



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada



# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R20W0025

## DÉRAILLEMENT DE TRAIN EN VOIE PRINCIPALE

Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique  
Train de marchandises 516-380  
Point milliaire 43,66, subdivision de Sutherland  
Guernsey (Saskatchewan)  
6 février 2020

Canada

## À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca).

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

## CONDITIONS D'UTILISATION

### Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

### Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

### Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

### Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

### Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R20W0025* (publié le 7 juin 2024).

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
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.gc.ca](mailto:communications@bst.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2024

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R20W0025

N° de cat. TU3-11/20-0025F-PDF  
ISBN 978-0-660-72068-5

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.*

## Table des matières

<b>1.0 Renseignements de base</b> .....	<b>5</b>
1.1 L'événement.....	6
1.2 Conditions météorologiques.....	8
1.3 Examen des lieux.....	8
1.3.1 Zones de déraillement.....	10
1.4 Intervention d'urgence et mesures d'assainissement du site.....	11
1.5 Renseignements consignés.....	12
1.5.1 Caméra vidéo orientée vers l'avant de la locomotive.....	12
1.5.2 Consignateur d'événements de locomotive.....	12
1.5.3 Détecteurs en voie.....	13
1.6 Renseignements sur la subdivision.....	13
1.7 Renseignements sur la voie.....	13
1.7.1 Programme de remise à neuf de la voie.....	14
1.8 Inspections de la voie.....	14
1.8.1 Inspection visuelle.....	15
1.8.2 Inspection de l'état géométrique.....	15
1.8.3 Inspection de détection des défauts du rail.....	16
1.8.4 Inspections des branchements.....	16
1.8.5 Inspections supplémentaires du Canadien Pacifique.....	17
1.9 Remplacement des rails en territoire à longs rails soudés.....	18
1.9.1 Exigences pour l'installation de rails usagés comme rails de raccord.....	18
1.9.2 Température de contrainte nulle du rail.....	19
1.9.3 Rails de raccord installés près du lieu de l'événement.....	19
1.10 Examen des morceaux de rail récupérés.....	22
1.11 Joints de rail boulonnés en territoire à longs rails soudés.....	24
1.11.1 Forces longitudinales dans les joints boulonnés.....	25
1.12 Marchandises dangereuses.....	26
1.13 Renseignements sur les wagons-citernes.....	27
1.14 Performance des wagons-citernes DOT-117J100-W.....	27
1.15 Autres déraillements de trains-blocs de wagons-citernes transportant du pétrole brut.....	29
1.15.1 Enquête R19W0320 du BST.....	29
1.16 Recommandations récentes du National Transportation Safety Board à l'égard des wagons-citernes DOT-117J100-W.....	30
1.17 Études sur la gravité des déraillements de trains transportant des marchandises dangereuses.....	32
1.18 Rapports de laboratoire du BST.....	34
<b>2.0 Analyse</b> .....	<b>35</b>
2.1 L'accident.....	35
2.2 Installation de rails de raccord.....	36

2.2.1	Température de contrainte nulle après l'installation du rail de raccord .....	36
2.2.2	Dossiers d'entretien pour l'installation du rail de raccord.....	37
2.3	Rupture de joint de rail .....	38
2.3.1	Scénario d'éclisses rompues.....	39
2.3.2	Scénario de rail rompu.....	39
2.3.3	Scénario de boulons cisailés de l'éclisse.....	39
2.4	Fissuration verticale du champignon et fissure de trou d'éclissage .....	40
2.5	Inspection de rail de raccord .....	41
2.6	Performance des wagons-citernes .....	42
<b>3.0</b>	<b>Faits établis .....</b>	<b>44</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	44
3.2	Faits établis quant aux risques .....	44
3.3	Autres faits établis.....	45
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité .....</b>	<b>46</b>
4.1	Mesures de sécurité prises .....	46
4.1.1	Bureau de la sécurité des transports du Canada.....	46
4.1.2	Transports Canada.....	47
4.1.3	Canadien Pacifique.....	52
<b>Annexes .....</b>		<b>54</b>
Annexe A – Calcul de la résistance des joints de rail et des contraintes thermiques du rail ..		54
Résistance du rail .....		54
Résistance des éclisses .....		54
Résistance de l'assemblage d'un joint.....		54
Forces thermiques.....		55
Conclusions .....		56
Annexe B – Éléments et accessoires des wagons-citernes DOT-117J100-W.....		58
Chemise .....		58
Protection thermique .....		58
Coque		58
Enceinte protectrice pour les raccords supérieurs .....		58
Boucliers protecteurs.....		58
Protection en cas de glissement.....		59
Annexe C – Brèches des wagons-citernes.....		60

# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R20W0025

## DÉRAILLEMENT DE TRAIN EN VOIE PRINCIPALE

Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique  
Train de marchandises 516-380  
Point milliaire 43,66, subdivision de Sutherland  
Guernsey (Saskatchewan)  
06 février 2020

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

## Résumé

Le 6 février 2020, le train de marchandises 516-380 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique, un train-bloc transportant du pétrole brut (ONU 1267, classe 3, groupe d'emballage I) circulait vers l'est à environ 44 mi/h dans la subdivision de Sutherland lorsqu'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est produit près de Guernsey (Saskatchewan). Une inspection subséquente a permis de déterminer que 32 wagons-citernes DOT-117J100-W avaient déraillé près du passage à niveau public du chemin Bloomfield, au point milliaire 43,66, détruisant au passage quelque 300 pieds de voie. Trente des wagons-citernes déraillés ont déversé environ 1,75 million de litres de pétrole brut. Un incendie s'est déclaré. On a évacué environ 85 résidents de Guernsey et fermé la route 16. Il n'y a eu aucun blessé.

## 1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

Le 6 février 2020, vers 4 h<sup>1</sup>, le train de marchandises 516-380 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP)<sup>2</sup>, un train-bloc transportant du pétrole brut (ONU 1267, classe 3, groupe d'emballage I) est parti de la gare de triage Sutherland à Saskatoon (Saskatchewan) (point milliaire 109,7 dans la subdivision de Sutherland du CP), à

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure normale du Centre.

<sup>2</sup> Le 14 avril 2023, la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP) et Kansas City Southern (KCS) se sont fusionnées pour former une seule et même compagnie de chemin de fer, connue sous le nom de CPKC. Étant donné que l'événement a eu lieu avant la date de transition, l'acronyme CP sera utilisé tout au long du rapport.

destination de Noyes (Minnesota, États-Unis) via Winnipeg (Manitoba). Le train était parti de Rosyth (Alberta) (point milliaire 126,0 dans la subdivision de Hardisty du CP).

Le train était composé de 2 locomotives de tête, 1 locomotive de queue, 104 wagons-citernes de spécification DOT-117J100-W (DOT-117J) chargés de pétrole brut et 2 wagons-trémies couverts chargés de sable (wagons-tampons)<sup>3</sup> qui séparaient les wagons chargés de pétrole brut des locomotives de tête. Le train pesait environ 15 000 tonnes et mesurait 6500 pieds de long. Il était désigné comme un train clé<sup>4</sup> exploité sur un itinéraire clé<sup>5</sup>. Avant le départ de la gare de triage Sutherland, le train a été inspecté par un inspecteur accrédité de matériel remorqué et a fait l'objet d'un essai de frein n° 1<sup>6</sup>.

L'équipe était formée de 1 mécanicien de locomotive et 1 chef de train. Tous deux étaient qualifiés pour leur poste respectif, satisfaisaient aux exigences en matière d'aptitude au travail et de repos, et connaissaient bien le territoire.

## 1.1 L'événement

Vers 6 h 06, alors que le train roulait vers l'est à 44 mi/h dans la subdivision de Sutherland, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché au moment où la tête du train franchissait le passage à niveau public du chemin Bloomfield, situé au point milliaire 43,63, et la queue du train franchissait l'aiguillage est du triangle de virage situé au point milliaire 43,66, près de Guernsey (Saskatchewan) (figure 1). Une fois le train immobilisé, l'équipe a remarqué un important incendie derrière elle et a appelé le contrôleur de la circulation ferroviaire. L'équipe a ensuite dételé les locomotives de tête du reste des wagons et a avancé jusqu'à un endroit sûr.

<sup>3</sup> Un wagon-tampon est un wagon transportant des marchandises non dangereuses qui est placé entre les locomotives et les wagons-citernes d'un train-bloc transportant des marchandises dangereuses. Cette configuration est exigée par la réglementation américaine.

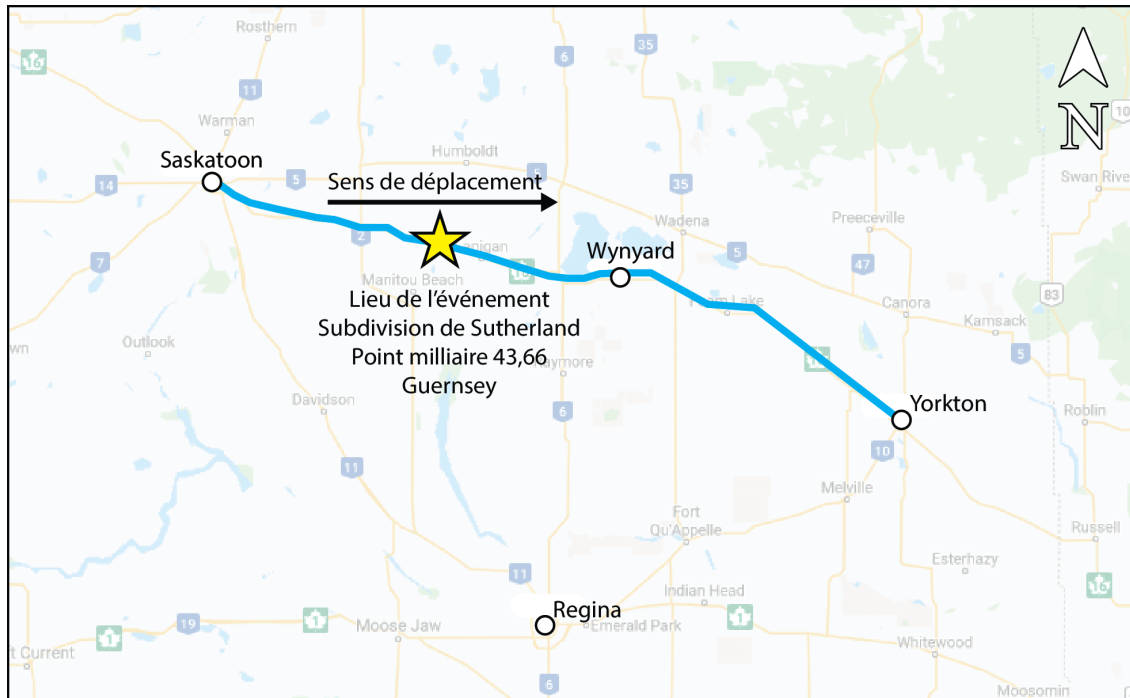
<sup>4</sup> « Train clé » : Locomotive attelée à des wagons comprenant, selon le cas :

- au moins un wagon-citerne chargé de marchandises dangereuses appartenant à la classe 2.3, Gaz toxiques, et de marchandises dangereuses toxiques par inhalation assujetties à la disposition particulière 23 du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*;
- au moins 20 wagons-citernes chargés ou citernes mobiles intermodales chargées de marchandises dangereuses, selon la définition de la *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses*, ou toute combinaison de ces transports comportant au moins 20 wagons-citernes chargés et citernes mobiles intermodales chargées (*Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* [19 février 2016, approuvé par Transports Canada le 12 février 2016], article 3.4).

<sup>5</sup> « Itinéraire clé » : Sur une période d'un an, voie sur laquelle sont acheminés au moins 10 000 wagons-citernes chargés ou citernes mobiles intermodales chargées de marchandises dangereuses, comme le définit [sic] la *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses*, ou toute combinaison de ces transports comprenant au moins 10 000 wagons-citernes chargés et citernes mobiles intermodales chargées (*Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* [19 février 2016, approuvé par Transports Canada le 12 février 2016], article 3.3).

<sup>6</sup> L'essai de frein n° 1, effectué par des inspecteurs accrédités de matériel remorqué, permet de vérifier l'intégrité et la continuité de la conduite générale, l'état de la timonerie de frein, le serrage et le desserrage des freins à air et la course du piston sur chaque wagon.

Figure 1. Carte du lieu de l'événement (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas du rail canadien*, avec annotations du BST)



Une inspection du train a permis de déterminer que 32 wagons-citernes (du 31<sup>e</sup> au 62<sup>e</sup> wagon derrière les locomotives de tête) avaient déraillé, dont 30 avaient subi une brèche. Environ 1,75 million de litres de pétrole brut s'est déversé. Le produit s'est enflammé et a créé un grand feu (figure 2). Aucune blessure n'a été signalée.

Figure 2. Vue aérienne du lieu du déraillement, prise à 13 h le 6 février 2020, montrant les wagons-citernes ayant déraillé, dont plusieurs sont engloutis par un important incendie (Source : Service d'incendie de Humboldt)



## 1.2 Conditions météorologiques

La température au moment de l'événement était d'environ  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>7</sup>.

## 1.3 Examen des lieux

Le lieu du déraillement (là où les wagons se sont immobilisés et où la voie a été endommagée) commençait à l'aiguillage est du triangle de virage de l'embranchement qui mène vers le sud à une mine de potasse située à proximité et se poursuivait vers l'est sur environ 500 pieds au-delà du passage à niveau public du chemin Bloomfield au point milliaire 43,63.

Le chemin Bloomfield est un chemin en gravier à 2 voies qui croise la voie ferrée à environ  $85^{\circ}$ . Le passage à niveau est orienté dans l'axe nord-sud et est protégé par des panneaux indicateurs de passage à niveau.

Dans les environs, la voie est parallèle à la route 16 (route Yellowhead), qui est située à environ 130 pieds au nord de la voie ferrée. La route Yellowhead, le chemin Bloomfield et les voies ferrées sont tous surélevés par rapport à la campagne environnante.

<sup>7</sup> Données climatiques historiques d'Environnement et Changement climatique Canada. Température horaire mesurée à la station la plus proche du lieu de l'événement : Watrous East, Saskatchewan (à 27 km du lieu du déraillement). Cette station météorologique est la source de toutes les données météorologiques dans le présent rapport.

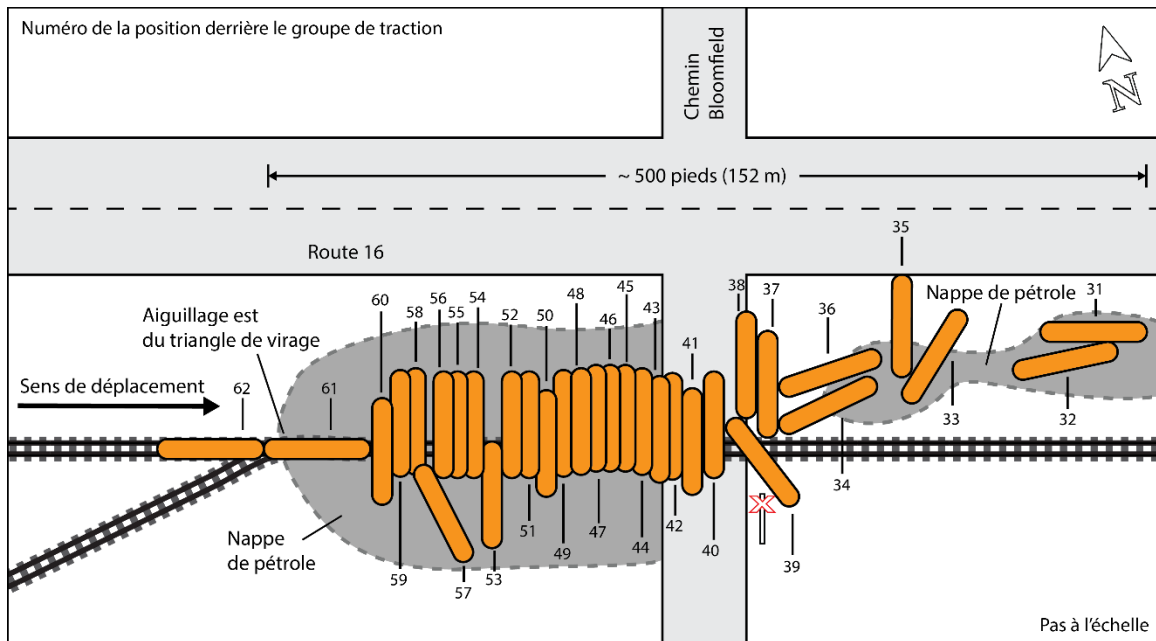


Les wagons-citernes déraillés se sont trouvés dans les positions suivantes (figure 3) :

- Les 9 premiers wagons-citernes (de la 31<sup>e</sup> à la 39<sup>e</sup> position<sup>8</sup>) avaient déraillé du côté est du passage à niveau.
- Les 21 wagons-citernes suivants (de la 40<sup>e</sup> à la 60<sup>e</sup> position) avaient déraillé sur le passage à niveau ou à l'ouest de celui-ci; ils étaient perpendiculaires à la voie, en accordéon, à l'exception des wagons se trouvant à la 53<sup>e</sup> et à la 57<sup>e</sup> position, qui se sont immobilisés principalement au sud de la voie.
- Les 2 derniers wagons-citernes (à la 61<sup>e</sup> et à la 62<sup>e</sup> position) avaient déraillé en restant sur leurs roues sur la voie; le wagon à la 61<sup>e</sup> position se trouvait au-dessus de l'aiguillage est du triangle de virage.

En raison de la topographie du lieu du déraillement, du pétrole brut s'est accumulé de part et d'autre du passage à niveau. Le pétrole se trouvant du côté ouest a été le premier à s'enflammer. Le passage à niveau a temporairement servi de berme, mais le feu s'est propagé du côté est.

Figure 3. Schéma du lieu de l'événement (Source : BST)



Environ 300 pieds de voie s'étendant vers l'est à partir de l'aiguillage est du triangle de virage ont été détruits. La voie menant au lieu du déraillement a fait l'objet d'une inspection qui n'a révélé aucune marque d'impact sur la structure de la voie.

Figure 4. Marque d'impact sur la table de roulement d'une roue du côté nord du wagon CBTX 72137 (28<sup>e</sup> position) (Source :

<sup>8</sup> Le terme « position » désigne l'emplacement d'un wagon de marchandises dans le train, derrière les locomotives de tête. Les locomotives ne sont pas considérées comme des wagons dans une feuille de train.

Des marques d'impact ont été relevées sur les tables de roulement situées du côté nord des wagons-citernes placés aux 28<sup>e</sup>, 29<sup>e</sup> et 30<sup>e</sup> positions (figure 4). La marque d'impact sur la table de roulement d'une roue du côté nord du 28<sup>e</sup> wagon commençait au boudin et s'étendait perpendiculairement sur la table de roulement de la roue sur environ 2¼ pouces.

Plusieurs morceaux de rail provenant du côté ouest du passage à niveau ont été récupérés et envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario) aux fins d'analyse.

En raison de l'ampleur et de l'intensité de l'incendie, les premiers intervenants ont été contraints de mettre en œuvre des mesures d'assainissement qui ont perturbé les lieux après l'accident, en déplaçant des wagons et des rails, et ont nui à la collecte des données dans le cadre de l'enquête du BST<sup>9</sup>.

Compagnie de chemin de fer Canadien (Pacifique)



### 1.3.1 Zones de déraillement

L'examen de déraillements antérieurs de wagons-citernes<sup>10,11,12</sup> montre que, lorsqu'un train-bloc transportant du pétrole brut déraile, la zone de déraillement compte généralement 3 parties principales<sup>13</sup> :

- La 1<sup>re</sup> partie (zone 1) est celle où les wagons-citernes dérailent en tête de train ou dans la portion menante du déraillement et se dispersent généralement de façon aléatoire. Cette partie comprend les wagons occupant les positions 31 à 36 dans l'événement à l'étude. Dans cette zone, les corps des wagons-citernes se séparent souvent de leurs bogies et glissent jusqu'à ce qu'ils rencontrent des obstacles qui ralentiront leur mouvement. Souvent, la coque des wagons dans cette zone conserve

<sup>9</sup> Les activités d'extinction d'incendie et d'assainissement au lieu du déraillement ont entraîné des dommages supplémentaires aux wagons-citernes qui ont rendu difficile de distinguer des dommages causés par le déraillement.

<sup>10</sup> Rapport d'enquête ferroviaire R13D0054 du BST (Lac-Mégantic) et rapport de laboratoire du BST LP149/2013 – Examen sur le terrain des wagons-citernes.

<sup>11</sup> Rapport d'enquête ferroviaire R15H0013 du BST (Gladwick) et rapport de laboratoire du BST LP052/2015 – Examination of Tank Cars, CN Crude Oil Train U70451-02 [examen des wagons-citernes du train U70451-02 du CN transportant du pétrole brut].

<sup>12</sup> Rapport d'enquête ferroviaire R15H0021 du BST (Gogama) et rapport de laboratoire du BST LP056/2015 – Examination of Tank Cars, CN Crude Oil Train U70451-10 [examen des wagons-citernes du train U70451-10 du CN transportant du pétrole brut].

<sup>13</sup> Rapport d'enquête ferroviaire R19W0050 du BST (Saint-Lazare).

une excellente intégrité durant le déraillement. Habituellement, les citernes sont moins déformées et les bosses et brèches causées par l'impact sont plus petites.

- La 2<sup>e</sup> zone est la partie principale du déraillement. Il s'agit de la zone où, en général, les wagons-citernes se mettent en portefeuille, s'immobilisent côte à côte ou s'empilent. Cette partie comprend les wagons occupant les positions 37 à 60 dans l'événement à l'étude. Les wagons-citernes situés dans cette zone subissent généralement la majeure partie des brèches et des pertes de produit. Cela peut s'expliquer par les importantes forces dynamiques auxquelles les wagons-citernes sont soumis dans cette zone. Le premier wagon de cette zone agit comme un point d'ancrage lorsqu'il déraile, et il ralentit ou arrête la progression des wagons-citernes suivants qui déraillent. Les forces d'impact attribuables à l'élan des wagons-citernes suivants imposent de fortes charges aux wagons-citernes déraillés qui se sont immobilisés et entraînent souvent d'importantes déformations ou perforations des citernes.
- La 3<sup>e</sup> zone se situe en queue du déraillement. Un peu comme dans la zone 1, les wagons-citernes restants qui déraillent dans cette zone se dispersent généralement de façon aléatoire, sans s'empiler. Cette partie comprend les wagons occupant les positions 61 et 62 dans le présent accident. Lorsque les wagons déraillent dans la partie principale du déraillement, l'énergie est dissipée lors des chocs jusqu'à ce que les wagons-citernes se séparent. Ces chocs et la diminution de vitesse des wagons-citernes suivants réduisent les forces d'impact, ce qui diminue généralement les dommages aux wagons-citernes et la quantité de produit perdue.

Différents types de dommages, qui variaient sur le plan de la gravité et de la quantité de produit déversé, ont été constatés dans chacune des 3 parties de la zone de déraillement. Les raisons qui expliquent l'étendue des dommages subis par chaque wagon-citerne déraillé varient, mais les facteurs principaux sont la vitesse du train au moment du déraillement, la taille de la zone de déraillement, la topographie de la zone de déraillement et la température au moment du déraillement.

#### 1.4 Intervention d'urgence et mesures d'assainissement du site

Dès qu'il a été informé de l'événement, le CP a immédiatement mis en œuvre le plan d'intervention d'urgence ERP2-1933-067 fourni par la société ConocoPhillips Canada, propriétaire et expéditeur du pétrole brut. Ce plan établissait le cadre et les procédures permettant de réagir de façon sécuritaire et efficace à tous les types d'urgence, y compris celles qui touchent des marchandises dangereuses. Il était également le plan d'intervention d'urgence déposé auprès de Transports Canada aux termes de la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses*.

La Gendarmerie royale du Canada, le service de police du CP, les services d'incendie de Lanigan et de Humboldt, ainsi que le personnel des services médicaux d'urgence sont intervenus, arrivant sur les lieux quelques minutes après avoir été avisés. Le ministère de

l'Environnement de la Saskatchewan et un entrepreneur privé spécialiste en protection de l'environnement étaient également présents.

Une structure de commandement unifié comprenant des représentants du ministère de l'Environnement de la Saskatchewan, du Service d'incendie de Lanigan et du CP a été mise en place.

L'accès aux lieux a été immédiatement sécurisé, et la route 16 a été fermée à la circulation. On a évacué environ 85 résidents de la localité avoisinante de Guernsey.

La surveillance de la qualité de l'air a commencé vers 7 h 20 et s'est poursuivie tout au long de la journée afin d'assurer la sécurité du personnel travaillant sur les lieux.

Des bermes ont été érigées pour contenir le pétrole brut déversé. Dès qu'il a été possible de le faire en toute sécurité, des tactiques de lutte contre les incendies ont été mises en œuvre, notamment l'utilisation d'eau pour refroidir les wagons-citernes et de mousse pour éteindre les feux. Les wagons-citernes qui n'étaient pas la proie des flammes ont été traînés à l'écart. Les wagons de queue du train ont été tirés jusqu'à une voie d'évitement située à proximité.

Dans la soirée du 6 février 2020, le déplacement des wagons situés à l'ouest du passage à niveau a entraîné la perforation de l'un d'entre eux par un tracteur. Le wagon perforé a déversé un flot de pétrole en flammes, qui a embrasé la mare de pétrole brut située du côté est du passage à niveau, ce qui a provoqué un feu de pétrole en nappe qui a englouti bon nombre des wagons se trouvant à l'est du passage à niveau.

Une fois les incendies éteints, le pétrole restant a été soit aspiré du sol, soit transbordé des wagons et transporté ailleurs.

## **1.5 Renseignements consignés**

### **1.5.1 Caméra vidéo orientée vers l'avant de la locomotive**

Le trajet a été qualifié de « cahoteux » du branchement est du triangle de virage jusqu'au passage à niveau. Toutefois, un examen de l'enregistrement capté par la caméra vidéo orientée vers l'avant de la locomotive de tête du train (CP 7016) a montré que la voie était intacte à l'approche du passage à niveau du chemin Bloomfield.

### **1.5.2 Consignateur d'événements de locomotive**

L'examen des données provenant du consignateur d'événements de la locomotive de tête indique les faits suivants :

- À 6 h 05 min 52 s, la locomotive de tête s'est engagée sur le passage à niveau au point milliaire 43,63.
- À 6 h 06 min 23 s, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale a été enregistré alors que la locomotive de tête se trouvait au point milliaire 43,24 et qu'elle roulait à 44 mi/h avec le manipulateur à la position 4 et les freins du train desserrés.

- À 6 h 07 min 20 s, la locomotive de tête s'est immobilisée au point milliaire 42,84 après avoir parcouru environ 2100 pieds en freinage d'urgence.

D'après le taux de propagation du freinage d'urgence, le train s'est séparé entre le 30<sup>e</sup> et le 31<sup>e</sup> wagon alors que ces wagons se trouvaient sur le passage à niveau au point milliaire 43,63.

### 1.5.3 Détecteurs en voie

Après avoir quitté le triage Sutherland, le train est passé devant plusieurs détecteurs de boîtes chaudes en voie, sans qu'aucune anomalie ne soit relevée.

Il avait également franchi un détecteur de défauts de roue le 5 février 2020 à Keppel (Saskatchewan) (point milliaire 52,4 de la subdivision de Wilkie); celui-ci n'avait enregistré aucune lecture anormale.

## 1.6 Renseignements sur la subdivision

La subdivision de Sutherland est une voie principale qui s'étend vers l'ouest de Wynyard (Saskatchewan), point milliaire 0,0, jusqu'à Saskatoon, point milliaire 113,5.

Dans la subdivision de Sutherland, les mouvements de train sont régis par la régulation de l'occupation de la voie en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et supervisés par un contrôleur de la circulation ferroviaire du CP en poste à Calgary (Alberta).

De 2017 à 2019, le volume de circulation de marchandises, y compris le pétrole brut, affichait une tendance à la hausse (tableau 1).

Tableau 1. Circulation annuelle de marchandises et volume de pétrole brut dans la subdivision de Sutherland, de 2015 à 2019 (Source des données : Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique)

Année	Volume de circulation de marchandises (millions de tonnes-milles brutes par mille)	Wagons complets de pétrole brut	Volume de pétrole brut (litres)
2015	16,2	11 039	1 214 290 000
2016	12,8	1936	212 960 000
2017	16,0	10 523	1 157 530 000
2018	22,5	49 711	5 468 210 000
2019	26,1	77 312	8 504 320 000

## 1.7 Renseignements sur la voie

La subdivision de Sutherland est une voie de catégorie 4 en vertu du *Règlement concernant la sécurité de la voie*, aussi appelé Règlement sur la sécurité de la voie (RSV). La vitesse

autorisée pour les trains de marchandises dans les environs du déraillement était de 45 mi/h.

La voie était une voie principale simple en alignement droit orientée du nord-ouest au sud-est et relativement à niveau. Elle était constituée de longs rails soudés (LRS) de 115 livres fabriqués par Algoma Steel Inc. Les rails avaient déjà été utilisés à un autre endroit et avaient été installés dans la subdivision de Sutherland en 1985. Les rails étaient posés sur des selles de 14 pouces à double épaulement et fixés sur des traverses de bois dur. Il y avait 57 traverses par tronçon de 100 pieds de voie, et le rail était encadré par des anticheminants à chaque traverse. Le ballast était composé de petites pierres arrondies d'environ 4 pouces de diamètre. Dans les zones où il avait été mis à niveau, le ballast se composait de pierres concassées de 4,5 pouces.

### 1.7.1 Programme de remise à neuf de la voie

Entre 2015 et 2019, le CP a entrepris plusieurs programmes de remise à neuf de la voie de catégorie 4 dans le corridor de sa voie principale nord, qui comprend la subdivision de Sutherland.

Dans le secteur du déraillement, l'écartement a été rétabli sur environ 5900 pieds de voie entre les points milliaires 42,8 et 43,9 en mai 2019. En octobre 2019, les rails entre les points milliaires 42,5 et 45,8 ont fait l'objet de travaux de libération, et environ 1000 traverses ont été installées entre les points milliaires 41,0 et 46,0.

Au cours de la même période, environ 11 000 des 15 840 pieds de voie entre le point milliaire 42,8 et le point milliaire 45,8 ont été nivelés. Les dossiers d'entretien n'étaient pas suffisamment détaillés pour confirmer que la voie entre l'aiguillage est du triangle de virage et le passage à niveau avait été nivelée.

## 1.8 Inspections de la voie

Le RSV fixe les exigences réglementaires minimales en matière d'entretien et d'inspection des voies.

Le RSV prescrit que les voies de catégorie 4 formées de LRS avec un trafic annuel de plus de 15 millions de tonnes brutes (MTB) doivent faire l'objet d'une inspection visuelle (à pied ou à partir d'un véhicule sur rail) au moins 2 fois par semaine<sup>14</sup>.

Le RSV exige également que les voies de catégorie 4 formées de LRS qui présentent un trafic annuel se situant entre 15 et 35 MTB fassent l'objet :

<sup>14</sup> *Règlement concernant la sécurité de la voie* (25 mai 2012, approuvé par Transports Canada le 25 novembre 2011), partie II, section F, paragraphe 2.4 : Inspections visuelles de la voie, p. 34-35.

- d'une inspection au moyen d'un véhicule lourd de contrôle de l'état géométrique 2 fois par an<sup>15,16</sup>;
- d'une inspection pour la détection des défauts de rail 3 fois par an<sup>17</sup>;
- d'une inspection à pied des branchements 1 fois par mois<sup>18</sup>;
- d'une inspection détaillée des branchements 1 fois par an<sup>19</sup>.

### 1.8.1 Inspection visuelle

Au-delà des exigences réglementaires, le CP exigeait que la voie fasse l'objet d'une inspection visuelle au cours des 24 heures avant l'arrivée d'un train transportant du pétrole brut ou lorsque la température était à  $-25\text{ °C}$  ou moins.

Du 29 janvier 2020 à la date de l'événement à l'étude, des inspections visuelles ont été effectuées quotidiennement. La dernière inspection visuelle a été effectuée le 5 février 2020, et aucune anomalie n'a été relevée dans les environs du déraillement.

### 1.8.2 Inspection de l'état géométrique

En 2019, la subdivision de Sutherland a été inspectée au moyen d'un véhicule lourd de contrôle de l'état géométrique de la voie du CP en mars, en août et en novembre, ce qui dépassait les exigences du RSV. Lors de ces inspections, les défauts de géométrie suivants ont été relevés du point milliaire 43,63 au point milliaire 43,66 :

- 29 mars 2019 : 5 défauts nécessitant une intervention prioritaire;
- 21 août 2019 : 9 défauts nécessitant une intervention prioritaire, 1 défaut nécessitant une intervention quasi urgente et 1 défaut nécessitant une intervention urgente;
- 26 novembre 2019 : le rapport sur les défauts ne fait état d'aucun défaut nécessitant une intervention prioritaire.

Les défauts de géométrie sont classés par le CP en 3 catégories : les défauts nécessitant une intervention urgente, les défauts nécessitant une intervention quasi urgente et les défauts nécessitant une intervention prioritaire. Les défauts nécessitant une intervention urgente

<sup>15</sup> Le *Règlement concernant la sécurité de la voie* définit « deux fois par an » comme signifiant au moins 1 fois tous les 6 mois (du 1<sup>er</sup> janvier au 30 juin et du 1<sup>er</sup> juillet au 31 décembre) avec, au plus, 225 jours entre chaque inspection (source : *Règlement concernant la sécurité de la voie* [25 mai 2012, approuvé par Transports Canada le 25 novembre 2011], partie II, section F, item 1 : Objet, p. 32-33).

<sup>16</sup> *Règlement concernant la sécurité de la voie* (25 mai 2012, approuvé par Transports Canada le 25 novembre 2011), partie II, item 4 : Voie – Contrôles électronique de la géométrie, p. 38 à 41.

<sup>17</sup> *Ibid.*, partie II, section F, item 5 : Voie – Inspections pour la détection des défauts de rail, p. 41 à 43.

<sup>18</sup> *Ibid.*, partie II, item 3 : Voie – Inspections des branchements et des appareils de voie spéciaux, section 3.3, p. 36-37.

<sup>19</sup> *Ibid.*, partie II, item 3 : Voie – Inspections des branchements et des appareils de voie spéciaux, section 3.4, p. 37-38.

sont ceux qui ne répondent pas aux exigences réglementaires et doivent être protégés par un ordre de limitation de vitesse jusqu'à ce qu'ils soient corrigés. Les défauts nécessitant une intervention quasi urgente doivent être inspectés et corrigés dès que possible. Les défauts nécessitant une intervention prioritaire doivent être inspectés et surveillés pour qu'ils ne deviennent pas des défauts nécessitant une intervention urgente.

À la suite de l'inspection du 21 août 2019, un ordre de limitation de vitesse de 25 mi/h a été imposé sur la voie, suivi d'un ordre de limitation de vitesse de 40 mi/h qui est demeuré en vigueur jusqu'à ce que le défaut nécessitant une intervention urgente soit corrigé le 4 décembre 2019.

Lors de l'inspection du 26 novembre 2019, effectuée du point milliaire 43,63 au point milliaire 43,66, les lectures ont été jugées « invalides » en raison de l'interférence causée par les chutes de neige. Par conséquent, le CP a suivi les instructions fournies dans le RSV pour les situations où la voie ne peut pas être inspectée à l'intervalle requis :

#### 4.3 Tronçon omis d'un contrôle électronique de la géométrie

- a) Si un tronçon de voie ne peut être contrôlé à l'intervalle prescrit, la compagnie de chemin de fer doit, avant l'expiration du délai d'inspection ou avant l'atteinte de la limite de tonnage transporté :
  - (i) inspecter le tronçon de voie avec une voiture légère de contrôle de l'état géométrique de la voie et donner suite aux résultats de ce contrôle, ou effectuer toutes les semaines une inspection visuelle supplémentaire jusqu'à ce que la fréquence de contrôle de l'état géométrique de la voie puisse être respectée; dans le cas d'une voie des catégories 3 à 5, un tel contrôle doit être effectué au moyen d'une voiture lourde de contrôle de l'état géométrique; ou
  - (ii) déclasser la voie de façon à en rétablir la conformité jusqu'au moment où un contrôle valide de son état géométrique puisse être réalisé<sup>20</sup>.

### 1.8.3 Inspection de détection des défauts du rail

En 2019, le CP a effectué 7 inspections des défauts de rail. La dernière inspection avait eu lieu le 17 décembre 2019. Aucun défaut n'avait été relevé dans les environs de l'événement.

### 1.8.4 Inspections des branchements

La dernière inspection annuelle détaillée du branchement avait eu lieu le 12 juin 2019. Une inspection détaillée évalue, par la mesure, l'observation et l'utilisation, l'état de la voie (y compris le ballast, les rails et les traverses) et tous les composants de l'aiguillage pour s'assurer que le branchement demeure conforme aux normes et que les dérogations aux normes sont protégées ou remises en conformité. Aucune anomalie n'a été relevée.

<sup>20</sup> Ibid., partie II, item 4 : Voie – Contrôles électroniques de la géométrie, section 4.3(a) : Tronçon omis d'un contrôle électronique de la géométrie, p. 40-41.



La dernière inspection mensuelle à pied du branchement avait été réalisée le 20 janvier 2020. Cette inspection a permis de constater que la pointe du cœur de croisement était endommagée. La réparation du branchement devait être effectuée avant le 20 février 2020.

### 1.8.5 Inspections supplémentaires du Canadien Pacifique

En plus des exigences réglementaires minimales en matière d'entretien et d'inspection de la voie précisées dans le RSV, le CP procède aux inspections supplémentaires suivantes :

- inspections de l'interaction véhicule-voie (IVV);
- inspections à l'aide du système autonome de mesure de la géométrie de la voie (ATGMS, pour *autonomous track geometry measuring system*);
- inspections à pied des éclisses.

#### 1.8.5.1 Inspections de l'interaction véhicule-voie

En supplément des inspections de l'état géométrique de la voie, le CP utilise certaines locomotives pour effectuer des inspections IVV. Les locomotives IVV sont équipées d'accéléromètres qui leur permettent de surveiller l'état de la voie et de communiquer les zones d'inégalité de la voie pendant l'exploitation normale du train. Les zones d'inégalité sont liées à des impacts de roue qui sont plus forts que d'habitude et qui pourraient mener à la rupture d'un rail.

La plus récente inspection IVV avait été faite le 19 octobre 2019. Il n'y a pas eu d'événements IVV nécessitant une attention immédiate dans les environs du lieu de déraillement.

#### 1.8.5.2 Inspections à l'aide du système autonome de mesure de la géométrie de la voie

Un ATGMS est un wagon couvert spécialement équipé qui est utilisé en service de train commercial. Il est ainsi possible d'effectuer des contrôles de l'état géométrique plus fréquents et de repérer les états géométriques dès qu'ils commencent à se manifester. L'ATGMS est utilisé en supplément des voitures d'évaluation qui sont actuellement en service. La plus récente inspection ATGMS avait été faite le 9 octobre 2019. Il n'y avait pas eu de conditions nécessitant une attention immédiate dans les environs du lieu de déraillement.

#### 1.8.5.3 Inspections à pied des éclisses

Le CP a mis en œuvre des inspections semestrielles des éclisses pour les voies de catégorie 4 formées de LRS dont le tonnage annuel se situe entre 15 et 35 MTB, dont la subdivision de Sutherland. Ces inspections à pied des éclisses visent particulièrement à détecter les éclisses fissurées ou rompues, de même que les boulons desserrés, brisés ou manquants. La dernière inspection des éclisses avait été effectuée le 6 décembre 2019 et aucun défaut d'éclisse n'avait été trouvé dans les environs du déraillement.

## 1.9 Remplacement des rails en territoire à longs rails soudés

Lorsque des LRS sont usés ou endommagés et doivent être remplacés, la section de rail défectueuse est habituellement coupée et retirée et un rail de rechange (rail de raccord) est installé. Un rail de raccord peut être un rail neuf ou un rail usagé précédemment retiré du service et jugé propre à être réutilisé. Le rail de raccord peut être soit soudé au rail d'origine, soit fixé au moyen de joints boulonnés.

Pour fixer des rails de raccord au moyen de joints boulonnés, on installe une éclisse de chaque côté des abouts de rail. L'ensemble est fixé par 4 ou 6 boulons à travers l'âme des rails.

### 1.9.1 Exigences pour l'installation de rails usagés comme rails de raccord

Lorsqu'un rail est retiré du service et doit ensuite être utilisé comme rail de raccord, il est soumis à une inspection visuelle et à un essai par ultrasons, mesuré pour déterminer l'usure du champignon et l'usure latérale, puis rangé sur un râtelier de rails en attendant d'être installé. Ces mesures réduisent les risques qu'un rail défectueux soit remis en service.

En ce qui concerne la réutilisation des rails, le *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* (le Livre rouge) du CP indique notamment ce qui suit :

#### 6.1.8 Marquage des rails retirés de la voie

[...]

- iii. Les rails que l'on détermine aptes à être réutilisés et sur lesquels 10 MTB ou moins ont circulé depuis les derniers essais aux ultrasons doivent afficher les lettres « UTV » (Ultrasonic Test Verified, ou « vérifié par un essai aux ultrasons ») ainsi que la date du dernier essai aux ultrasons sur l'âme du rail en caractères de 2 po ou plus, avec un marqueur indélébile blanc.
- iv. Les rails que l'on détermine aptes à être réutilisés et qui n'ont pas fait l'objet d'un essai aux ultrasons ou sur lesquels plus de 10 MTB ont circulé depuis les derniers essais aux ultrasons ne doivent pas être posés; ils doivent être laissés de côté pour être vérifiés aux ultrasons. La personne qui fait l'essai doit inscrire sur le rail les lettres « UTT » (Ultrasonic Test Tested ou « vérifié par un essai aux ultrasons ») et la date de l'essai effectué sur l'âme du rail en lettres de 2 po ou plus avec de la peinture ou un marqueur indélébiles blancs.
- v. Un rail qui sera réutilisé qui ne porte pas les lettres « UTT » (Ultrasonic Test Tested) ou « UTV » (Ultrasonic Test Verified) et dont l'historique de mise à l'essai n'est pas connu peut être installé seulement avec l'approbation du directeur, Normes sur la voie et avec une limitation de vitesse à 25 mi/h ou moins ou égale à la vitesse maximale permise pour la catégorie de voie en cause, en retenant la vitesse la moins élevée, jusqu'à ce que le rail soit soumis à un essai de défauts internes<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* (révision 28 octobre 2019), section 6.1.8 : Marquage des rails retirés de la voie.

## 1.9.2 Température de contrainte nulle du rail

Pour éviter les ruptures d'éclissage et le flambage d'une voie formée de LRS, il est important de gérer les contraintes internes exercées sur le rail, y compris lorsque ce dernier est coupé et que des sections sont ajoutées ou retirées. Les variations de température génèrent des contraintes thermiques internes dans les LRS. La température de contrainte nulle d'un rail est la température à laquelle celui-ci est exempt de toute contrainte de traction ou de compression. Chaque fois que la température du rail s'écarte de sa température de contrainte nulle, des contraintes internes se développent : des contraintes de compression lorsque la température est supérieure à la température de contrainte nulle et des contraintes de traction lorsqu'elle est inférieure. Des forces de compression excessives peuvent provoquer un flambage de la voie, tandis que des forces de traction excessives dues à la compression peuvent entraîner des ruptures d'éclissage (défaillances des éclisses ou ruptures rapides de rail).

Le rail est de préférence installé ou ajusté à une température précise, fixée en fonction des conditions climatiques des subdivisions, à laquelle le rail demeure relativement exempt de contraintes tout au long de l'année, compte tenu des températures ambiantes extrêmes auxquelles il sera exposé dans la région. Cette température est appelée température idéale de pose des rails (PRLT, pour *preferred rail laying temperature*). Dans la subdivision de Sutherland, la PRLT est de 95 °F. Lorsque la différence entre la température de contrainte nulle du rail et la PRLT atteint un écart prescrit, la longueur du rail doit être ajustée en conséquence pour remettre à zéro la contrainte dans le rail, un processus appelé « libération ».

Les fluctuations de température, les travaux d'entretien de la voie et les mouvements des rails causés par le trafic ferroviaire peuvent modifier ou redistribuer les contraintes internes des rails, modifiant ainsi la température de contrainte nulle. En général, la température de contrainte nulle d'un rail diminue avec le temps et s'éloigne de la PRLT.

Selon le Livre rouge, on peut estimer la température de contrainte nulle à la suite du remplacement d'un rail en raison d'une rupture d'éclissage ou d'une rupture de rail en utilisant la température mesurée du rail et l'écartement réel du rail<sup>22,23</sup>.

## 1.9.3 Rails de raccord installés près du lieu de l'événement

### 1.9.3.1 Rail de raccord installé le 14 janvier 2020

Lors d'une inspection visuelle avant le passage d'un train chargé de pétrole brut le 14 janvier 2020, on a détecté une rupture de rail dans le rail nord de la voie, juste à l'est de

<sup>22</sup> L'écartement réel du rail est la somme de la rupture d'éclissage (brèche d'ouverture) et du rail coupé (rail retiré).

<sup>23</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* (révision 28 octobre 2019), annexe 14 : Température neutre du rail estimée.

l'aiguillage est du triangle de virage, au point milliaire 43,66. La rupture était située près d'un joint, à 6 pieds (3 à 4 traverses) de l'aiguille est du triangle de virage.

Un tronçon de rail d'une longueur de 22 pieds a été retiré et un rail de raccord d'une longueur semblable a été posé vers l'est à partir du joint. Le rail de raccord ne portait aucune inscription (c.-à-d. UTV ou UTT) indiquant qu'il avait fait l'objet d'une inspection visant à déceler les défauts internes, comme cela est requis. Les éclisses d'origine ont été inspectées visuellement conformément aux exigences<sup>24</sup> et ont été réinstallées. Les selles de rail soutenant le joint ont été calées afin qu'elles soient correctement nivelées<sup>25</sup>.

Les travaux ont été réalisés par une équipe du triage Sutherland. Cette même équipe avait changé plusieurs rails qui s'étaient rompus lors d'une vague de froid en janvier 2020.

La température de l'air était environ  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-22\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) au moment de l'installation.

### 1.9.3.2 Rail de raccord installé le 29 janvier 2020

Les 28 et 29 janvier 2020, des inspecteurs de Transports Canada ont inspecté les subdivisions de Wilkie et de Sutherland, et constaté de nombreux cas où des rails de raccord de la subdivision de Wilkie n'avaient pas été soumis à un essai par ultrasons.

En fin de journée le 29 janvier 2020<sup>26</sup>, le rail de raccord de 22 pieds de longueur installé au point milliaire 43,66 le 14 janvier 2020 a été remplacé par une équipe auxiliaire hivernale travaillant dans l'obscurité, par temps venteux et à des températures sous zéro. De plus, l'équipe d'un train en attente avait demandé une estimation du temps nécessaire pour achever les travaux, de sorte que l'équipe auxiliaire était consciente de la nécessité de terminer le travail rapidement.

Le jour de l'installation, la température minimale de l'air était d'environ  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $23\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) en fin d'après-midi et en soirée. Les vents soufflaient à environ 20 km/h, se traduisant par un indice de refroidissement éolien de  $-10$ <sup>27</sup>.

Pour installer le rail de raccord, l'équipe a d'abord démonté les joints. Les boulons ont été difficiles à défaire<sup>28</sup>, et un écartement de 1,5 pouce s'est créé lorsqu'ils ont été enlevés. Un tronçon de rail mesurant 39 pieds et 1,5 pouce a été coupé et retiré de la voie, puis un

<sup>24</sup> Chaque fois qu'une éclisse est retirée pour être inspectée ou remplacée, l'éclisse à installer, tout comme l'éclisse adjacente, doit être inspectée visuellement pour déceler toute fissure ou usure excessive (Chemin de fer Canadien Pacifique, *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* (révision 28 octobre 2019), section 14 : Inspection de la voie, point 14.14.0(p)).

<sup>25</sup> Les cales sont généralement en bois franc et sont utilisées pour corriger de façon temporaire les défauts de géométrie. L'installation de cales est une méthode courante et approuvée de réaliser un entretien temporaire de la voie en hiver, lorsque la plateforme de la voie est gelée, pour rectifier des traverses trop basses.

<sup>26</sup> Les dossiers d'entretien de la voie indiquent que le rail de raccord a été installé pendant le quart de travail du 30 janvier 2020, mais ce quart avait commencé en soirée du 29 janvier 2020.

<sup>27</sup> L'indice de refroidissement éolien ne s'applique pas à la température du rail ou à la température de contrainte nulle du rail.

<sup>28</sup> Lors du remplacement du rail à un joint, la pratique habituelle du CP consiste à couper le rail avant de tenter de démonter le joint.

tronçon de rail de 39 pieds, comportant des trous prépercés pour les éclisses, a été posé dans le prolongement du joint ouest existant, vers l'est, en direction du passage à niveau. L'inscription « UTT 09/19 » figurait sur l'âme du rail de raccord, indiquant que le rail avait été soumis en septembre 2019 à un essai visant à détecter les défauts internes.

Les éclisses d'origine ont fait l'objet d'une inspection visuelle conformément aux exigences et ont été réutilisées sur le joint ouest, tandis que 2 nouvelles éclisses ont été installées sur le nouveau joint est. Le rail a été allongé au moyen d'un câble réchauffeur, et des broches d'assemblage ont été utilisés pour aligner les trous d'éclissage du rail et des éclisses. De nouveaux boulons ont été utilisés pour fixer les éclisses sur les rails. Le joint ouest se trouvait entre 2 traverses qui étaient en bon état; aucune cale n'a été installée. Les anticheminants d'origine (anticheminants de type Improved Fair) ont été réinstallés.

Au cours de la période entre la pose du rail de raccord et l'accident, la température a oscillé entre des valeurs négatives et positives; le 1<sup>er</sup> février 2020, la température a atteint 6 °C, puis elle a chuté à -24 °C le 4 février 2020.

L'équipe auxiliaire hivernale qui a installé le rail de raccord était composée de 1 contremaître, 1 conducteur de camion et 2 opérateurs de machines. Le contremaître de l'équipe satisfaisait aux exigences de son poste, il connaissait bien le Livre rouge et il avait déjà participé à la pose de rails par le passé; cependant, la principale tâche ordinaire de l'équipe consistait à nettoyer les dispositifs d'aiguillage et les passages à niveau pendant la saison hivernale. Le contremaître n'occupait pas un poste permanent et était affecté aux équipes de production durant l'été.

### 1.9.3.3 Base de données Digital Track Notebook

Chaque fois qu'un rail est installé, la température du rail, le jeu dans le rail, le rail coupé, l'écartement réel du rail et la température de contrainte nulle du rail de raccord sont consignés dans la base de données Digital Track Notebook (DTN) du CP.

#### 1.9.3.3.1 Rail de raccord du 14 janvier 2020

Les données suivantes ont été consignées dans la base de données DTN pour le rail de raccord de 22 pieds installé le 14 janvier 2020 :

- Température du rail : 2 °F (-17 °C)
- Jeu dans le rail : 1,25 pouce
- Rail coupé : 0 pouce
- Écartement réel du rail : 1,25 pouce
- Température de contrainte nulle estimée : 80 °F (27 °C)

#### 1.9.3.3.2 Rail de raccord du 29 janvier 2020

En ce qui concerne le rail de raccord de 39 pieds installé le 29 janvier 2020, le contremaître de l'équipe auxiliaire hivernale a rempli un formulaire d'entretien des LRS à la fin de son quart de travail et l'a déposé au bureau du superviseur, où les renseignements relatifs à la

pose du rail de raccord ont été saisis ultérieurement dans la base de données DTN. Les données suivantes ont été consignées dans la base de données DTN :

- Température du rail : 12 °F (-11 °C)
- Jeu dans le rail : 1,5 pouce
- Rail coupé : 1,5 pouce
- Écartement réel du rail : 1,5 pouce
- Température de contrainte nulle estimée : 91 °F (33 °C)

Plusieurs données figurant dans les champs de la base de données DTN relatifs à l'installation du rail de raccord du 29 janvier 2020 sont inexactes. Le 29 janvier 2020, la température de l'air a diminué progressivement, passant d'un maximum de 26,6 °F (-3,0 °C) juste après minuit à un minimum de 23,4 °F (-4,8 °C) en fin d'après-midi et en début de soirée; par conséquent, la température du rail ne pouvait pas être de 12 °F (-11 °C)<sup>29</sup>. De plus, l'écartement réel du rail devrait être de 3 pouces et la température de contrainte nulle estimée devrait être de 125 °F plutôt que 91 °F.

## 1.10 Examen des morceaux de rail récupérés

Parmi les morceaux de rail reçus au Laboratoire d'ingénierie du BST, 5 ont été assemblés pour former une longueur de rail contiguë d'environ 39 pieds, ce qui correspond au rail de raccord installé le 29 janvier 2020. Toutefois, aucune partie du rail d'origine à l'un ou l'autre des abouts du rail de raccord, ni les éclisses et les boulons utilisés pour fixer le rail de raccord, n'ont été retrouvés.

Le rail a été identifié comme étant un rail de 115 livres<sup>30</sup> fabriqué en 1971 par Algoma Steel Inc. La provenance du rail et son tonnage accumulé ne sont pas connus. Il présentait une usure du champignon allant de ¼ pouce à 5/16 pouce et était percé de 3 trous à chaque about. L'âme du côté intérieur d'un des morceaux de rail portait l'inscription « UTT 09/19 » en blanc.

À l'about ouest du rail de raccord, le rail présentait une fissure verticale du champignon, et il manquait une portion de 6,3 pouces de la face intérieure du champignon (figure 5). L'aspect général et l'orientation de la surface de rupture peuvent correspondre soit à une rupture due à une fissure verticale du champignon<sup>31</sup>, soit à une rupture par cisaillement.

<sup>29</sup> Compte tenu des conditions au moment de l'événement, la température du rail aurait seulement pu être supérieure à la température de l'air (effet du soleil) et non inférieure.

<sup>30</sup> La largeur d'un champignon de rail de 115 livres est de 2<sup>23</sup>/<sub>32</sub> pouces, la hauteur du rail est de 6<sup>5</sup>/<sub>8</sub> pouces et la largeur du patin du rail est de 5½ pouces.

<sup>31</sup> Une fissure verticale du champignon est une rupture longitudinale progressive dans le champignon du rail, caractérisée par une séparation le long d'un joint qui se propage verticalement à travers le champignon en son centre ou à proximité de celui-ci.

Lorsqu'une fissure verticale du champignon apparaît au niveau d'un joint, on parle de VSJ (pour *vertical split head joint area* [fissure verticale du champignon près du joint])<sup>32</sup>.

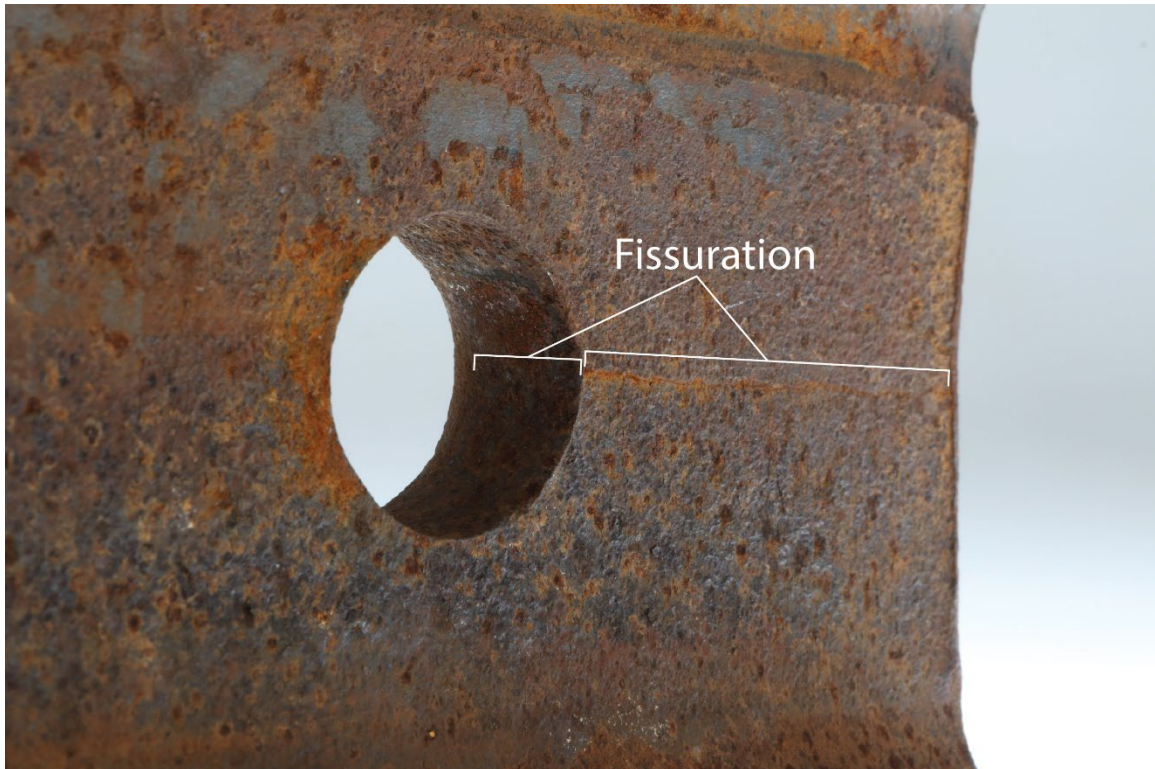
Figure 5. About ouest du rail de raccord récupéré, montrant une marque d'impact et l'absence d'une portion du champignon de rail (Source : BST)



Au même about de rail, la face extérieure de la partie restante du champignon avait été écrasée par des impacts de roues. Sur la face intérieure, la rupture transversale du champignon de rail ne présentait aucune marque d'impact ou de frottement. Il y avait également une fissure horizontale qui s'étendait de l'about de rail jusqu'au premier trou d'éclissage (figure 6).

<sup>32</sup> Dans le *Track Inspector Rail Defect Reference Manual* (juillet 2015) de la Federal Railroad Association, une fissure verticale du champignon qui apparaît au niveau d'un joint est appelée « vertical split head joint area (VSJ) ».

Figure 6. About ouest du rail de raccord récupéré montrant une fissure de trou d'éclissage (Source : BST)



L'examen des surfaces de rupture de fissure verticale du champignon près du joint ou rupture par cisaillement et de la fissure de trou d'éclissage a permis de constater que des dommages importants causés par le frottement et la corrosion avaient effacé la plupart des caractéristiques de la surface de rupture. On a conclu que les autres pochettes dispersées de facettes de clivage indiquaient que les 2 fissures avaient probablement entraîné une rupture en raison de la fragilité engendrée par une surcharge. L'inspection des surfaces de rupture n'a révélé aucun signe de fatigue.

Les fissures de trou d'éclissage sont généralement le résultat de [traduction] « contraintes inhabituelles exercées par le boulon lui-même le long du bord du trou. Ces contraintes peuvent être causées par l'effet de pompage ou d'oscillation des joints, un perçage incorrect, une usure excessive des éclisses ou des impacts anormaux du matériel roulant à l'about de rail<sup>33</sup> ».

Il n'a pas été possible de déterminer avec certitude si les ruptures s'étaient produites avant le déraillement ou en conséquence du déraillement.

### 1.11 Joints de rail boulonnés en territoire à longs rails soudés

Les joints de rail créent des discontinuités dans les propriétés géométriques et mécaniques du rail et sont souvent considérés comme l'un des points les plus faibles de la structure de la voie, qui la rend plus vulnérable aux défauts et aux défaillances. Un joint boulonné ne peut

<sup>33</sup> Sperry Rail Service, *Rail Defect Manual* (2016), p. 68.



pas préserver la continuité du rail en offrant une résistance, une rigidité, une flexibilité et une uniformité semblables à celles du rail auquel il est raccordé. Même lorsqu'un joint est correctement soutenu par des traverses en bon état posées sur un ballast bourré, son moment d'inertie<sup>34</sup> ne représente qu'environ  $\frac{1}{3}$  de la valeur de celui d'un rail correspondant non éclissé<sup>35</sup>. Par conséquent, les joints boulonnés peuvent être soumis à des charges d'impact élevées au passage des roues du matériel roulant<sup>36</sup>.

Ces charges d'impact peuvent entraîner ou accroître le desserrage des boulons d'éclisse. Les boulons nouvellement installés, même lorsqu'ils sont bien serrés, peuvent perdre de  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{3}$  de leur tension de précharge initiale au cours du premier mois suivant leur installation<sup>37</sup>. Les boulons peuvent se desserrer plus rapidement lorsqu'un joint n'est pas correctement soutenu. En outre, on sait que les variations de température accélèrent le desserrage des boulons des joints de rail.

### 1.11.1 Forces longitudinales dans les joints boulonnés

Sur une voie bien entretenue, les forces longitudinales (forces thermiques attribuables aux changements de température et forces du train résultant de la traction et du freinage) sont absorbées par le ballast par l'intermédiaire du système d'ancrage et des traverses.

En l'absence d'un support de retenue adéquat assuré par le ballast, les traverses et les anticheminants, l'essentiel des forces est transféré par les rails à travers les joints; plus précisément, les forces longitudinales sont transmises aux éclisses par les boulons et par frottement entre les surfaces des éclisses et du rail. Cependant, si les boulons sont desserrés, le frottement se dissipe et les forces longitudinales sont transmises aux éclisses uniquement par l'intermédiaire des boulons. La force de résistance de l'assemblage du joint est donc fortement liée à l'état des boulons.

La force de résistance dans un joint doit être suffisamment élevée pour résister à l'effet combiné des charges verticales et longitudinales, sinon il y aura rupture du joint. Dans certains cas, des défaillances peuvent se produire sous l'effet des seules forces thermiques longitudinales, en particulier à des températures extrêmes.

À l'appui de la présente enquête, on a calculé les charges de traction nécessaires pour provoquer la rupture du rail et des éclisses du joint ouest du rail de raccord installé le 29 janvier 2020; la force de résistance de l'assemblage du joint et les forces thermiques exercées sur le joint ont également été calculées (annexe A).

<sup>34</sup> Le moment d'inertie est la mesure de la capacité de la section transversale d'un objet à résister à la flexion.

<sup>35</sup> A. D. Kerr, *Fundamentals of Railway Track Engineering*, (Simmons Boardman Publishing Corporation, 2003), p. 76.

<sup>36</sup> Ibid.

<sup>37</sup> American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA), *Manual for Railway Engineering* (2014), volume 1, chapitre 5, partie 5, section 5.5 : Track Bolt Tension Practice.

Les résultats indiquent ce qui suit (en supposant que les composants du joint étaient exempts de défauts) :

- Selon les calculs, la charge de traction qui aurait été nécessaire pour provoquer la rupture du rail de 115 livres était supérieure à environ 1 598 900 livres de force.
- Selon les calculs, la charge de traction qui aurait été nécessaire pour provoquer la rupture des éclisses était supérieure à environ 1 170 000 livres de force.
- La force de résistance de l'assemblage du joint est la somme des forces fournies par le frottement entre les éclisses et le rail et la résistance au cisaillement des boulons. Compte tenu de la courte longueur de voie sur laquelle le nombre relativement faible d'anticheminants supportait le rail de raccord de 39 pieds et compte tenu de l'état de fixation de ces anticheminants (réutilisés à plusieurs reprises), la force de résistance des anticheminants et de la structure de la voie (traverses et ballast) était négligeable. Selon les calculs, la force de résistance de l'assemblage du joint était d'environ 342 000 livres, en supposant que les boulons étaient bien serrés. Si les boulons étaient desserrés, la force de résistance aurait été fournie uniquement par les boulons et, selon les calculs, aurait été d'environ 252 000 livres.
- Selon les calculs, la force thermique longitudinale au moment de l'événement à l'étude était d'environ 262 500 livres; elle était d'environ 298 000 livres le 4 février 2020, alors que la température était de  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-11,2\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

## 1.12 Marchandises dangereuses

Le transport ferroviaire des marchandises dangereuses<sup>38</sup> au Canada<sup>39</sup> et aux États-Unis<sup>40</sup> est régi par une réglementation fédérale. Dans l'événement à l'étude, 104 wagons-citernes transportaient du pétrole brut, un liquide inflammable de classe 3. Les liquides inflammables de classe 3 sont des marchandises dangereuses dont les vapeurs peuvent former avec l'air un mélange inflammable à une température égale ou inférieure à  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $140\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Ces liquides inflammables peuvent poser de graves dangers en raison de leur volatilité et de leur inflammabilité, qui sont déterminées respectivement par le point d'ébullition initial<sup>41</sup> et le point d'éclair<sup>42</sup>.

<sup>38</sup> Les marchandises dangereuses sont également appelées « matières dangereuses » aux États-Unis. Dans le présent rapport, nous utilisons « marchandises dangereuses », sauf dans les références aux normes ou à la réglementation des États-Unis.

<sup>39</sup> Transports Canada, *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses* et *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*.

<sup>40</sup> *Code of Federal Regulations* des États-Unis, titre 49 (49 CFR), *Hazardous Materials Regulations*.

<sup>41</sup> Le point initial d'ébullition d'un mélange liquide est la température à laquelle la première goutte de distillat se forme à partir du mélange liquide, à une pression donnée. Le point initial d'ébullition dépend de la pression et de la composition du mélange liquide.

<sup>42</sup> Le point d'éclair d'un liquide est la température minimale à laquelle, dans des conditions de laboratoire, le liquide émet une vapeur suffisamment concentrée pour former avec l'air, à la surface du liquide, un mélange pouvant s'enflammer. Un point d'éclair plus bas représente un danger d'inflammabilité plus grand.

Puisque la volatilité et l'inflammabilité des liquides inflammables varient considérablement, ces produits sont regroupés selon ces caractéristiques, pour que des exigences différentes puissent être établies à l'égard de l'emballage (contenant), du stockage, de la manutention et du transport. Selon le *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*, les liquides inflammables de classe 3 sont répartis en 3 groupes d'emballage (GE), soit du GE I (danger le plus élevé) au GE III (danger le plus faible). Les critères propres à ces groupes d'emballage sont les suivants :

- GE I – liquides inflammables dont le point initial d'ébullition est inférieur ou égal à 35 °C (95 °F) à une pression absolue de 101,3 kPa, quel que soit leur point d'éclair;
- GE II – liquides inflammables dont le point initial d'ébullition est supérieur à 35 °C (95 °F) à une pression absolue de 101,3 kPa et dont le point d'éclair est inférieur à 23 °C (73 °F);
- GE III – produits qui ne satisfont pas aux critères d'inclusion dans les GE I ou II.

Dans l'événement à l'étude, le pétrole brut transporté était inscrit comme un liquide inflammable de classe 3 du GE I.

### 1.13 Renseignements sur les wagons-citernes

Le pétrole brut était transporté dans des wagons-citernes DOT-117J<sup>43</sup> conformément au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*. Les wagons-citernes DOT 117J100-W sont le plus récent type de wagons-citernes construits pour transporter des liquides inflammables de classe 3, y compris le pétrole brut. Les wagons-citernes dans l'événement à l'étude ont tous été fabriqués par TrinityRail en 2019; ils avaient une capacité moyenne d'environ 108 881 L.

Les caractéristiques de conception des wagons-citernes DOT-117J comprennent une citerne à la coque plus épaisse, isolée et munie d'une protection thermique, un bouclier protecteur complet, une protection des raccords supérieurs, de même que des leviers de robinets de déchargement par le bas débrayables (voir l'annexe B pour tous les détails).

### 1.14 Performance des wagons-citernes DOT-117J100-W

Le laboratoire du BST a examiné les wagons-citernes DOT-117J détaillés qui se trouvaient dans l'empilement principal et qui avaient subi des dommages importants. Tous les wagons-citernes en cause dans l'événement à l'étude étaient munis d'une couverture de protection thermique en céramique de ½ pouce d'épaisseur placée entre la coque et la chemise du wagon-citerne.

<sup>43</sup> Les wagons-citernes DOT-117J100-W répondent aux spécifications du *Code of Federal Regulations* des États-Unis, titre 49, articles 179 à 200. Au Canada, les spécifications des wagons-citernes sont établies par Transports Canada en vertu du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* et de la norme TP 14877. La version canadienne du DOT-117 est le TC-117.

Les observations suivantes ont été faites au sujet des 30 wagons-citernes déraillés qui ont perdu du produit<sup>44</sup> :

- 9 ont perdu tout leur chargement;
- 11 ont perdu au moins la moitié de leur chargement;
- 4 ont perdu moins de la moitié de leur chargement;
- 6 ont perdu un peu de produit, mais aucune brèche évidente n'a été repérée, et les pertes pourraient être attribuables à l'activation du dispositif de décharge de pression.

Certains wagons-citernes ont subi des dommages supplémentaires lors des activités d'assainissement. Ces dommages sont survenus lorsque les premiers intervenants et les équipes d'assainissement ont déplacé les wagons-citernes pour combattre les incendies, contenir les fuites et récupérer le produit. Lors de l'examen d'évaluation des dommages subis par les wagons-citernes, il a été difficile de faire la distinction entre les dommages causés par le déraillement et les dommages causés par les activités d'assainissement.

Bon nombre des brèches de coque se présentaient sous la forme de perforations caractéristiques des collisions avec des objets pointus, relativement petits (des attelages, des bogies et des traverses). Quelques wagons-citernes présentaient des ruptures dues aux importants dommages provoqués par l'écrasement qui survient habituellement lorsque 2 wagons-citernes entrent en collision.

Les dommages constatés sur les têtes de citerne variaient de bosselures relativement mineures à des bosselures profondes avec perforation de la tête de citerne.

Parmi les 30 wagons qui ont perdu du produit, 11 présentaient une ou plusieurs brèches dont les caractéristiques correspondaient à un cisaillement mécanique de la coque et/ou de la tête de la citerne. Il n'a pas été possible de déterminer s'il y avait une brèche initiale causée par le déraillement, qui aurait ensuite été élargie par un cisaillement mécanique au cours des travaux d'assainissement.

Il n'a pas été possible de déterminer un point de rupture pour 6 wagons; toutefois, il se peut que la perte de produit ait été causée par l'activation du dispositif de décharge de pression alors que les wagons-citernes se trouvaient dans l'incendie ou par des joints endommagés sur les robinets de déchargement par le bas en raison de l'exposition à la chaleur intense dégagée par l'incendie.

Les brèches constatées, lesquelles sont détaillées à l'annexe C, sont les suivantes :

- brèches de raccord supérieur et ouverture des dispositifs de décharge de pression (15 wagons : 8 confirmés et 7 soupçonnés)<sup>45</sup>;

<sup>44</sup> Une partie de la perte du produit peut être le résultat de l'intervention d'urgence et du processus d'assainissement.

<sup>45</sup> Les wagons ont laissé échapper du produit, mais l'examen n'a pas permis de déterminer si les dommages étaient attribuables au déraillement ou aux travaux d'assainissement.

- brèches de coque (11 wagons : 8 confirmés et 3 soupçonnés);
- brèches de tête (7 wagons soupçonnés);
- ouverture des robinets de déchargement par le bas (5 wagons soupçonnés);
- brèches de trou d'homme (3 wagons : 2 confirmés et 1 soupçonné).

Fait établi : Autre

Bien que les wagons-citernes aient été exposés à un feu en nappe qui a brûlé pendant environ 19 heures, aucune rupture thermique n'a été observée.

## 1.15 **Autres déraillements de trains-blocs de wagons-citernes transportant du pétrole brut**

De 2015 à 2020, le BST a enquêté sur 4 déraillements de trains-blocs de wagons-citernes transportant du pétrole brut (dont 1 train du CP)<sup>46</sup>. Un total de 138 wagons-citernes chargés de pétrole brut ont déraillé et déversé un total combiné d'environ 6,8 millions de litres de produit.

Ces 4 accidents avaient des éléments en commun, à savoir :

- il s'agissait dans tous les cas de trains-blocs transportant du pétrole brut et exploités sur des itinéraires clés;
- ils sont tous survenus principalement en conséquence d'un entretien de la voie inadéquat et des conditions de joints ou de rail qui en ont découlé.

### 1.15.1 **Enquête R19W0320 du BST**

Moins de 2 mois avant l'événement à l'étude, un autre train-bloc transportant du pétrole brut a déraillé à seulement 5 milles à l'ouest dans la subdivision de Sutherland, ce qui a entraîné la perte d'une grande quantité de pétrole brut et un feu en nappe qui a englouti bon nombre des wagons déraillés.

Le 9 décembre 2019, vers 0 h 10 (heure normale du Centre), le train-bloc 516-398 du CP, transportant 99 wagons-citernes chargés de pétrole brut et 2 wagons chargés de sable, circulait vers l'est à 44 mi/h dans la subdivision de Sutherland lorsqu'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est produit au passage à niveau public passif du chemin Wolverine, situé au point milliaire 48,85, près de Guernsey (Saskatchewan)<sup>47</sup>.

Une inspection subséquente a permis de déterminer que 1 wagon-trémie couvert chargé de sable et 33 wagons-citernes chargés de pétrole brut avaient déraillé. Neuf des wagons-citernes étaient conformes à la norme DOT-117R et 24 étaient conformes à la norme CPC-1232. Vingt des 33 wagons-citernes ayant déraillé avaient subi des brèches et avaient

<sup>46</sup> Rapports d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R19W0320, R19W0050, R15H0021 et R15H0013 du BST.

<sup>47</sup> Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R19W0320 du BST.

déversé leur contenu. Le produit déversé s'était enflammé et le surplus de produit s'était accumulé dans une grande flaque qui a brûlé pendant environ 24 heures. Plusieurs coques et têtes de citernes ainsi que les roues et les essieux de divers wagons avaient fondu. Bien que des indices de rupture thermique aient été constatés, il n'a pas été possible de confirmer avec certitude qu'il y avait eu des ruptures thermiques, en raison de l'étendue des dommages aux wagons-citernes.

Il n'y a eu aucun blessé et aucune évacuation n'a été nécessaire. La température au moment de l'accident était de  $-19\text{ °C}$  ( $-2,2\text{ °F}$ ).

On estime qu'un total d'environ 1,76 million de litres de pétrole brut se sont déversés au sol et dans l'atmosphère, soit environ 57 % du volume total transporté dans les 33 wagons-citernes qui ont déraillé.

Le Bureau a établi ceci :

- Le déraillement s'est produit au moment où le train-bloc du CP transportant du pétrole brut traversait un écartement dans le rail sud alors qu'il circulait vers l'est dans la subdivision de Sutherland aux environs du point milliaire 48,86.
- Le champignon du rail sud était exposé après qu'une longueur indéterminée du rail s'était détachée de la voie, probablement sous un train précédent, avant l'arrivée du train à l'étude.
- Les composants de la voie (anticheminants, traverses et ballast) n'ont pas offert une résistance suffisante aux forces de traction longitudinales du rail engendrées par le temps froid, ce qui a contribué à la rupture d'un rail sous les charges de service normales au passage d'un train précédent.

## 1.16 **Recommandations récentes du National Transportation Safety Board à l'égard des wagons-citernes DOT-117J100-W**

Le 26 septembre 2023, le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis a publié un sommaire de son rapport final sur le déraillement d'un train du chemin de fer BNSF survenu le 8 janvier 2022 à Oklaunion, au Texas<sup>48</sup>. Lors de l'événement, 37 wagons-citernes DOT-117J transportant de l'éthanol dénaturé ont déraillé<sup>49</sup> alors que le train circulait à 50 mi/h. Environ 2,28 millions de litres d'éthanol dénaturé ont été rejetés par 28 des 37 wagons-citernes ayant déraillé. L'éthanol s'est enflammé et a brûlé de manière incontrôlée pendant environ 4 heures, dans un feu en nappe.

<sup>48</sup> National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis, Hazardous Materials Investigation Report HZIR-23-01, *BNSF Railway Company Derailment and Pool Fire Involving DOT-117J Tank Cars*, Oklaunion, Texas, 8 janvier 2022 (publié le 27 septembre 2023).

<sup>49</sup> L'éthanol dénaturé est de l'éthanol traité avec de l'essence pour le rendre imbuvable. L'éthanol en cause dans ce déraillement était expédié sous le numéro UN1987, Alcools, N.S.A. (éthanol, essence naturelle), classe 3, groupe d'emballage II.

Le rapport contient des conclusions<sup>50</sup> expressément liées à certaines déficiences des wagons-citernes DOT-117J qui ont été relevées au cours de l'enquête du NTSB [traduction] :

- Les joints d'étanchéité actuellement utilisés dans le matériel de service des wagons-citernes DOT-117J peuvent être constitués de matériaux vulnérables aux dommages thermiques lorsqu'ils sont exposés au feu, ce qui peut entraîner le rejet de matières dangereuses.
- L'utilisation de joints d'étanchéité ayant des températures de service et de survie plus élevées augmenterait probablement le temps de survie à l'exposition au feu du matériel de service des wagons-citernes DOT-117J affectés au transport de liquides inflammables et réduirait la gravité des rejets de matières dangereuses.
- L'élargissement en 2016 par la Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration de la réglementation existante sur les systèmes de protection thermique des wagons-citernes pressurisés aux wagons-citernes DOT-117J non pressurisés n'a probablement pas pris en compte les différences de conception entre ces types de wagons-citernes, de sorte qu'il est possible que la protection thermique d'un wagon-citerne DOT-117J certifié comme étant conforme à la réglementation soit insuffisante parce que son matériel de service n'est pas nécessairement protégé par sa couverture thermique.
- La rupture mécanique du wagon-citerne TILX 731751 entre le matériau de tête de citerne et le coussinet de longrine avant s'est produite parce que la soudure de type « window weld » entre le coussinet de longrine avant et la citerne a continué de fournir une voie de contrainte entre la tête de citerne et la longrine tronquée alors que la cale de bout de citerne est restée attachée à une partie du coussinet de longrine avant. Cela a entraîné un état de contrainte locale qui a dépassé la résistance du matériau de la tête de citerne.
- Étant donné que les soudures entre la cale de bout de citerne et le coussinet de longrine avant dépassaient leurs dimensions de conception, la résistance de la soudure de fixation de la cale de bout de citerne du wagon-citerne TILX 731751 dépassait probablement la capacité de charge du coussinet de longrine avant sous-jacent. Cela a réduit la probabilité que la soudure se rompe comme prévu lorsque soumise à des charges élevées, telles que celles qui se produisent lors d'un déraillement, et a entraîné une rupture mécanique du wagon-citerne.

Par suite de cette enquête, le NTSB a recommandé<sup>51</sup> que :

1. la Federal Railroad Administration et la Pipeline and Hazardous Materials Administration collaborent [traduction] « à l'élaboration et à la publication de

<sup>50</sup> National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis, Hazardous Materials Investigation Report HZIR-23-01, *BNSF Railway Company Derailment and Pool Fire Involving DOT-117J Tank Cars*, Oklaunion, Texas, 8 janvier 2022 (publié le 27 septembre 2023), section 3 : Conclusions, p. 27.

<sup>51</sup> Ibid., Executive Summary, p. vii.

critères et de normes de performance thermique pour les joints d'étanchéité utilisés sur les wagons-citernes transportant des liquides inflammables »;

2. la Pipeline and Hazardous Materials Administration [traduction] « révisé la spécification concernant les wagons-citernes DOT-117] pour s'assurer que ces derniers sont équipés de systèmes de protection thermique appropriés et que l'Association of American Railroads mette à jour son processus de certification pour s'assurer que les wagons-citernes sont conformes à cette spécification révisée »;
3. [traduction] « l'Association of American Railroads crée une norme d'inspection dans le *Manual of Standards and Recommended Practices* pour rejeter les soudures surdimensionnées aux points clés des châssis des wagons-citernes ».

### 1.17 Études sur la gravité des déraillements de trains transportant des marchandises dangereuses

En décembre 2019, le Conseil national de recherches Canada a publié son rapport ST-R-TR-0118 intitulé *Étude sur les facteurs qui accroissent la gravité des déraillements qui mettent en cause des marchandises dangereuses, et établissement de mesures d'atténuation*<sup>52</sup>. Cette étude a été commandée par Transports Canada (TC) en réponse à la recommandation R17-01 du BST, qui découlait du rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R15H0013. Le Bureau avait recommandé que TC mène une étude sur la gravité des déraillements, détermine des stratégies d'atténuation, y compris quant aux vitesses de trains, appropriées à divers profils de risques de trains, et modifie en conséquence le *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés*. En mars 2021, le Bureau a estimé que la réponse à la recommandation R17-01 dénotait une attention entièrement satisfaisante.

L'étude a permis de constater qu'il existe un lien complexe entre la vitesse du train, sa longueur et le mécanisme du déraillement, facteurs qui influent tous sur la gravité d'un déraillement.

Le rapport note aussi que les déraillements provoqués par une rupture de rails, de soudures de rail ou d'éclisses étaient nettement plus fréquents et comptaient un nombre plus élevé de wagons déraillés par accident à une vitesse donnée. À mesure que la vitesse augmentait, les déraillements de ces types provoquaient des accidents plus graves que ceux provoqués par d'autres causes.

À la lumière d'un examen du *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* dans le cadre de l'étude, le rapport avance que ses dispositions pourraient être améliorées pour tenir compte des processus de réparation et d'entretien de la voie des compagnies de chemin de fer au Canada. Selon les conclusions de l'étude, les articles 5.3 et 5.4 du Règlement portant

<sup>52</sup> E. Toma, A. Jahagirdar et Z. Schenk, *Étude sur les facteurs qui accroissent la gravité des déraillements qui mettent en cause des marchandises dangereuses, et établissement de mesures d'atténuation* (Conseil national de recherches du Canada [CNRC], 15 décembre 2019), à l'adresse <https://tc.canada.ca/fr/transport-ferroviaire/publications/etude-facteurs-qui-accroissent-gravite-deraillements-qui-mettent-cause-marchandises-dangereuses-etablissement-mesures-attenuation>, (dernière consultation le 27 avril 2024).



sur les éclisses devraient prévoir une procédure pour l'installation temporaire et l'inspection d'éclisses et de rails de raccord en territoire à LRS, et que la procédure devrait préciser la fréquence à laquelle l'éclisse ou le rail de raccord temporaire sera inspecté jusqu'à ce que le rail soit réparé de façon permanente. De plus, le rapport recommande que la fréquence des inspections soit liée au volume de trafic et à la présence de trains clés.

Le *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* a été modifié le 22 août 2021 pour exiger que les compagnies élaborent un plan d'entretien et d'inspection des joints de rail permanents et des joints de rail temporaires. Le plan doit indiquer la fréquence et les méthodes d'inspection, des limites de temps pour le maintien des joints de rails temporaires jusqu'à la réparation permanente, ainsi que l'exigence de conserver pendant au moins un an des dossiers sur les joints de rail temporaires.

La modification du Règlement est une mesure positive pour réduire les déraillements causés par des défaillances de joints de rail comme celles observées après l'installation du rail de raccord le 29 janvier 2020.

Fait établi : Autre

La modification du *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* pour inclure une procédure d'installation et d'inspection des éclisses et des rails de raccord constitue une mesure positive pour réduire les risques de défaillances de joints de rail.

Une étude plus récente a été menée par TC<sup>53</sup> pour évaluer la performance structurelle des wagons-citernes TC-117J dans des scénarios de déraillement, en utilisant une combinaison de simulations de déraillement, d'évaluations de la résistance à la perforation et de considérations relatives à la performance des matériaux par temps froid. Ces essais ont été effectués sur les TC-117J, ainsi que sur les variantes TC-117R.

Les simulations utilisaient comme modèles des trains-blocs de 100 wagons-citernes TC-117J circulant à différentes vitesses, allant jusqu'à 60 mi/h. Au total, 18 simulations ont été réalisées pour tenir compte des variations de la force nécessaire pour provoquer un déraillement, de l'état de la voie et de l'état du sol.

Ces simulations ont permis d'obtenir un histogramme des forces d'impact prévues et le nombre de perforations de wagons-citernes, pour chaque vitesse. Elles ont également permis de prévoir les vitesses d'impact des raccords supérieurs lors de déraillements. On a constaté que la défaillance des raccords supérieurs augmentait considérablement en fonction de la vitesse, tout comme les perforations des wagons-citernes.

L'étude a montré que les dommages structuraux subis par les wagons-citernes lors de déraillements augmentent considérablement avec la vitesse. Elle a également révélé que,

<sup>53</sup> Transports Canada, Division de la recherche scientifique sur le transport de marchandises dangereuses, TP 15544E : *Performance structurelle des wagons-citernes TC-117J et des variantes TC-117R dans des conditions de déraillement (2022)*.

quelle que soit la vitesse, les wagons-citernes TC-117] présentaient de meilleurs résultats que toutes les autres variantes de wagons-citernes dans les scénarios de déraillement.

### **1.18 Rapports de laboratoire du BST**

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

- LP011/2021 – Tank Car Examination [examen de wagons-citernes]
- LP020/2022 – Rail Examination [examen du rail]
- LP124/2023 – Fractographic Analysis of Rail Piece #23 [analyse fractographique du morceau de rail n° 23]

## 2.0 ANALYSE

Le train était conduit en conformité avec les exigences de la réglementation. Les actions de l'équipe du train ne sont pas considérées comme des facteurs contributifs au présent accident. En outre, le train a été inspecté par un inspecteur accrédité de matériel remorqué avant son départ et en route par des systèmes de détection en voie, et aucune anomalie mécanique n'a été décelée. Par conséquent, l'analyse portera sur l'infrastructure de la voie et, plus précisément, sur le rail de raccord installé le 29 janvier 2020 entre l'aiguillage est du triangle de virage et le passage à niveau du chemin Bloomfield.

Il s'agit du premier déraillement d'un nombre important de wagons-citernes de spécification DOT-117J100-W (DOT-117J) faisant l'objet d'une enquête du BST. Le wagon-citerne DOT-117J est la plus récente norme en matière de wagons-citernes pour les expéditions de pétrole brut; par conséquent, leur performance lors du déraillement fera également l'objet d'une discussion.

### 2.1 L'accident

Le 6 février 2020, vers 6 h 06, le train 516-380 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP) roulait vers l'est à environ 44 mi/h dans la subdivision de Sutherland lorsqu'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché au moment où le train franchissait l'aiguillage est du triangle de virage situé au point milliaire 43,66 et le passage à niveau situé au point milliaire 43,63. Trente-deux wagons-citernes DOT-117J ont déraillé et la voie ferrée a été détruite sur une distance d'environ 300 pieds. Vingt et un des wagons-citernes se sont immobilisés en accordéon sur une distance relativement courte. La gravité du déraillement est cohérente avec un déraillement à grande vitesse causé par une rupture catastrophique du rail.

Les dommages causés à la voie commençaient juste à l'est de l'aiguillage est du triangle de virage. Un rail de raccord d'une longueur de 39 pieds avait été installé sur ce tronçon de voie le 29 janvier 2020. À l'about ouest de ce rail de raccord, il manquait une portion de 5 pouces de la face intérieure du champignon, tandis que la face extérieure de la partie restante du champignon avait été écrasée par l'impact des roues. L'écrasement visible sur la partie restante du champignon de l'about du rail de raccord indique que le déraillement s'est produit immédiatement à l'ouest du rail de raccord.

Les wagons situés de la 28<sup>e</sup> à la 30<sup>e</sup> position présentaient des marques d'impact sur les roues du côté nord, ce qui est cohérent avec l'écrasement relevé sur l'about ouest du rail de raccord et qui laisse croire que le joint ouest du rail de raccord s'est probablement rompu sous le 28<sup>e</sup> wagon. D'après le taux de propagation du freinage d'urgence, le train s'est séparé entre le 30<sup>e</sup> et le 31<sup>e</sup> wagon, juste après qu'ils ont franchi l'aiguillage est du triangle de virage.

**Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs**

Le joint ouest d'un rail de raccord situé au point milliaire 43,66 de la subdivision de Sutherland, installé le 29 janvier 2020 (8 jours avant l'événement), s'est probablement rompu sous le 28<sup>e</sup> wagon du train 516-380 du CP, ce qui a entraîné le déraillement du train après le passage du 30<sup>e</sup> wagon.

**2.2 Installation de rails de raccord**

Le 14 janvier 2020, un rail de raccord d'une longueur de 22 pieds a été installé pour remplacer un rail rompu au point milliaire 43,66. Lors de l'installation de ce rail de raccord, les selles de rail soutenant le joint du rail ouest ont été calées pour fournir un support nivelé, ce qui indique qu'il y avait un creux dans la voie. Comme la plateforme de la voie était gelée, le creux dans la voie persisterait jusqu'à ce que la plateforme dégèle et que la voie puisse être nivelée.

Le rail de raccord installé le 14 janvier ne portait pas l'inscription « UTT » (*ultrasonic test tested*), comme l'exige la réglementation, et a donc été remplacé par un autre rail de raccord le 29 janvier 2020.

L'installation du rail de raccord le 29 janvier a été effectuée par une équipe auxiliaire hivernale composée de 1 contremaître, 1 conducteur de camion et de 2 opérateurs de machines. La tâche principale de cette équipe était le nettoyage des dispositifs d'aiguillage. Le contremaître de l'équipe satisfaisait aux exigences de son poste, il connaissait bien le *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* (le Livre rouge) du CP et il avait déjà participé plusieurs fois à la pose de rails par le passé, mais le remplacement de rails ne faisait pas partie de ses tâches courantes.

L'installation du rail de raccord s'est faite dans l'obscurité, par temps venteux et à des températures sous zéro. De plus, l'équipe savait qu'un train attendait de passer, ce qui peut créer une perception de contrainte de temps et d'une nécessité de procéder rapidement.

Aucune cale n'a été utilisée lorsque le rail de raccord de 39 pieds a été installé le 29 janvier, de sorte que le joint de rail était faiblement supporté. L'absence de cales aurait accru le déplacement vertical et les forces d'impact au niveau du joint, et pourrait avoir contribué au roulement cahoteux signalé par l'équipe de train dans le secteur du rail de raccord de 39 pieds.

**Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs**

L'installation du rail de raccord le 29 janvier 2020 a été réalisée par une équipe auxiliaire hivernale qui n'avait pas l'habitude de remplacer des rails, et elle a été effectuée dans des conditions de travail difficiles, deux facteurs qui ont probablement contribué à l'installation d'un joint de rail qui n'était pas bien soutenu.

**2.2.1 Température de contrainte nulle après l'installation du rail de raccord**

Le rail de raccord installé le 29 janvier 2020 était 1,5 pouce plus court que le rail retiré, alors que le rail existant était déjà soumis à une contrainte de traction importante,

puisqu'un écartement de 1,5 pouce s'est créé lors du retrait des boulons d'éclisse. L'installation du rail plus court a engendré un écartement réel du rail de 3 pouces, qui a fait passer la température de contrainte nulle du rail (RNT) à 125 °F, ce qui est nettement supérieur à la température idéale de pose des rails (PRLT) de 95 °F.

Une RNT aussi élevée pourrait offrir une protection importante contre le flambage en été, mais elle augmentera les contraintes longitudinales dans le rail par temps froid, ce qui accroîtra le risque de rupture de rail ou de défaillance de joint.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le rail de raccord était plus court que le rail retiré, ce qui a eu pour effet d'augmenter la RNT bien au-delà de la PRLT et d'accroître sa vulnérabilité à une rupture de rail ou à une défaillance de joint à basse température.

### 2.2.2 Dossiers d'entretien pour l'installation du rail de raccord

À la fin de son quart de travail, le contremaître a rempli un formulaire d'entretien des longs rails soudés (LRS) et l'a déposé au bureau du superviseur, où les renseignements relatifs au rail de raccord ont été transférés ultérieurement dans la base de données Digital Track Notebook (DTN). La température du rail consignée dans la base de données DTN était de 12 °F (-11 °C); la température ambiante consignée était de 23 °F (-5 °C). Compte tenu des conditions au moment de l'événement, la température du rail aurait seulement pu être supérieure à la température ambiante (effet du soleil) et non inférieure, ce qui met en évidence l'inexactitude des données.

L'enquête a révélé que le joint était sous tension lorsque les activités de maintenance ont commencé et que la longueur du rail retiré était supérieure à celle du rail installé. La base de données DTN confirme qu'un écartement de 1,5 pouce s'est créé au niveau du joint lorsque les éclisses ont été enlevées et que 1,5 pouce de rail a été coupé. Cela devrait se traduire par un écartement réel du rail de 3 pouces, et non de 1,5 pouce comme consigné dans le document. Par conséquent, la RNT estimée a été inscrite comme étant de 91 °F au lieu de 125 °F.

L'enquête n'a pas permis de déterminer si les erreurs figurant dans la base de données DTN avaient été commises sur le terrain (erreur de lecture, fonctionnement défectueux du thermomètre, formulaire d'entretien des LRS mal rempli) ou lors du transfert du formulaire relatif aux LRS vers la base de données DTN.

Le système DTN devrait normalement détecter les écarts de la RNT par rapport à la PRLT locale et alerter le personnel local de l'ingénierie pour qu'il corrige ou libère le rail et ajuste sa température de contrainte nulle. Étant donné que la RNT s'approchait de la PRLT locale (91 °F par rapport à 95 °F), l'alerte n'a pas été déclenchée; par conséquent, l'erreur de température du rail et d'écartement réel du rail n'a pas été relevée.

#### Fait établi quant aux risques

Si des erreurs dans les renseignements essentiels qui ont une incidence sur la RNT (comme la température du rail et l'écartement réel du rail au moment de l'installation) ne sont pas décelées, il y a un risque accru que des conditions menant à une rupture de rail ou à une défaillance de joint soient réunies.

### 2.3 Rupture de joint de rail

Les joints de rail boulonnés sont des discontinuités dans la structure de la voie et sont reconnus comme étant des points faibles de cette structure. Leur résistance structurale est affectée par des facteurs tels que l'état des éclisses, le serrage des boulons et la qualité du support du joint.

Un joint doit être suffisamment solide pour résister à l'effet combiné des charges verticales (les charges transmises par le passage des wagons) et longitudinales (les charges causées par les forces exercées par le train, par exemple la traction ou le freinage, et par les forces thermiques), sinon il y aura rupture du joint. Dans certains cas, des ruptures peuvent se produire sous l'effet seul des forces thermiques, en particulier à des températures extrêmes.

En l'absence d'un support de retenue adéquat assuré par le ballast, les traverses et les anticheminants, les forces longitudinales accumulées dans le rail sont transmises aux éclisses par l'intermédiaire des boulons et par le frottement entre les éclisses et le rail. Les éclisses, le rail et les boulons doivent donc être suffisamment résistants pour supporter les forces longitudinales.

La défaillance d'un joint de rail boulonné est généralement attribuable à l'une des causes suivantes :

- éclisses rompues;
- rail rompu;
- boulons cisailés.

Dans l'événement à l'étude, le joint situé à l'about ouest du rail de raccord de 39 pieds installé le 29 janvier 2020 ne reposait pas sur un support adéquat. Malgré la présence d'un creux à cet endroit, aucune cale n'avait été placée.

De plus, étant donné que le rail de raccord était retenu par une courte longueur de voie et un nombre relativement faible d'anticheminants, la force de résistance fournie par la structure de la voie était négligeable.

Lors de l'installation du rail de raccord, la découpe de 1,5 pouce du rail avait fait grimper la RNT à 125 °F. Une RNT aussi élevée est propice aux ruptures de rail et aux défaillances de joints par temps froid, même en l'absence de charge transportée. À l'appui de la présente enquête, le BST a calculé les forces thermiques longitudinales dans le rail, en tenant compte de cette valeur de RNT. Les résultats indiquent qu'à -15 °C (la température au moment de l'accident), les forces thermiques longitudinales étaient de 262 500 livres; selon les calculs,

ces forces étaient de 298 000 livres le 4 février 2020, alors que la température était de  $-24\text{ °C}$  ( $-11,2\text{ °F}$ ).

Après l'événement à l'étude, le rail d'origine n'a pas été récupéré, non plus que les éclisses ou les boulons utilisés pour fixer le rail de raccord. Par conséquent, il n'est pas possible de déterminer avec certitude quel composant du joint s'est rompu. Toutefois, à la lumière du calcul des forces thermiques, une comparaison du comportement des différents composants du joint sous l'effet de ces forces devrait suffire à mettre en évidence le composant le plus vulnérable, c'est-à-dire le plus susceptible de se rompre sous l'effet des charges verticales et longitudinales combinées. Les 3 scénarios possibles sont décrits ci-dessous.

### 2.3.1 Scénario d'éclisses rompues

La charge de traction avant la rupture d'éclisses exemptes de défaut est de 1 170 000 livres de force, soit près de 4 fois plus que les forces thermiques estimées dans le rail de l'événement à l'étude.

Pour que la défaillance du joint ait été causée par une rupture d'éclisse(s), il aurait fallu que les 2 éclisses situées à l'about ouest du rail de raccord installé le 29 janvier 2020 présentent un défaut. Bien que les éclisses n'aient pas été récupérées, le contremaître les a inspectées visuellement avant leur installation et n'a découvert aucun défaut. Même si l'inspection a été effectuée dans des conditions défavorables, il est peu probable que des éclisses rompues aient été à l'origine de la défaillance du joint dans l'événement à l'étude.

### 2.3.2 Scénario de rail rompu

La charge de traction qui aurait été nécessaire pour provoquer la rupture d'un rail de 115 livres exempt de défaut, comme le rail d'origine du côté ouest du joint, est de 1 598 900 livres de force, soit près de 6 fois plus que les forces thermiques estimées dans le rail au moment de l'événement.

Le rail d'origine avait fait l'objet de 7 inspections de détection des défauts de rail en 2019, dont la dernière avait été effectuée le 17 décembre 2019, et aucun défaut n'avait été détecté. Par conséquent, à la lumière des informations disponibles, il est peu probable que la défaillance du joint soit attribuable à un rail rompu.

### 2.3.3 Scénario de boulons cisailés de l'éclisse

La résistance d'un joint est fortement liée à l'état de ses boulons. Lorsque les boulons sont serrés, les forces longitudinales sont absorbées par la force de résistance du frottement de l'éclisse et par la force de résistance des boulons (cisaillement). Cependant, lorsque les boulons se desserrent, la force de résistance du joint liée au frottement disparaît et la solidité de l'assemblage repose exclusivement sur la résistance au cisaillement des boulons.

Il n'est pas rare que les boulons se desserrent. Les boulons nouvellement installés, même lorsqu'ils sont bien serrés, peuvent perdre de  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{3}$  de leur tension de précharge initiale au cours du premier mois suivant leur installation. Les boulons posés sur des joints qui ne sont

pas soutenus se desserreront plus rapidement. En outre, on sait que les variations de température accélèrent le desserrage des boulons des joints de rail.

Dans l'événement à l'étude, le joint situé à l'about ouest du rail de raccord n'était pas adéquatement soutenu, et des écarts de température importants ont été observés dans le secteur entre le moment de l'installation du joint et le moment de l'accident. Il est donc probable que les boulons étaient desserrés.

On a calculé que la résistance du joint était d'environ 342 000 livres de force lorsque les boulons étaient bien serrés. Si les boulons étaient desserrés, la résistance du joint serait réduite à environ 252 000 livres de force (la résistance au cisaillement des boulons uniquement). Par conséquent, avec les boulons desserrés, le joint n'aurait pas pu résister à la force thermique de 262 500 livres qui s'exerçait sur le rail le jour de l'événement.

Selon l'analyse des 3 scénarios, la cause la plus probable de la défaillance du joint est le cisaillement des boulons.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le support insuffisant du joint et les variations de température qui ont suivi l'installation du rail de raccord ont probablement entraîné le desserrage des boulons d'éclisse.

Une fois desserrés, les boulons ont probablement été cisailés et le joint s'est rompu, ce qui a permis au rail de se contracter sous l'effet des forces longitudinales et de créer un écartement dans le rail. Cet écartement a mené à l'impact de la roue du 28<sup>e</sup> wagon sur l'about du rail.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le probable cisaillement des boulons d'éclisse desserrés a entraîné la rupture du joint et la création d'un écartement dans le rail, ce qui a provoqué le déraillement du train.

## 2.4 Fissuration verticale du champignon et fissure de trou d'éclissage

L'about ouest du rail de raccord installé le 29 janvier 2020 présentait une fissure verticale du champignon qui pouvait correspondre soit à une rupture de fissure verticale du champignon près du joint (VSJ), soit à une rupture par cisaillement. Il manquait une portion de 5 pouces de la face intérieure du champignon, tandis que la face extérieure de la partie restante du champignon avait été écrasée par l'impact de roues. Ce défaut n'est pas considéré comme un facteur causal du déraillement, car l'écrasement visible sur la partie restante du champignon de l'about du rail de raccord indique que l'écartement dans le rail s'est produit au niveau du joint du rail de raccord.

La roue du côté nord du 28<sup>e</sup> wagon présentait une marque d'impact qui partait du boudin et s'étendait perpendiculairement sur la table de roulement sur environ 2¼ pouces, ce qui correspond à la largeur d'un champignon de rail de 115 livres. Par conséquent, il est probable que l'about de rail était encore intact lorsqu'il a été heurté par la roue du 28<sup>e</sup> wagon. Cette hypothèse est confirmée par l'absence de marques d'impact sur la surface de rupture de la face intérieure du rail de raccord.



Fait établi : Autre

La rupture de VSJ ou rupture par cisaillement constatée après le déraillement sur le rail de raccord installé le 29 janvier 2020 a été causée par l'impact des roues à la suite de l'apparition d'un écartement dans le rail lorsque le joint s'est rompu.

L'examen de la fissure de trou d'éclissage effectué par le laboratoire du BST n'a révélé aucun signe de fatigue et n'a pas permis de déterminer avec certitude si la rupture s'était produite avant le déraillement ou à la suite de celui-ci.

## 2.5 Inspection de rail de raccord

La section 6 du Livre rouge du CP précise les exigences relatives à la réutilisation des rails, en fonction du volume de trafic qui est passé sur le rail. Par exemple :

- Un rail sur lequel un volume de trafic d'au plus 10 millions de tonnes brutes (MTB) a circulé depuis le dernier essai par ultrasons doit porter les lettres « UTV » (pour *ultrasonic test verified*).
- Un rail sur lequel un volume de trafic supérieur à 10 MTB a circulé depuis le dernier essai par ultrasons, ou un rail qui n'a pas fait l'objet d'un essai, ne doit pas être installé avant d'avoir fait l'objet d'un essai. Une fois l'essai par ultrasons réalisé, les lettres « UTT » (pour *ultrasonic test tested*) seront inscrites sur le rail.

Le rail de raccord installé le 29 janvier 2020 portait les lettres « UTT », ce qui indiquait qu'il avait été soumis à un essai par ultrasons et qu'il n'avait ensuite accueilli aucun trafic avant d'être réinstallé. Cette mesure permet de réduire considérablement les risques que des rails défectueux soient réinstallés sur la voie.

Le CP reconnaît la valeur des contrôles fréquents des défauts de rail, en particulier pendant les mois froids d'hiver, lorsque les rails sont plus fragiles et des défauts sont plus susceptibles de se développer. Dans le cas de la subdivision de Sutherland, le CP dépassait l'exigence minimale de 3 inspections de détection des défauts de rail par année. En 2019, le CP a effectué 7 inspections des défauts de rail dans la subdivision. Cela correspond à la réalisation d'un essai tous les 3,7 MTB en moyenne.

La stratégie d'atténuation adoptée par le CP pour réduire les ruptures de rail a procuré des avantages substantiels en matière de sécurité et a entraîné une baisse constante du taux de défauts par mille<sup>54</sup>. Toutefois, les dispositions de la section 6 du Livre rouge ne sont pas conformes à cette stratégie puisqu'elles permettent l'utilisation de rails ayant accueilli jusqu'à 10 MTB depuis leur dernière inspection, c'est-à-dire des rails sur lesquels figurent les lettres « UTV ».

Dans la subdivision de Sutherland, par exemple, si un rail de raccord portant les lettres « UTV » est installé immédiatement après le passage du véhicule d'auscultation, il serait

<sup>54</sup> Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R21S0048 du BST.

alors soumis à un essai après la circulation d'un volume total de trafic de 13,7 MTB. Par conséquent, la pratique consistant à utiliser des rails portant les lettres « UTV » aura probablement pour effet d'introduire des défauts non détectés et d'augmenter les risques de rupture des rails.

#### Fait établi quant aux risques

La pratique consistant à utiliser des rails UTV augmente le risque d'installer des rails de raccord présentant des défauts non détectés, ce qui pourrait entraîner des ruptures de rail.

## 2.6 Performance des wagons-citernes

La vitesse du train, le nombre de wagons-citernes déraillés et certains des dommages constatés sur les wagons-citernes dans l'événement à l'étude sont semblables à ceux d'autres accidents majeurs de trains-blocs transportant du pétrole brut qui ont fait l'objet d'enquêtes du BST.

Ce train était désigné comme un train clé exploité sur un itinéraire clé et il roulait à 44 mi/h lorsque 32 de ses wagons-citernes DOT-117J ont déraillé, ce qui a entraîné le déversement d'environ 1 750 000 L de pétrole brut. L'examen des wagons ayant déraillé laisse croire que l'étendue des dommages subis par les wagons-citernes est probablement attribuable à la vitesse du train et au mécanisme du déraillement (c.-à-d. la rupture d'un joint de rail). Comme dans le cas d'accidents majeurs antérieurs de trains de pétrole brut qui ont fait l'objet d'une enquête du BST, le secteur du déraillement se composait de 3 zones principales, et la 2<sup>e</sup> zone était probablement influencée par le passage à niveau du chemin Bloomfield. Le passage à niveau du chemin Bloomfield a fait en sorte que les wagons déraillés se sont regroupés sur une zone relativement courte au lieu de s'étendre vers l'est; le regroupement des wagons a intensifié les dommages, car le pétrole brut provenant des wagons ayant subi une brèche a alimenté l'incendie.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La vitesse du train (44 mi/h), le mécanisme du déraillement et la présence d'un passage à niveau ont contribué au nombre de wagons ayant déraillé et à leur regroupement, ce qui a augmenté la gravité globale du déraillement.

La performance des wagons-citernes DOT-117J en cause dans le déraillement a été difficile à évaluer en raison de l'ampleur de l'incendie et des dommages dus au feu ainsi qu'aux travaux d'assainissement qui ont eu lieu après le déraillement. Bien que le nombre de wagons-citernes ayant subi une brèche ait été important, il n'a pas été possible de déterminer avec précision les zones et les mécanismes de brèche.

#### Fait établi : Autre

La performance des wagons-citernes DOT-117J en cause dans le déraillement a été difficile à évaluer en raison de l'ampleur de l'incendie et des dommages dus au feu ainsi qu'aux travaux d'assainissement qui ont eu lieu après le déraillement.

Les activités d'assainissement ont contribué à certains des dommages relevés sur les wagons-citernes. Lors des activités d'intervention d'urgence et de lutte contre les incendies,

les wagons-citernes déraillés ont été déplacés à l'aide d'équipement lourd afin d'atténuer et d'éteindre le feu.

La plupart des wagons-citernes déraillés (30 sur 32) ont perdu du produit. Neuf wagons avaient perdu la totalité de leur chargement, tandis que 11 autres wagons avaient perdu au moins la moitié de leur chargement. Tous ces wagons-citernes étaient concentrés dans l'empilement principal.

La plateforme ferroviaire, le passage à niveau du chemin Bloomfield et la route adjacente étaient légèrement surélevés, créant ainsi 2 zones de dépression entre la voie ferrée et la route où le produit déversé s'est accumulé, ce qui a aggravé la taille et l'intensité du feu en nappe.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les dépressions topographiques des lieux ont entraîné l'accumulation du produit déversé, ce qui a augmenté la taille et l'intensité du feu en nappe.

## 3.0 FAITS ÉTABLIS

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

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Le joint ouest d'un rail de raccord situé au point milliaire 43,66 de la subdivision de Sutherland, installé le 29 janvier 2020 (8 jours avant l'événement), s'est probablement rompu sous le 28<sup>e</sup> wagon du train 516-380 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique, ce qui a entraîné le déraillement du train après le passage du 30<sup>e</sup> wagon.
2. L'installation du rail de raccord le 29 janvier 2020 a été réalisée par une équipe auxiliaire hivernale qui n'avait pas l'habitude de remplacer des rails, et elle a été effectuée dans des conditions de travail difficiles, deux facteurs qui ont probablement contribué à l'installation d'un joint de rail qui n'était pas bien soutenu.
3. Le rail de raccord installé était plus court que le rail retiré, ce qui a eu pour effet d'augmenter la température de contrainte nulle du rail bien au-delà de la température idéale de pose des rails et d'accroître sa vulnérabilité à une rupture de rail ou à une défaillance de joint à basse température.
4. Le support insuffisant du joint et les variations de température qui ont suivi l'installation du rail de raccord ont probablement entraîné le desserrage des boulons d'éclisse.
5. Le probable cisaillement des boulons d'éclisse desserrés a entraîné la rupture du joint et la création d'un écartement dans le rail, ce qui a provoqué le déraillement du train.
6. La vitesse du train (44 mi/h), le mécanisme du déraillement et la présence d'un passage à niveau ont contribué au nombre de wagons ayant déraillé et à leur regroupement, ce qui a augmenté la gravité globale du déraillement.
7. Les dépressions topographiques des lieux ont entraîné l'accumulation du produit déversé, ce qui a augmenté la taille et l'intensité du feu en nappe.

### 3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si des erreurs dans les renseignements essentiels qui ont une incidence sur la température de contrainte nulle du rail (comme la température du rail et l'écartement réel du rail au moment de l'installation) ne sont pas décelées, il y a un risque accru que des conditions menant à une rupture de rail ou à une défaillance de joint soient réunies.

2. La pratique consistant à utiliser des rails vérifiés par ultrasons augmente le risque d'installer des rails de raccord présentant des défauts non détectés, ce qui pourrait entraîner des ruptures de rail.

### 3.3 Autres faits établis

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. Bien que les wagons-citernes aient été exposés à un feu en nappe qui a brûlé pendant environ 19 heures, aucune rupture thermique n'a été observée.
2. La modification du *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* pour inclure une procédure d'installation et d'inspection des éclisses et des rails de raccord constitue une mesure positive pour réduire les risques de défaillances de joints de rail.
3. La rupture de fissure verticale du champignon près du joint ou rupture par cisaillement constatée après le déraillement sur le rail de raccord installé le 29 janvier 2020 a été causée par l'impact des roues à la suite de l'apparition d'un écartement dans le rail lorsque le joint s'est rompu.
4. La performance des wagons-citernes DOT-117J en cause dans le déraillement a été difficile à évaluer en raison de l'ampleur de l'incendie et des dommages dus au feu ainsi qu'aux travaux d'assainissement qui ont eu lieu après le déraillement.

## 4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

### 4.1 Mesures de sécurité prises

Le 9 décembre 2019, moins de 2 mois avant l'accident, un autre train-bloc transportant du pétrole brut a déraillé à seulement 5 milles à l'ouest du lieu du déraillement, près de Guernsey (Saskatchewan) dans la subdivision de Sutherland, ce qui a entraîné la perte d'une grande quantité de pétrole brut et un feu en nappe qui a englouti bon nombre des wagons déraillés<sup>55</sup>.

Il y a de nombreuses similitudes entre le déraillement survenu en décembre 2019 et le déraillement à l'étude, notamment la composition des trains, leur proximité géographique, la vitesse à laquelle les trains circulaient, la longueur des trains, le nombre de wagons ayant déraillé, la quantité de produit perdu, les incendies qui se sont déclarés après le déraillement, la température ambiante à laquelle les déraillements se sont produits et la cause des déraillements (rupture de rail ou de joint de rail).

À la suite de ces 2 accidents, les divers intervenants ont pris des mesures de sécurité importantes.

#### 4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada

À la suite du présent accident et d'un grave déraillement antérieur de train-bloc transportant du pétrole brut exploité par la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP), survenu environ 5 milles à l'ouest dans la subdivision de Sutherland le 9 décembre 2019 (événement R19W0320 du BST), le BST a émis les avis de sécurité ferroviaire (ASF) 02/20 et 03/20 à Transports Canada (TC).

Les ASF soulignaient que, depuis 2015, en comptant le présent accident, le BST avait dépêché des enquêteurs sur les lieux de 7 déraillements de trains comprenant des wagons-citernes qui transportaient du pétrole brut, dont 6 ont entraîné un déversement important de produit. Un examen des 7 accidents a révélé ce qui suit :

- Les 7 déraillements sont survenus sur un itinéraire clé dont les voies étaient entretenues conformément aux normes de catégorie 3 ou 4 du *Règlement concernant la sécurité de la voie* (aussi appelé *Règlement sur la sécurité de la voie*, ou RSV).
- Les 7 déraillements sont survenus en conséquence d'une rupture de rail ou d'éclisses ou d'un autre problème touchant l'infrastructure de la voie.
- Dans 6 des 7 cas :
  - La vitesse du train se situait entre 38 et 49 mi/h.
  - De 29 à 39 wagons-citernes chargés de pétrole brut ont déraillé.
  - Au total, 8,43 millions de litres de pétrole brut ont été déversés.

<sup>55</sup> Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R19W0320 du BST.

- Les déraillements se sont produits en hiver.

#### 4.1.1.1 **Avis de sécurité ferroviaire 02/20 – Modification de la vitesse de trains clés en fonction de divers profils de risques des trains**

Dans l'ASF 02/20, le BST indiquait que la vitesse du train était l'un des principaux facteurs qui contribuent à la gravité d'un déraillement. Toutefois, d'autres facteurs entrent en ligne de compte, comme la longueur du train, le poids du train, la position du ou des premiers wagons à quitter les rails, la position des wagons dans le train et la conception des wagons-citernes. L'ASF suggérait que, pour réduire la fréquence de ces accidents et le risque auquel ils exposent le public, les biens et l'environnement, TC fasse une analyse plus poussée de la vitesse des trains clés, et la modifie au besoin, en tenant compte de divers profils de risques des trains ainsi que des autres facteurs influant sur la gravité d'un déraillement.

#### 4.1.1.2 **Avis de sécurité ferroviaire 03/20 – Normes de la voie renforcées pour les itinéraires clés**

Dans l'ASF 03/20, le BST indiquait que l'exploitation des trains avait évolué, mais que le RSV n'avait pas évolué en conséquence. Le RSV alors en vigueur datait du 25 mai 2012, soit près de 4 ans avant le *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* approuvé par TC, entré en vigueur en février 2016. Bien que le RSV établisse des normes minimales pour l'infrastructure de la voie, il ne contient aucune disposition répondant au besoin de normes de la voie renforcées pour les itinéraires clés, malgré les hausses parfois importantes des volumes de marchandises dangereuses transportées.

Afin de réduire la fréquence des accidents de trains clés sur des itinéraires clés et d'atténuer les risques connexes, il est impératif d'entretenir adéquatement l'infrastructure de la voie. Puisque les causes sous-jacentes des 7 accidents mentionnés étaient toutes liées à des défaillances de l'infrastructure de la voie, l'avis indiquait à TC que le RSV alors en vigueur ne palliait pas les risques accrus associés à l'exploitation de trains clés. Le BST suggérait que TC envisage une révision du RSV visant à y intégrer des normes de la voie renforcées pour les itinéraires clés.

### 4.1.2 **Transports Canada**

#### 4.1.2.1 **Révision du *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés***

En réponse à l'ASF 02/20 du BST, TC a pris un certain nombre d'arrêtés ministériels, dont les suivants.

##### 4.1.2.1.1 **Arrêté ministériel MO 20-05 pris en vertu de l'article 32.01 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire***

Le 1<sup>er</sup> avril 2020, TC a pris l'arrêté ministériel MO 20-05 qui, conformément aux dispositions de l'article 32.01 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, ordonnait aux compagnies de chemin de fer de compétence fédérale de mettre en œuvre des mesures de sécurité supplémentaires pour les trains clés.

L'arrêté tenait compte du fait qu'il y avait eu récemment un certain nombre de déraillements de trains transportant des marchandises dangereuses qui avaient entraîné la rupture de wagons-citernes et le déversement de marchandises dangereuses, notamment un train de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN) à Saint-Lazare (Manitoba), en 2019, et 2 trains du CP dans la subdivision de Sutherland (Saskatchewan), respectivement en 2019 et en 2020 (le déraillement à l'étude).

Il était ordonné aux compagnies de chemin de fer de compétence fédérale de mettre en application une définition supplémentaire de « train clé à risque élevé », soit une locomotive dont les wagons comprennent des wagons-citernes chargés transportant du pétrole brut ou des gaz de pétrole liquéfiés, selon la définition de la *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses*, dans un bloc continu de 20 wagons-citernes ou plus, ou dans 35 wagons-citernes ou plus répartis dans le train.

L'arrêté prévoyait également des limites de vitesse supplémentaires, des exigences relatives à la gestion des joints des longs rails soudés (LRS) et des exigences concernant l'installation d'un rail de rechange (rail de raccord).

L'arrêté MO 20-05 prenait effet immédiatement, à l'exception des exigences portant sur la gestion des joints des LRS et l'installation d'un rail de rechange (rail de raccord), dont l'entrée en vigueur était prévue le 1<sup>er</sup> septembre 2020. Il demeurait en vigueur jusqu'à ce que le ministre approuve un *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* révisé comprenant les mesures ci-dessus à titre permanent.

#### 4.1.2.1.2 Arrêté ministériel MO 20-06 pris en vertu de l'article 19 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*

Le 1<sup>er</sup> avril 2020, TC a pris l'arrêté ministériel MO 20-06 en vertu du paragraphe 19(1) de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*. Il ordonnait aux compagnies de chemin de fer de compétence fédérale de réviser le *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés*.

L'arrêté exigeait que le règlement modifié repose sur une évaluation des risques pour la sécurité et comprenne, au moins :

- de nouvelles définitions, notamment pour « train clé à risque élevé », qui doit être défini comme « une locomotive dont les wagons comprennent des wagons-citernes chargés transportant du pétrole brut ou des gaz de pétrole liquéfiés, selon la définition de la *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses*, dans un bloc continu de 20 wagons-citernes ou plus, ou dans 35 wagons-citernes ou plus répartis dans le train »;
- des limites de vitesse supplémentaires;
- des exigences relatives à la gestion des joints des LRS;
- et des exigences concernant l'installation d'un rail de rechange (rail de raccord).

L'arrêté exigeait que les compagnies de chemin de fer déposent le *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* révisé auprès du ministre des Transports, pour approbation, dans les 210 jours suivant la date de publication de l'arrêté.



#### 4.1.2.1.3 **Arrêté ministériel MO 20-10 pris en vertu de l'article 32.01 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* – arrêté MO 20-05 abrogé**

Le 6 novembre 2020, TC a pris l'arrêté ministériel MO 20-10 en vertu de l'article 32.01 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*. En conséquence de la publication de l'arrêté MO 20-10, l'arrêté ministériel MO 20-05 a été abrogé, et les compagnies de chemin de fer de compétence fédérale ont reçu l'ordre de mettre en œuvre des mesures de sécurité supplémentaires pour les trains clés :

- partie I : Limites de vitesse supplémentaires pour les trains clés en l'absence d'un plan d'atténuation des risques liés à l'exploitation hivernale;
- partie II : Exigences relatives à la gestion des joints des LRS;
- partie III : Exigences concernant l'installation d'un rail de rechange (rail de raccord);
- partie IV : Limites de vitesse pour les trains clés dans le cas où un plan d'atténuation des risques liés à l'exploitation hivernale est en place;
- partie V : Exigences concernant l'atténuation des risques liés à l'exploitation hivernale;
- partie VI : Exigences concernant la technologie de détection des ruptures de rail.

L'arrêté prenait effet immédiatement et restait en vigueur jusqu'à ce que le ministre approuve un *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* révisé comprenant les mesures ci-dessus à titre permanent.

#### 4.1.2.1.4 ***Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés révisé***

Le 22 février 2021, TC a approuvé les modifications au *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* proposées par l'industrie. La version révisée du Règlement est entrée en vigueur le 22 août 2021<sup>56</sup>. Les nouvelles exigences sont les suivantes :

- Les compagnies doivent élaborer et respecter un plan d'entretien et d'inspection des joints de rail permanents et des joints de rail temporaires en territoire à LRS.
  - Le plan d'inspection doit comprendre les délais pour le maintien des joints de rails temporaires jusqu'à la réparation permanente, ainsi que l'exigence concernant la tenue de registres précisant l'emplacement des joints de rail temporaires, de même que les dates d'installation, d'inspection et d'entretien.
- Des limites de vitesse sont établies pour les trains clés exploités dans une région métropolitaine de recensement.
- Les trains clés à risque élevé sont définis comme étant des trains clés composés de wagons-citernes chargés de pétrole brut ou de gaz de pétrole liquéfié dans un bloc continu de 20 wagons-citernes ou plus, ou de 35 wagons-citernes ou plus répartis dans le train.

<sup>56</sup> *Règlement relatif aux trains et aux itinéraires clés* (approuvé par Transports Canada le 22 février 2021), articles 3, 4 et 5, p. 3 à 11.

- Des limites de vitesse supplémentaires sont établies pour les trains clés à risque élevé, par comparaison avec les trains clés, qu'ils soient exploités à l'extérieur ou à l'intérieur d'une région métropolitaine de recensement.
- De nouvelles exigences sont instaurées en ce qui concerne les plans d'atténuation des risques liés à l'exploitation hivernale.
- Des limites de vitesse sont établies pour les trains clés à risque élevé des compagnies ferroviaires sans plans d'atténuation des risques liés à l'exploitation hivernale.
- Des exigences spécifiques sont instaurées en ce qui concerne la technologie de détection des rails brisés.
- Une compagnie doit soumettre le rail de rechange à une inspection par ultrasons et confirmer qu'il est exempt de défauts de rail avant d'être mis en service. Si l'inspection par ultrasons du rail de rechange ne peut pas être effectuée avant son installation, une compagnie doit, jusqu'à ce que le rail ait fait l'objet d'une telle inspection et qu'il soit confirmé exempt de défauts, soit : i. limiter la vitesse maximale à 10 mi/h; ou ii. imposer une limite de vitesse examinée et approuvée par un ingénieur professionnel.

#### 4.1.2.2 **Révision du Règlement concernant la sécurité de la voie**

En réponse à l'ASF 03/20 du BST, TC a pris l'arrêté ministériel MO 20-07.

##### 4.1.2.2.1 **Arrêté ministériel MO 20-07 pris en vertu de l'article 19 de la Loi sur la sécurité ferroviaire**

Le 1<sup>er</sup> avril 2020, TC a pris l'arrêté ministériel MO 20-07 qui, conformément aux dispositions du paragraphe 19(1) de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, ordonnait aux compagnies de chemin de fer de compétence fédérale de réviser le RSV.

Le règlement révisé devait être fondé sur une évaluation des risques liés à la sécurité, des causes de déraillement attribuables à la voie, de la technologie en constante évolution, des normes en vigueur de l'industrie ferroviaire et des pratiques exemplaires de l'industrie. Il devait en outre inclure, au minimum, les éléments suivants en 3 phases :

#### Phase 1

- Formation, compétence et assurance qualité
- Gestion des LRS
- Géométrie de la voie
- Gestion de l'usure des rails
- Gestion de la surface de roulement

#### Phase 2

- Fréquence d'inspection des voies
- Technologie d'inspection automatisée des voies

### Phase 3 – Structures/autres

- Exigence de traverses en béton
- Exigence d'inspection des voies de triage sur lesquelles circule du matériel voyageurs transportant des voyageurs
- Exigence d'établir des indicateurs clés de performance des voies et d'en rendre compte
- Exigence de déposer auprès de TC la version la plus récente des normes relatives à la voie de la compagnie

Les dates pour le dépôt de la version révisée du RSV auprès du ministre étaient le 1<sup>er</sup> avril 2021 (phase 1), le 1<sup>er</sup> octobre 2021 (phase 2) et le 1<sup>er</sup> avril 2022 (phase 3).

Le 31 mai 2021, TC a approuvé les éléments révisés de la phase 1 du RSV. Les nouveaux alinéas b) à f), article 9, partie 1 du RSV prévoient des exigences liées à l'assurance de la qualité pour les activités d'entretien et de réparation essentielles à la sécurité<sup>57</sup>. La liste des activités d'entretien et de réparation essentielles pour la sécurité doit être approuvée par un ingénieur. On s'attend à ce que ces exigences fassent diminuer les risques de déraillements attribuables à des activités d'entretien et de réparation non conformes aux normes et aux procédures de la compagnie de chemin de fer.

L'article IX, sous-partie D, partie II, de la version révisée du RSV exige des plans de gestion pour les LRS qui comprennent des exigences détaillées relatives à l'installation, à l'inspection et à l'entretien<sup>58</sup>.

Par ailleurs, la version révisée du RSV prévoit des exigences selon lesquelles les compagnies de chemin de fer doivent élaborer et respecter des plans de gestion de la géométrie de la voie, des plans de gestion de la surface de roulement et des plans de gestion de l'usure des rails. Les plans de gestion de la géométrie de la voie pour les itinéraires clés doivent inclure des instructions relatives à la surveillance et à la prise de mesures appropriées pour les états géométriques qui s'approchent des limites prescrites en vertu du RSV.

Au 31 mai 2023, les 3 phases sont terminées et en vigueur.

#### 4.1.2.3 **Publication des *Lignes directrices relatives à l'utilisation d'un rail qui était préalablement en service comme rail de rechange***

Le 17 novembre 2020, TC a communiqué à l'industrie les *Lignes directrices relatives à l'utilisation d'un rail qui était préalablement en service comme rail de rechange*. Celles-ci indiquent aux compagnies de chemin de fer les aspects qu'il est recommandé de prendre en considération lors de l'élaboration de procédures internes relatives à l'utilisation comme

<sup>57</sup> *Règlement concernant la sécurité de la voie* (1<sup>er</sup> février 2022, approuvé par Transports Canada le 15 décembre 2021), article 9 : Travaux d'entretien et de réparation de la voie, p. 10 à 11.

<sup>58</sup> *Ibid.*, partie II, sous-partie D, article IX : Longs rails soudés (LRS), p. 29.

rail de rechange d'un rail qui était précédemment en service. Ces lignes directrices se trouvent sur le site Web de TC<sup>59</sup>.

### 4.1.3 Canadien Pacifique

En réponse à des ruptures de rail qui se sont produites dans des subdivisions régies par le système de régulation de l'occupation de la voie, le CP a mis en œuvre son propre système de détection des discontinuités de la voie en territoire exempt de signalisation. Le système peut détecter les rails brisés et indiquer la présence de trains. Il fonctionne en envoyant un signal basse tension par les rails et s'appuie sur des technologies utilisées dans d'autres industries, comme les cellules solaires, les batteries au lithium-ion et les circuits miniaturisés de traitement des signaux. Un territoire équipé de ce système serait toujours considéré comme un territoire exempt de signalisation.

Depuis l'événement, le CP a ajouté 2 autres systèmes de vérification autonome de l'état géométrique de la voie et en élabore un autre, ce qui portera le total à 5.

Le tableau 2 ci-dessous présente un résumé des travaux de voie effectués par le CP dans la subdivision de Sutherland en 2020 :

**Tableau 2. Résumé des travaux de voie effectués par le Canadien Pacifique dans la subdivision de Sutherland en 2020 (Source : Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique)**

Travaux de voie	Unités	2020
Nouveau rail / rail de réemploi	point milliaire	19,73
Traverses remplacées	chaque	76 086
Élimination des joints	chaque	845
Branchements installés	chaque	10
Nivellement de la voie	pieds	441 651

Jusqu'en septembre 2023, il n'y a pas eu de déraillement en voie principale dans la subdivision de Sutherland du CP après que le CP a terminé les travaux de voie.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 22 mai 2024. Le rapport a été officiellement publié le 7 juin 2024.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada ([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 principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus

<sup>59</sup> Transports Canada, *Lignes directrices relatives à l'utilisation d'un rail qui était préalablement en service comme rail de rechange*, à l'adresse <https://tc.canada.ca/fr/transport-ferroviaire/lignes-directrices/lignes-directrices-relatives-utilisation-rail-qui-etait-prealablement-service-comme-rail-rechange> (dernière consultation le 27 avril 2024).

sécuritaire. 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 – Calcul de la résistance des joints de rail et des contraintes thermiques du rail

#### Résistance du rail

Un nouveau rail de 115 livres exempt de défaut a une section transversale de 11,22 po<sup>2</sup>. Sa résistance à la traction est de 142 500 lb/po<sup>2</sup><sup>60</sup>, et sa charge de traction correspondante avant rupture est d'environ 1 598 900 livres de force.

#### Résistance des éclisses

De nouvelles éclisses exemptes de défaut ont une surface brute de 10,7 po<sup>2</sup> ou une surface nette de 9,36 po<sup>2</sup> lorsqu'elles sont utilisées avec des boulons de 1 pouce de diamètre. Leur résistance à la traction est de 125 000 lb/po<sup>2</sup><sup>61</sup>, et la charge de traction correspondante avant rupture est de 1 170 000 livres de force.

#### Résistance de l'assemblage d'un joint

La force de résistance de l'assemblage d'un joint est la somme des forces de retenue des anticheminants, du cisaillement latéral dans les boulons et du frottement entre les surfaces des éclisses et du rail.

$$F_{\text{résistance}} = F_{\text{anticheminants}} + F_{\text{boulons}} + F_{\text{frottement}}$$

La force de retenue des anticheminants  $F_{\text{anticheminants}}$  était négligeable<sup>62</sup> dans l'événement à l'étude, compte tenu du nombre d'anticheminants sur la longueur du rail de raccord et de leur force de serrage réduite (réutilisés à plusieurs reprises).

Les boulons standards utilisés avec les éclisses pour les rails de 115 livres ont un diamètre de 1 pouce et sont fabriqués en acier de grade 5. Ils ont une résistance minimale à la traction de 72 700 livres de force<sup>63</sup> et une résistance minimale au cisaillement de 42 000 livres de force (critère de von Mises : 0,578 de la résistance à la traction). Les boulons en cause dans le présent événement étaient en double cisaillement; par conséquent, ils pouvaient résister à une force de cisaillement de 84 000 livres chacun (2 x 42 000 livres de force chacun). La résistance maximale au cisaillement des 3 boulons (côté ouest des éclisses) était de  $F_{\text{boulons}} = 252 000$  livres de force.

<sup>60</sup> American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA), *Manual for Railway Engineering* (2014), volume 1, chapitre 4, partie 2, tableau 4-2-1-4-2c : Tensile Properties Table for Low Alloy Rail Steel.

<sup>61</sup> Ibid., partie 3, section 3.2, figure 4-3-2 : Joint bar assembly for 115 and 119 RE rail.

<sup>62</sup> La force de retenue des anticheminants a son importance, mais la retenue du rail dépend aussi de la condition du système (traverses, ballast, longueur du rail en cause). L'estimation de la capacité de retenue du système est couramment de 600 livres par pied de rail retenu (A. Kerr, *Fundamentals of Railway Engineering*).

<sup>63</sup> AREMA, *Manual for Railway Engineering* (2014), volume 1, chapitre 4, partie 3, section 3.5, tableau 4-3-7 : Proof Load and Tensile Strength Requirements.

La force de frottement est la résistance au frottement à l'interface entre les éclisses et le rail. Ce frottement est présent lorsque les boulons sont bien serrés (le transfert des forces longitudinales du rail vers les éclisses doit surmonter l'effet de la force de serrage fournie par les boulons).

S'il était serré, chaque boulon du joint de l'événement à l'étude exercerait une force de serrage de 20 000 à 30 000 livres sur les éclisses (force de précharge). Par conséquent, la force de serrage appliquée sur un côté du joint totaliserait 90 000 livres (3 x 30 000 livres). Dans des conditions normales, cette force de serrage diminue rapidement après l'installation (perte de 5000 livres à 10 000 livres de force au cours du premier mois<sup>64</sup>), mais si le joint est mal soutenu, les boulons se desserreraient plus rapidement et la force peut disparaître entièrement.

La force de frottement dépend du coefficient de frottement statique entre les rails et les éclisses (acier sur acier), qui varie de 0,4 à 0,6, ou une valeur moyenne de 0,5. Par conséquent,  $F_{\text{frottement}} = 90\,000$  livres de force ( $2 \times 90\,000 \times 0,5$ ).

Dès que les boulons se desserrent, le frottement disparaît et la totalité des forces thermiques est absorbée uniquement par les boulons.

Par conséquent, la force de résistance pour le joint ouest du rail de raccord installé le 29 janvier 2020 correspond à ce qui suit :

- Si les boulons étaient bien serrés :  $F_{\text{résistance}} = F_{\text{frottement}} + F_{\text{boulons}} = 342\,000$  livres de force
- Si les boulons étaient desserrés :  $F_{\text{résistance}} = F_{\text{boulons}} = 252\,000$  livres de force

### Forces thermiques

Les forces thermiques dans un rail sont exprimées en livres de force et obtenues par l'équation suivante :

$$F_{\text{thermique}} = \sigma \times A$$

où

$\sigma$  est la contrainte causée par les changements de température

$A$  est la surface du rail (pour un rail de 115 livres,  $A = 11,22$  po<sup>2</sup>)

La contrainte causée par les changements de température est donnée par l'équation suivante :

$$\sigma = \alpha \times E \times \Delta T$$

où

$\sigma$  est la contrainte, en lb/po<sup>2</sup>,

<sup>64</sup> Ibid., chapitre 5, partie 5, section 5.5 : Track Bolt Tension Practice.

$\alpha$  est le coefficient de dilatation thermique ( $\alpha = 6,5 \times 10^{-6} \text{po}/\text{po } ^\circ\text{F}$ )<sup>65</sup>,

$E$  est le module d'élasticité ( $E=30 \times 10^6 \text{ lb}/\text{po}^2$ )<sup>66</sup>,

$\Delta T$  est le changement de température ( $\Delta T=^\circ\text{F}$ ).

**Pour une température de contrainte nulle du rail de 80 °F (rail de raccord de 22 pieds installé le 14 janvier) :**

À  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $5 \text{ }^\circ\text{F}$ ) — la température au moment de l'accident :

- $\Delta T = 75$ ,
- $\sigma = 14\,625 \text{ lb}/\text{po}^2$ ,
- $F_{\text{thermique}} \approx 164\,100$  livres de force

À  $-24 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $-11,2 \text{ }^\circ\text{F}$ ) — la température le 4 février :

- $\Delta T = 91,2$ ,
- $\sigma = 17\,780 \text{ lb}/\text{po}^2$ ,
- $F_{\text{thermique}} \approx 199\,500$  livres de force

**Pour une température de contrainte nulle du rail de 125 °F (rail de raccord de 39 pieds installé le 29 janvier) :**

À  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $5 \text{ }^\circ\text{F}$ ) — la température au moment de l'accident :

- $\Delta T = 120$
- $\sigma = 23\,400 \text{ lb}/\text{po}^2$ ,
- $F_{\text{thermique}} \approx 262\,500$  livres de force

À  $-24 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $-11,2 \text{ }^\circ\text{F}$ ) — la température le 4 février :

- $\Delta T = 136,2$ ,
- $\sigma = 26\,560 \text{ lb}/\text{po}^2$ ,
- $F_{\text{thermique}} \approx 298\,000$  livres de force

## Conclusions

La force de résistance de l'assemblage et la résistance des éclisses doivent être supérieures à la force thermique dans le rail afin d'éviter une défaillance du joint :

$$F_{\text{résistance}} \geq F_{\text{thermique}}$$

Dans le cas du rail de raccord de 22 pieds installé le 14 janvier 2020, la résistance du joint aurait été suffisante pour surmonter la force thermique, même si les boulons avaient été desserrés.

<sup>65</sup> Chemin de fer Canadien Pacifique, *Livre rouge des exigences relatives à la voie et aux ouvrages* (révision 28 octobre 2019), annexe 2 – Dilatation des rails en fonction des variations de température.

<sup>66</sup> W. W. Hay, *Railroad Engineering*, seconde édition (John Wiley & Sons, 1982), chapitre 24, p. 485.



Dans le cas du rail de raccord de 39 pieds installé le 29 janvier 2020, la résistance du joint était suffisante avec les boulons bien serrés, mais insuffisante avec les boulons desserrés.

## **Annexe B – Éléments et accessoires des wagons-citernes DOT-117J100-W**

Les wagons-citernes DOT-117J100-W (DOT-117J) sont des wagons-citernes non pressurisés, chemisés et dotés d'un matériau isolant assurant une protection thermique. Ils sont conçus avec divers éléments et accessoires pour le chargement et le déchargement ainsi que pour la protection contre les déversements de produit en cas de déraillement, y compris une protection des raccords supérieurs, des boucliers protecteurs complets et des poignées de robinet de déchargement par le bas débrayables.

### **Chemise**

Les chemises des wagons-citernes DOT-117J recouvrent la coque, les têtes et le matériau isolant des citernes. Elles ont une épaisseur de  $\frac{1}{8}$  pouce et sont faites d'acier conforme à la spécification 1011 de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) (ou l'équivalent).

### **Protection thermique**

Entre la chemise extérieure et la coque intérieure de la citerne se trouve un matériau isolant qui assure une protection thermique. Cette protection doit pouvoir résister à un feu en nappe pendant 100 minutes et à des projections de flammes directes (feu de torche) pendant 30 minutes, sans perdre de chargement autrement que par le dispositif de décharge de pression.

### **Coque**

La coque des wagons-citernes DOT-117J est faite d'acier normalisé<sup>67</sup> de nuance B conforme à la norme TC128, d'une épaisseur minimale de  $\frac{9}{16}$  pouce. L'utilisation d'acier normalisé améliore la ductilité et la ténacité du matériau, assurant aux wagons-citernes une meilleure résistance à la rupture.

### **Enceinte protectrice pour les raccords supérieurs**

Les wagons-citernes DOT-117J sont munis d'une enceinte protectrice qui renferme le matériel de service sur la coque supérieure (robinets, accessoires) et le dispositif de décharge de pression pour assurer une protection contre les renversements et les charges horizontales accidentelles. Cette enceinte protectrice est fixée au wagon par des goujons filetés.

### **Boucliers protecteurs**

Les boucliers protecteurs protègent la tête du wagon-citerne des perforations. Ils sont fabriqués en acier de construction de  $\frac{1}{2}$  pouce d'épaisseur. Les boucliers protecteurs

---

<sup>67</sup> Le processus de normalisation consiste à chauffer l'acier de nouveau au-delà de la température critique pour former de l'austénite, puis le refroidir à l'air dans la phase de transformation. L'acier normalisé a une structure à grains fins, une meilleure résistance aux ruptures fragiles et une température inférieure de transition ductile-fragile.

complets recouvrent toute la tête de la citerne et sont exigés pour les wagons-citernes DOT 117-J.

### **Protection en cas de glissement**

Les wagons-citernes DOT-117J sont également munis d'une protection en cas de glissement pour protéger les accessoires du bas qui dépassent la coque, comme les robinets de déchargement par le bas. Les poignées de robinet de déchargement par le bas, à moins qu'elles ne soient rangées séparément, sont conçues pour plier, se détacher ou être protégées en cas d'impact, sans que le robinet s'ouvre.

**Annexe C – Brèches des wagons-citernes**

Position du wagon dans le train à partir de la tête du train	Marque du propriétaire	Type de brèche
31	CBTX 721359	Robinet de vidange par le bas*
32	CBTX 721341	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression
33	CBTX 721334	Pas de brèche
34	CBTX 721340	Coque
35	CBTX 721249	Coque, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression
36	CBTX 721360	Défaillance du confinement, emplacement de brèche non confirmé
37	CBTX 721344	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*
38	CBTX 721354	Défaillance du confinement, emplacement de brèche non confirmé
39	CBTX 721337	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression
40	CBTX 721363	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression
41	CBTX 721291	Défaillance du confinement, emplacement de brèche non confirmé
42	CBTX 721267	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*
43	CBTX 721367	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression, trou d'homme
44	CBTX 721281	Tête*, coque*, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression
45	CBTX 721221	Tête*, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*
46	CBTX 721232	Défaillance du confinement, emplacement de brèche non confirmé
47	CBTX 721187	Coque*, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*, robinet de vidange par le bas*
48	CBTX 721212	Tête*, coque*, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression, trou d'homme*
49	CBTX 721206	Coque*, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*
50	CBTX 721286	Coque*, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*
51	CBTX 721253	Robinet de vidange par le bas*
52	CBTX 721222	Tête*, coque
53	CBTX 721196	Tête*, coque
54	CBTX 721209	Raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression*
55	CBTX 721201	Coque, raccords supérieurs et dispositifs de décharge de pression
56	CBTX 721190	Robinet de vidange par le bas*
57	CBTX 721185	Trou d'homme, robinet de vidange par le bas*
58	CBTX 721208	Tête*, coque
59	CBTX 721308	Défaillance du confinement, emplacement de brèche non confirmé
60	CBTX 721298	Tête*
61	CBTX 721296	Défaillance du confinement, emplacement de brèche non confirmé

\* Emplacement de brèche probable.