerne de MD PROX 36178, le bouclier protecteur et la coque sont demeurés intacts. Comme aucun des raccords supérieurs n'a subi de brèche, l'enceinte protectrice a bien joué son rôle. Cependant, le joint entre la buse du trou d'homme et l'enceinte protectrice a laissé fuir le produit. Un impact subi durant le déraillement a repoussé dans la citerne l'enceinte protectrice et la buse du trou d'homme. Cela a causé une déformation importante de la coque et écrasé une partie du joint entre la buse du trou d'homme et l'assemblage de l'enceinte protectrice, donnant lieu à une fuite de produit.

Le wagon-citerne de MD GATX 200483 a perdu la totalité de son chargement par suite d'une perforation de la tête au bout A. Les matériaux du wagon-citerne satisfaisaient aux exigences chimiques et de résistance aux contraintes de traction pour l'acier AAR TC128 de nuance B. Il n'a été observé aucune anomalie métallurgique qui aurait pu contribuer à l'amorce de la perforation. Ce wagon n'était assujéti à aucune exigence en matière d'absorption de l'énergie d'impact. Toutefois, les résultats d'un essai Charpy-V indiquaient que le matériau du wagon-citerne satisfaisait aux exigences d'une résistance améliorée à la perforation. Pourtant, le wagon-citerne GATX 200483 a perdu la totalité de son chargement quand sa tête du bout A a subi, pendant le déraillement, une importante perforation par impact localisée.

Bien que 5 des 6 wagons-citernes sous pression se soient comportés généralement comme prévu, le déraillement a montré que même un wagon-citerne sous pression DOT-112 de conception améliorée est susceptible de subir une défaillance du confinement quand il est exposé à des forces d'impact élevées et à des perforations par impact localisées produites par un objet pointu.



## 3.0 *Faits établis*

### 3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. L'accident s'est produit quand le rail sud brisé, à l'intérieur du joint au point milliaire 42,0, a connu une rupture catastrophique au passage de la tête du train 118, ce qui a entraîné le déraillement des wagons de la 11<sup>e</sup> à la 31<sup>e</sup> position.
2. La rupture du rail avait commencé par une étoilure de trou d'éclissage à l'intérieur du joint isolant, près du bas du trou d'éclissage le plus à l'est sur le rail sud, qui s'était étendue en diagonale vers le bas et vers l'ouest, jusque dans le patin du rail, à partir du trou d'éclissage.
3. Le joint détérioré a permis une déviation excessive à l'extrémité est du joint, entraîné une usure du polyuréthane sur les éclisses isolantes et provoqué, avec le temps, le desserrage du joint.
4. Avec le desserrage du joint, la contrainte tangentielle créée dans le rail par le moment de flexion causé par la force d'une roue et par l'impact sur le joint de la roue en mouvement s'est concentrée au niveau des boulons et des trous d'éclissage, amorçant ainsi la fissure principale au trou d'éclissage est.
5. Il est probable que la rupture du rail à l'intérieur du joint s'est propagée à partir de l'étoilure de un trou d'éclissage par suite d'au moins 1 impact de roue élevé dans le rail sud dans la zone du joint avant l'arrivée du train 118.
6. Le temps froid au moment de l'accident a rendu le rail encore plus susceptible de subir une rupture par fragilisation.
7. Les inspections régulières avaient été effectuées, mais elles n'ont pas permis de détecter le desserrage du joint et l'émergence de l'étoilure de trou d'éclissage.
8. L'emplacement de la fissure principale dans le patin du rail à l'intérieur des éclisses faisait que la détection visuelle de la fissure était difficile, surtout dans les mois d'hiver où la neige recouvre la base du rail.
9. La formation, les procédures et les lignes directrices du Chemin de fer Canadien Pacifique étaient insuffisantes pour protéger le chef de train, pendant une évaluation détaillée du site, contre les dangers associés au déraillement et au rejet d'une grande quantité de propane.
10. Malgré l'exposition répétée du chef de train au propane, aucune assistance médicale n'a été expressément demandée avant l'intervention en ce sens du mécanicien de locomotive, environ 2 heures plus tard.
11. Un impact subi durant le déraillement a repoussé dans la citerne l'enceinte protectrice et la buse du trou d'homme sur le wagon-citerne PROX 36178. Cela a

causé une déformation importante de la coque et écrasé une partie du joint entre la buse du trou d'homme et l'assemblage de l'enceinte protectrice, donnant lieu à une fuite de produit.

12. Le wagon-citerne GATX 200483 a perdu la totalité de son chargement quand sa tête du bout A a subi, pendant le déraillement, une importante perforation par impact localisée.

### 3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Après un déraillement où une quantité importante de gaz inflammable peut être présente, si une équipe de train n'est pas consciente des sources potentielles d'allumage et pénètre sur le site du déraillement sans dispositifs électroniques à sécurité intrinsèque ni l'équipement de protection individuelle approprié, il existe un risque accru d'incendie dû à l'allumage et de problèmes de santé dus à l'inhalation du gaz inflammable.
2. Si les compagnies de chemin de fer ne fournissent pas de directives détaillées concernant la tenue d'une séance d'information sur les travaux après un déraillement, les dangers associés au déraillement risquent de ne pas être cernés, ce qui augmente le risque d'une exposition ou de blessures pour les membres de l'équipe lors d'une intervention.
3. Si une compagnie ne dispose pas d'instructions ou de procédures claires sur la conduite la plus sécuritaire qu'une équipe doit adopter immédiatement en présence de marchandises dangereuses dans un déraillement, il y a un risque accru de blessures pour l'équipe.
4. Si le pouvoir de l'équipe de train d'agir dans l'intérêt de la sécurité n'est pas clairement communiqué avant et durant un événement, les décisions liées à la sécurité risquent de ne pas être prises au niveau voulu pour réduire les risques.
5. Lors de la coordination d'une intervention d'urgence en présence de marchandises dangereuses, si les contrôleurs de la circulation ferroviaire n'ont pas accès à l'information voulue sur les effets potentiels sur la santé des produits en cause et si la décision de demander une assistance médicale d'urgence est laissée aux personnes déjà exposées aux marchandises dangereuses, il y a un risque accru que les services médicaux ne soient pas obtenus en temps opportun.

### 3.3 *Autres faits établis*

1. Le procédé d'expansion à froid par manchon fendu induit des contraintes de compression résiduelles autour des trous d'éclissage aux abouts de rail et réduit la probabilité de fissuration en permettant à l'assemblage du joint de fonctionner à des niveaux de contrainte plus élevés.

2. Bien que 5 des 6 wagons-citernes sous pression se soient comportés généralement comme prévu, le déraillement a montré que même un wagon-citerne sous pression DOT-112 de conception améliorée est susceptible de subir une défaillance du confinement quand il est exposé à des forces d'impact élevées et à des perforations par impact localisées produites par un objet pointu.

## 4.0 Mesures de sécurité

Le BST n'a connaissance d'aucune mesure de sécurité qui aurait été mise en œuvre dans le contexte de l'événement à l'étude.

*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 8 juin 2016. Le rapport a été officiellement publié le 31 août 2016.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports ([www.bst.gc.ca](http://www.bst.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 – Guide des mesures d'urgence 2012 – Guide 115

L'information qui suit pour le gaz de pétrole liquéfié/propane est un extrait du Guide 115 dans le *Guide des mesures d'urgence 2012* (GMU) :

Nom de la matière

Gaz de pétrole liquéfié/propane

GMU 2012 GUIDE 115

GAZ - INFLAMMABLES (incluant des liquides réfrigérés)

RISQUES POTENTIELS

INCENDIE OU EXPLOSION

- EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE.
- S'enflamme facilement sous l'action de la chaleur, d'étincelles ou de flammes.
- Forme des mélanges explosifs avec l'air.
- Les vapeurs de gaz liquéfiés sont initialement plus lourdes que l'air et se diffusent au ras du sol.
- Les vapeurs peuvent se propager vers une source d'allumage et provoquer un retour de flamme au point de fuite.
- Les bouteilles à gaz exposées au feu peuvent laisser s'échapper des gaz inflammables par les dispositifs de sécurité.
- Les contenants peuvent exploser lorsque chauffés.
- Les bouteilles à gaz brisées peuvent s'autopropulser violemment.

SANTÉ

- Les vapeurs peuvent causer des étourdissements ou l'asphyxie sans avertissement.
- Certaines peuvent être irritantes si inhalées à fortes concentrations.
- Le contact avec le gaz ou le gaz liquéfié peut causer de graves blessures, des brûlures et/ou des engelures.
- Un feu peut produire des gaz irritants et/ou toxiques.

SÉCURITÉ PUBLIQUE

- COMPOSER le numéro de téléphone d'urgence indiqué sur les documents d'expédition. Si non disponibles ou aucune réponse, composer le numéro d'urgence approprié indiqué à l'intérieur de la couverture arrière du guide.
- Par mesure de prévention immédiate, isoler dans un rayon minimum de 100 mètres autour du site du déversement ou de la fuite.
- Éloigner les curieux et le personnel non autorisé.
- Demeurer en amont du vent.

- Plusieurs gaz sont plus lourds que l'air et se propageront au ras du sol pour s'accumuler dans les dépressions ou les endroits clos (égouts, sous-sols, citernes).
- Éviter les dépressions de terrain.

## VÊTEMENTS DE PROTECTION

- Porter un Appareil de Protection Respiratoire Autonome (APRA) à pression positive.
- Les vêtements de protection pour feux d'immeubles ne fourniront qu'une efficacité limitée.
- Toujours porter des vêtements de protection thermique pour manipuler des liquides réfrigérés/cryogéniques.

## ÉVACUATION

### Déversement majeur

- Envisager une première évacuation d'une distance de 800 mètres sous le vent.

### Incendie

- Si une citerne (routière ou ferroviaire) ou une remorque est impliquée dans un feu, ISOLER 1600 mètres dans toutes les directions; de plus, envisager une première évacuation pour 1600 mètres dans toutes les directions.

## MESURES D'URGENCE

### INCENDIE

- **NE PAS ÉTEINDRE UNE FUITE DE GAZ EN FEU, À MOINS DE POUVOIR STOPPER LA FUITE.**

ATTENTION : L'hydrogène (UN1049), le deutérium (UN1957) et l'hydrogène, liquide réfrigéré (UN1966), brûlent avec une flamme invisible. L'hydrogène et méthane en mélange, comprimé (UN2034) peut brûler avec une flamme invisible.

### Incendie mineur

- Poudre chimique sèche ou CO<sub>2</sub>.

### Incendie majeur

- Eau pulvérisée ou en brouillard.
- Éloigner les contenants de la zone de feu si cela peut se faire sans risque.

### Incendie impliquant des citernes

- Combattre l'incendie d'une distance maximale ou utiliser des lances ou canons à eau télécommandés.
- Refroidir les contenants à grande eau longtemps après l'extinction de l'incendie.

- Ne pas appliquer d'eau au point de fuite ou sur les dispositifs de sécurité afin d'éviter l'obstruction par la glace.
- Se retirer immédiatement si le sifflement émis par les dispositifs de sécurité augmente ou si la citerne se décolore.
- TOUJOURS se tenir éloigné d'une citerne engouffrée par les flammes.
- Pour un incendie majeur, utiliser des lances ou des canons à eau télécommandés; lorsqu'impossible, se retirer et laisser brûler.

#### DÉVERSEMENT OU FUITE

- ÉLIMINER du site toute source d'allumage (ex. : cigarette, fusée routière, étincelles et flammes).
- Tout équipement utilisé pour manipuler ce produit doit être mis à la terre.
- Ne pas toucher ou marcher sur le produit déversé.
- Si sans risque, arrêter la fuite.
- Si possible, retourner le contenant pour laisser fuir le gaz plutôt que le liquide.
- Utiliser un brouillard d'eau pour détourner ou réduire les émanations. Empêcher les eaux de ruissellement d'entrer en contact avec la substance déversée.
- Ne pas appliquer d'eau sur le déversement ou au point de fuite.
- Empêcher la dispersion de vapeurs aux égouts, aux systèmes de ventilation et aux endroits clos.
- Isoler la zone jusqu'à la dispersion des gaz.

ATTENTION : Lors d'un contact avec des liquides réfrigérés/cryogéniques, plusieurs matériaux deviennent fragiles. Ils peuvent alors se briser facilement.

#### PREMIERS SOINS

- Transporter la victime à l'air frais.
- Contacter le 911 ou les services médicaux d'urgence.
- En cas d'arrêt respiratoire, appliquer la respiration artificielle.
- En cas de gêne respiratoire, donner de l'oxygène.
- Enlever vêtements et souliers contaminés, puis les isoler.
- Tout vêtement gelé sur la peau devrait être dégelé avant d'être enlevé.
- En cas de contact avec le gaz liquéfié, dégeler les engelures en utilisant de l'eau tiède.
- En cas de brûlure, refroidir immédiatement la zone affectée le plus longtemps possible avec de l'eau froide. Ne pas enlever les vêtements si ces derniers sont collés à la peau.
- Calmer la victime et la couvrir chaudement.
- Aviser le personnel médical de l'identité du produit afin qu'ils prennent les dispositions nécessaires pour assurer leur sécurité.

## *Annexe B – Autres enquêtes du BST sur des déraillements par suite d'impacts de roue et de rails rompus*

**R99H0010** – Le 30 décembre 1999, le train de marchandises U-783-21-30 des Chemins de fer nationaux du Canada (CN) roulait en direction ouest sur la voie nord de la subdivision de Saint-Hyacinthe. Au point milliaire 50,84, près de Mont-Saint-Hilaire (Québec), des wagons du train ont déraillé et obstrué la voie principale sud adjacente. À peu près au même moment, le train de marchandises M-306-31-30 du CN roulait vers l'est sur la voie sud et est entré en collision avec les wagons du train U-783-21-30 qui venaient de dérailler. Deux membres de l'équipe du train M-306-31-30 ont été mortellement blessés.

L'enquête a déterminé que la combinaison de basses températures ambiantes et de charges d'impact de roue inférieures aux seuils des détecteurs de défauts de roue (DDR) du CN avait été suffisante pour amorcer une rupture de rail au niveau d'une préfissure existante.

**R01H0005** – Le 12 mars 2001, vers 2 h 30, heure normale de l'Est, le train 301-043 du Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) roulait vers l'ouest à environ 40 mi/h lorsque 14 de ses wagons ont déraillé près de Bonfield (Ontario), au point milliaire 85,0 de la subdivision de North Bay de l'Ottawa Valley Railway. L'enquête a déterminé qu'un rail rompu avait provoqué le déraillement. La rupture du rail découlait de contraintes produites par les charges d'impact de la roue R1 du wagon CPWX 601303, associées aux contraintes de traction thermiques dues à la basse température ambiante.

**R02E0114** – Le 4 décembre 2002, à 0 h 55, heure normale des Rocheuses, 42 wagons-citernes non pressurisés chargés de soufre liquide du train de marchandises 614-046 du CP, qui roulait vers l'est, ont déraillé au point milliaire 11,8 de la subdivision de Taber, près de Bullshead (Alberta). Dix wagons-citernes ont subi des brèches et ont laissé fuir leur chargement, qui a pris feu. Une vingtaine de personnes ont été évacuées des environs du déraillement. Il n'y a eu aucun blessé.

L'enquête a déterminé que le déraillement avait probablement été causé par une rupture soudaine dans le rail nord au passage du train. Un wagon chargé de potasse qui faisait partie du dernier train à avoir franchi le point de déraillement auparavant, et dont les roues comportaient des méplats, avait probablement généré des impacts de roue suffisants pour provoquer la rupture du rail. La basse température ambiante avait fragilisé le rail, qui était ainsi devenu plus sujet à la rupture.

**R03T0030** – Le 23 janvier 2003, 29 wagons du train de marchandises 213-22 du CP, qui roulait à 34 mi/h, ont déraillé au point milliaire 78,2 de la subdivision de White River. La température était alors de  $-20^{\circ}\text{C}$ . L'enquête a permis de déterminer que les impacts produits par une roue brisée avaient rompu le rail sud et provoqué le déraillement. Deux jours plus tôt, un détecteur de défauts de roue (DDR) avait enregistré pour la même roue un impact de 99 kips à 30 mi/h. Cette charge d'impact était supérieure à la limite de réforme de 90 kips de la règle 41 du *Field Manual* de l'Association of American Railroads (AAR), mais inférieure aux seuils de retrait établis par le CP pour les impacts détectés par un DDR. L'essieu monté



n'avait fait l'objet d'aucune intervention de maintenance après l'enregistrement de la force d'impact.

**R03T0064** – Le 13 février 2003, 21 wagons du train de marchandises 938-12 du CP, qui roulait en direction sud à 42,5 mi/h, ont déraillé au point milliaire 39,5 de la subdivision de Parry Sound, près de Nobel (Ontario). L'enquête a permis de déterminer que les impacts de roue causés par un train précédent, qui étaient supérieurs à la limite de réforme de 90 kips indiquée à la règle 41 de l'AAR, mais inférieurs au seuil de 140 kips établi par le CP, avaient probablement amorcé une rupture par fragilisation à partir de la racine d'une préfissure jusque dans le patin du rail et favorisé la rupture catastrophique du rail.

**R14W0041** – Le 15 février 2014, le train de marchandises 490-15 du CP roulait vers l'est sur la subdivision de Minnedosa à 42 mi/h lorsque le train s'est arrêté à la suite d'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale. Une inspection subséquente a révélé que 27 wagons-trémies couverts chargés de potasse et de céréales avaient déraillé à proximité de la voie d'évitement de Keyes, au point milliaire 43,10 près de Gladstone (Manitoba). L'enquête a permis de déterminer que le rail avait subi une rupture catastrophique par fragilisation après avoir subi un impact de roue élevé provenant d'un méplat critique de 6 pouces de long sur la table d'une roue au passage du train de marchandises 298-15 du CP, environ 6 heures plus tôt.

## *Annexe C – Données de détecteur de défauts de roue pour des trains précédents*

Sélection de données sur les impacts de roue enregistrés sur le rail sud par le détecteur de défauts de roue (DDR) de White River au passage de trains du Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) roulant vers l'est

<b>Train</b>	<b>Vitesse (mi/h)</b>	<b>Numéro de l'essieu</b>	<b>Impact réel DDR (kips)</b>	<b>Impact calculé DDR (kips)</b>
112-09	23,3	103	70,7	110,5
	23,6	117	77,4	125,0
	23,7	123	70,4	109,1
	23,8	124	62,0	93,1
	24,0	138	60,9	97,8
	24,6	165	58,2	99,1
	24,7	172	66,0	98,2
	25,3	199	60,3	95,6
	27,4	326	85,5	137,2
	27,4	327	61,8	92,6
	27,6	345	64,2	104,3
	27,7	413	69,0	109,5
100-10	33,0	155	67,7	91,0
	33,2	163	87,1	120,5
	36,8	353	79,3	100,7
422-12	22,4	8	67,3	107,7
	22,5	10	62,2	96,8
	22,6	13	63,2	96,7
	23,0	28	62,9	94,7
	23,2	41	57,4	113,9
	23,9	95	64,4	98,1
	25,0	141	78,5	123,1
	25,0	142	92,2	149,1
	25,8	179	67,6	98,1
	25,8	180	62,2	90,4
	26,0	186	76,5	118,2
	27,0	236	86,1	133,7
	27,0	237	113,6	183,0 (sur le wagon-citerne GATX)
118-09	24,2	19	61,6	94,1
	24,4	44	72,1	114,6
	24,5	59	68,4	108,9

	24,7	77	63,3	93,5
	24,7	79	70,2	107,7
	24,9	99	65,4	92,9
	24,9	101	74,9	111,5
	25,0	107	72,0	109,3
	25,1	121	64,1	97,0
	25,1	122	60,7	90,4
	25,4	142	69,9	107,3
	25,5	153	71,0	104,4
	27,0	247	68,0	102,4
	28,6	438	67,3	91,8

Résumé des impacts de roue enregistrés sur le rail sud par le DDR de Thunder Bay au passage de trains précédents du CP roulant vers l'ouest

Train	Vitesse (mi/h)	Numéro de l'essieu	Impact réel DDR (kips)	Impact calculé DDR (kips)
421-11	47,0	370	92,4	96,1
119-11	43,8	90	88,1	97,1
	44,0	185	107,9	117,6
	43,9	191	95,1	104,8