



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R19C0002

COLLISION ET DÉRAILLEMENT EN VOIE NON PRINCIPALE

Chemin de fer Canadien Pacifique
Manœuvre de triage CW11-06
Gare de triage Alyth
Calgary (Alberta)
6 janvier 2019

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.

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 R19C0002* (publié le 9 juillet 2021).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741; 1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@tsb.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2021

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R19C0002

N° de cat. TU3-11/19-0002F-PDF

ISBN 978-0-660-39377-3

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

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	1
1.1 L'événement	1
1.2 Séquence des événements	3
1.3 Examen des lieux	4
1.4 Intervention d'urgence	5
1.5 Renseignements sur le triage Alyth C	6
1.6 Manœuvres de poussage libre au triage Alyth C	8
1.7 Opérations à l'aide du système de télécommande de locomotive	10
1.8 Ensemble d'attelage	11
1.9 Inspection des mâchoires des wagons de marchandises	12
1.10 Historique des réparations du wagon CP 429137	13
1.11 Examen en laboratoire de la mâchoire rompue	13
1.12 Attelages et pièces expérimentaux	16
1.13 Force de traction exercée sur l'attelage et la mâchoire	17
1.14 Simulation de la dynamique du mouvement non contrôlé	18
1.15 Autres événements survenus au triage Alyth C entre le début de son exploitation le 22 décembre 2018 et le 6 janvier 2019	19
1.16 Évaluation du risque	20
1.17 Statistiques du BST sur les événements de mouvements imprévus ou non contrôlés	21
1.18 Mesures de sécurité prises par le Bureau à l'égard des mouvements non contrôlés	23
1.18.1 Liste de surveillance du BST	25
1.19 Marques de wagon sur le wagon-citerne SRIX 33958	26
1.20 Rapports de laboratoire du BST	26
2.0 Analyse	27
2.1 L'accident	27
2.1.1 Le mouvement non contrôlé	27
2.1.2 Rupture de la mâchoire d'attelage du wagon CP 429137	28
2.2 Exigences relatives à l'inspection des mâchoires d'attelage	28
2.3 Évaluation des risques	29
2.5 Marques de wagon sur le wagon-citerne SRIX 33958	31
3.0 Faits établis	32
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	32
3.2 Faits établis quant aux risques	32
3.3 Autres faits établis	33
4.0 Mesures de sécurité	34
4.1 Mesures de sécurité prises	34
4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada	34
4.1.2 Chemin de fer Canadien Pacifique	34
4.1.3 Transports Canada	35

Annexes..... 37

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R19C0002

COLLISION ET DÉRAILLEMENT EN VOIE NON PRINCIPALE

Chemin de fer Canadien Pacifique
Manœuvre de triage CW11-06
Gare de triage Alyth
Calgary (Alberta)
6 janvier 2019

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 ii.

Résumé

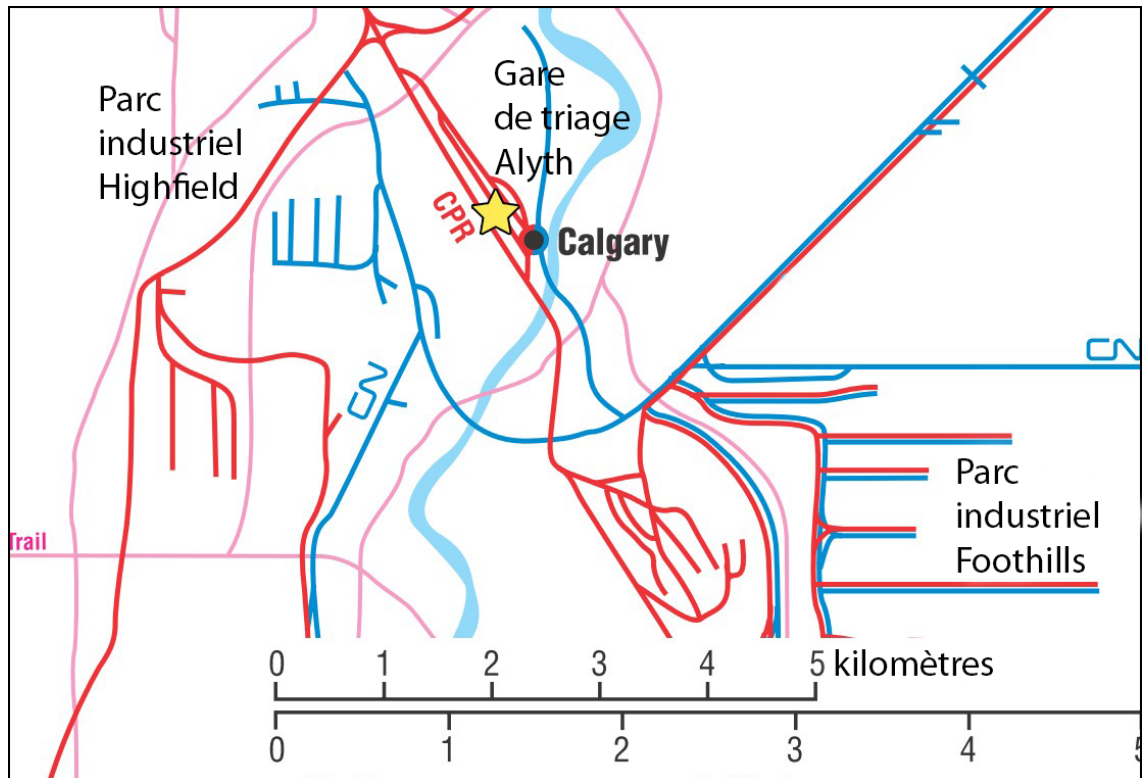
Le 6 janvier 2019, vers 6 h 55, heure normale des Rocheuses, l'équipe de la manœuvre de triage CW11-06 du Chemin de fer Canadien Pacifique déplaçait des wagons vers l'est sur les voies de classement de la gare de triage Alyth C à Calgary (Alberta), lorsque 56 wagons se sont séparés du mouvement et ont roulé de manière non contrôlée sur la voie d'accès jusque sur la voie d'urgence désignée, puis sont entrés en contact avec une rame immobile de wagons-trémies chargés. La collision a entraîné le déraillement d'un total de 22 wagons. Aucune blessure n'a été signalée. Une petite quantité de granulés d'engrais s'est renversée et a été récupérée par la suite. Le produit n'était pas assujéti à la réglementation en vigueur et ne représentait aucune menace pour l'environnement.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 L'événement

Le 6 janvier 2019, vers 6 h 55¹, la manœuvre de triage CW11-06 du Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) effectuait du poussage libre de wagons² vers l'est dans la gare de triage Alyth (triage C)³ du CP à Calgary (Alberta) (figure 1).

Figure 1. Carte montrant l'emplacement de la gare de triage Alyth à Calgary (Alberta) (Source : Association des chemins de fer du Canada, Atlas du rail canadien, avec annotations du BST)



La manœuvre, composée de 2 locomotives et 82 wagons (56 wagons chargés et 26 wagons vides), pesait 7560 tonnes et était d'une longueur de 4974 pieds. Les locomotives, CP 4440 et CP 4526, étaient des locomotives General Motors EMD GP38-2 à 4 essieux, d'une

- ¹ Toutes les heures sont exprimées en heure normale des Rocheuses.
- ² Une manœuvre de poussage libre signifie libérer un wagon (ou des wagons) sur une voie en le (les) laissant rouler sur son (leur) élan.
- ³ Une gare de triage est une installation ferroviaire constituée d'une série de voies utilisées pour trier les wagons. Les wagons sont placés sur des voies désignées en fonction de critères de triage, comme la destination, le produit transporté ou le train particulier.

puissance de 2000 chevaux. Les wagons étaient manœuvrés sans que les freins à air soient alimentés⁴.

L'équipe de la manœuvre était composée de 2 chefs de train. Le chef de train qui se trouvait à la zone de dételage⁵ (contremaître) commandait le système de télécommande de locomotive (STL) et actionnait les leviers de dételage pour séparer les wagons. Le chef de train qui se trouvait dans la salle de commande des aiguillages (l'aide de triage) actionnait à distance les aiguillages une fois les wagons séparés. Les 2 membres de l'équipe répondaient aux exigences de leurs postes respectifs et satisfaisaient aux exigences en matière de repos et de condition physique.

Le contremaître possédait 32 ans d'expérience professionnelle en matière de manœuvres de triage et était formé et qualifié pour l'exploitation du STL depuis août 2015. Avant son quart de travail ce jour-là, il avait joué le rôle de contremaître (à la zone de dételage) 7 fois et le rôle d'aide de triage 3 fois.

L'aide de triage avait reçu une formation en cours d'emploi et, dans le cadre de cette formation, un manuel comprenant des instructions sur la façon de faire fonctionner les aiguillages électriques. Comme c'était la première fois qu'il travaillait dans la salle de commande des aiguillages, il est arrivé 45 minutes avant son quart pour se familiariser avec les exigences du poste. Pendant son quart, il était surveillé par un coordonnateur de trains adjoint qui se trouvait également dans la salle de commande des aiguillages. L'aide de triage était qualifié pour l'exploitation du STL depuis septembre 2015.

Avant l'événement, l'équipe avait effectué 4 mouvements distincts pour aiguiller des wagons vers diverses voies. Le dernier mouvement avant l'événement consistait à effectuer le poussage libre de 3 wagons-citernes vides (TIMX 19202, TILX 135677 et TIMX 19214) sur la voie CT-07. À ce stade, le nombre de wagons de la rame à manœuvrer avait été réduit pour passer de 82 à 75.

Le mouvement suivant (le mouvement à l'étude) consistait à effectuer le poussage libre d'un seul wagon vide (SRIX 33958) sur la voie CT-21. Au moment où le wagon a été libéré, le contremaître a réglé le STL en position d'arrêt, comme l'exige la manœuvre. Cette mise à l'arrêt a déclenché les freins de la locomotive, ce qui a porté la tête du mouvement à un arrêt, tandis que le jeu entre les wagons a augmenté de façon séquentielle vers un état de contrainte appelé « traction ». Par la suite, le contremaître a constaté que plusieurs wagons qui auraient dû s'arrêter étaient toujours en mouvement. Lorsqu'il a compris que ces wagons partaient à la dérive, il a immédiatement lancé un message radio d'urgence et informé l'aide de triage qu'il y avait un mouvement non contrôlé.

⁴ L'aiguillage effectué dans les limites du triage est normalement effectué sans que les freins à air des wagons soient alimentés et raccordés. Dans de tels cas, les locomotives sont employées en tant que source unique de freinage. Les wagons sont ainsi déplacés sans application des freins à air.

⁵ La zone de dételage est une surface de gravier compacté sur le côté sud de la voie de refoulement où le contremaître peut marcher le long des wagons en mouvement pour débrancher les attelages.

L'aide de triage a orienté l'aiguillage vers la voie CT-01, soit la voie d'urgence désignée. Les 3 wagons-citernes du mouvement précédent et la rame de wagons à la dérive sont entrés dans la voie CT-01, où ils ont heurté 14 wagons-trémies chargés immobiles à environ 440 pieds à l'est du point de dégagement ouest.

Le mouvement non contrôlé consistait en 56 wagons, y compris le wagon vide qui était destiné à la voie CT-21, mais ne s'était pas séparé des wagons suivants. Sur ces 56 wagons, 40 étaient chargés et 16 étaient vides. Le mouvement non contrôlé pesait 5660 tonnes et mesurait 4130 pieds. Après que les 56 wagons eurent rattrapé les 3 wagons-citernes vides du mouvement précédent, le mouvement non contrôlé pesait 5751 tonnes et mesurait 4310 pieds. Il avait atteint une vitesse estimée de 13,5 mi/h au moment de la collision⁶.

1.2 Séquence des événements

Le tableau 1 résume la séquence des événements. Ce résumé est fondé sur diverses sources d'information, dont les enregistrements vidéo des caméras au triage Alyth et les données du consignateur d'événements de locomotive (CEL) des locomotives en cause dans l'événement à l'étude.

Les membres de l'équipe se sont présentés au travail vers 6 h 30. Une séance d'information sur les travaux a été organisée avec le coordonnateur de trains adjoint à 6 h 40. Lors de cette séance, la discussion a porté sur une procédure révisée sur les voies d'urgence et il a été établi que les voies CT-01 et CT-19 seraient les voies d'urgence désignées.

Tableau 1. Séquence des événements

Heure	Activité
6 h 42 min 58 s	Deux wagons chargés de céréales (DME 52206 et SOO 118464) ont été poussés sur la voie CT-08.
6 h 47 min 16 s	Le wagon vide PROX 34422 a été poussé sur la voie CT-06.
6 h 50 min 51 s	Le wagon vide TILX 305980 a été poussé sur la voie CT-13.
6 h 54 min 19 s	Trois wagons-citernes vides (TIMX 19202, TILX 135677 et TIMX 19214), d'un poids d'environ 91 tonnes, ont été poussés vers la voie CT-07.
6 h 55 min	L'équipe a amorcé le mouvement suivant, qui consistait à effectuer le poussage libre d'un wagon vide SRIX 33958 sur la voie CT-21. Après avoir réglé le STL à la position d'arrêt dans le cadre de cette manœuvre, le contremaître a remarqué que plusieurs autres wagons étaient encore en mouvement.
6 h 56 min 46 s	Le contremaître, reconnaissant qu'il y avait un mouvement non contrôlé, a lancé un message radio d'urgence, puis il a indiqué à l'aide de triage qu'il y avait un mouvement non contrôlé.
6 h 56 min 48 s	L'aide de triage a orienté l'aiguillage vers la voie d'urgence désignée (CT-01).

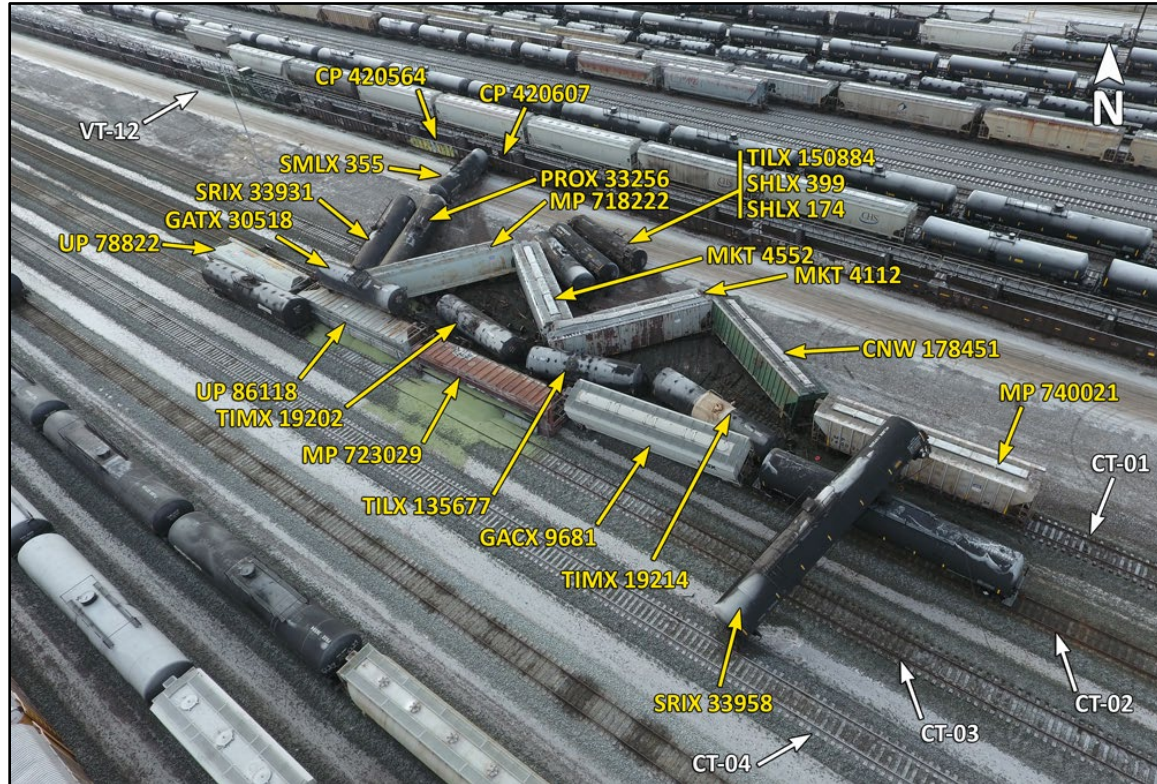
⁶ L'analyse dynamique du mouvement non contrôlé effectuée par le BST a permis d'estimer que le mouvement atteignait des vitesses comprises entre 13,6 et 14,1 mi/h entre les points de dégagement ouest et est de la voie CT-01. La vitesse d'impact estimée à 13,5 mi/h est fondée sur l'emplacement du point d'impact entre les points de dégagement, à environ 440 pieds à l'est du point de dégagement ouest.

Heure	Activité
6 h 56 min 53 s	Le mouvement non contrôlé est entré dans la voie CT-01. Le wagon SRIX 33958 ne s'était pas séparé du mouvement. Le mouvement non contrôlé avait rattrapé le mouvement précédent de 3 wagons-citernes vides qui avaient été poussés vers la voie CT-07.
6 h 57 min 25 s	Le mouvement non contrôlé et les 3 wagons du mouvement précédent sont entrés en collision avec les 14 wagons-trémies chargés qui étaient immobiles sur la voie CT-01.

1.3 Examen des lieux

La collision a entraîné le déraillement de 22 wagons (figure 2). De ce nombre, 20 ont déraillé sur les voies CT-01, CT-02 et CT-03, dont 13 des 14 wagons-trémies qui ont été heurtés par le mouvement non contrôlé (le premier wagon heurté, LAFX 40177, a été endommagé, mais il n'a pas déraillé). L'espacement entre ces 3 voies de triage était standard. Les 2 autres wagons avaient déraillé sur une voie adjacente (voie VT-12), également utilisée pour la réparation mobile des wagons, lorsqu'ils ont été heurtés par le wagon-citerne SMLX 355, qui avait déraillé en diagonale de la route d'accès du triage, à environ 25 pieds de la voie. La voie VT-12 n'était pas utilisée pour des réparations mobiles au moment de l'événement.

Figure 2. Photo du lieu du déraillement avec wagons déraillés identifiés (Source : CP, avec annotations du BST)



Vingt-deux wagons ont déraillé : 2 wagons plats vides, 8 wagons-trémies couverts chargés d'engrais (non réglementé), 1 wagon-trémie couvert contenant des résidus de nitrate

d'ammonium (UN 1942) et 11 wagons-citernes contenant des résidus; pour 4 d'entre eux, d'ammoniac anhydre (UN 1005) et, pour 7 d'entre eux, du soufre fondu (UN 2444). Dix-huit wagons ont par la suite été mis au rebut, tandis que 4 autres ont été réparés et remis en service.

Aucun des wagons-citernes contenant des résidus de marchandises dangereuses n'a rejeté de produit. Quatre wagons-trémies couverts chargés d'engrais ont rejeté des quantités variables de produit.

La séparation entre la rame de 56 wagons à la dérive et le reste de la manœuvre s'était produite entre le 19^e wagon (AOKX 90294) et le 20^e wagon (CP 429137). L'examen préliminaire a révélé qu'une mâchoire d'attelage (mâchoire) s'était rompue au bout B du wagon CP 429137. La mâchoire rompue a été envoyée au Laboratoire d'ingénierie du BST pour faire l'objet d'un examen métallurgique.

1.4 Intervention d'urgence

Immédiatement après l'événement, le personnel de supervision a été avisé et l'intervention d'urgence a été amorcée. À 8 h, le personnel et l'équipement d'intervention d'urgence sont arrivés sur les lieux.

Les organismes d'intervention comprenaient le CP (représentants de la compagnie, personnel du service mécanique, techniciens des matières dangereuses et services de police), l'entrepreneur spécialisé en intervention en présence de matières dangereuses Iron Horse Response, GHD⁷ et le Service d'incendie de Calgary (Calgary Fire Department, CFD). Le système de commandement en cas d'incident a été mis en œuvre avec le CFD comme organisme responsable.

Le personnel d'intervention d'urgence a pris les mesures suivantes :

- Il a installé une remorque poste de commandement en cas d'incident comme base des opérations.
- Il a effectué une analyse de la situation, y compris l'évaluation préliminaire des dommages et la préparation d'un schéma des lieux pour indiquer tous les wagons en cause et leur contenu.
- Il a établi un périmètre de sécurité pour s'assurer que personne n'entre dans la zone d'intervention sans autorisation.
- Il a identifié toutes les marchandises dangereuses en cause dans l'événement et a rendu disponibles des fiches de données de sécurité.
- Il a tenu des réunions pour s'assurer que tout le personnel sur place était au courant de toute question concernant la sécurité.

⁷ GHD est une société de services professionnels qui fournit des services techniques, architecturaux, environnementaux et de construction.

- Il a utilisé des drones pour déterminer s'il y avait une fuite de produit et s'il y avait d'autres dangers.

À 10 h 30, tous les organismes présents ont participé à la première séance d'information sur la sécurité pour décrire les dangers existants et élaborer un plan d'action en réponse à l'incident. Il a été déterminé que le danger prioritaire était le point de contact entre le bouclier protecteur du bout A d'un wagon contenant des résidus d'ammoniac anhydre (SRIX 33958) et la mâchoire d'un autre wagon (SRIX 33931). Les équipes d'évaluation ont accédé aux lieux avec l'assistance d'une autopompe du CFD (présente pour produire des rideaux d'eau en cas d'urgence, le cas échéant). Les dommages ont été jugés non critiques et la mâchoire a été séparée du bouclier protecteur.

Une fois que le CFD a été convaincu qu'il était sécuritaire d'assainir les lieux, le processus de nettoyage a commencé. Le contrôle des lieux a été transféré au CP, mais le CFD est resté sur place. Dans le cadre du nettoyage, le CP a fourni une remorque de lutte contre les incendies sur place pour éteindre tout incendie qui se déclarerait, et de l'équipement lourd a été amené sur place.

Tout au long de la journée, les wagons ont été lentement retirés des lieux et mis à l'écart pour être enlevés plus tard lorsque les ressources voulues seraient disponibles. D'autres inspections et évaluations des dommages ont été effectuées sur les wagons contenant des résidus d'ammoniac. L'engrais qui s'était déversé pendant le déraillement a été nettoyé à l'aide de camions aspirateurs.

Tous les wagons ont été systématiquement retirés des lieux. L'intervention d'urgence a pris fin à 1 h 40 le 7 janvier 2019.

1.5 Renseignements sur le triage Alyth C

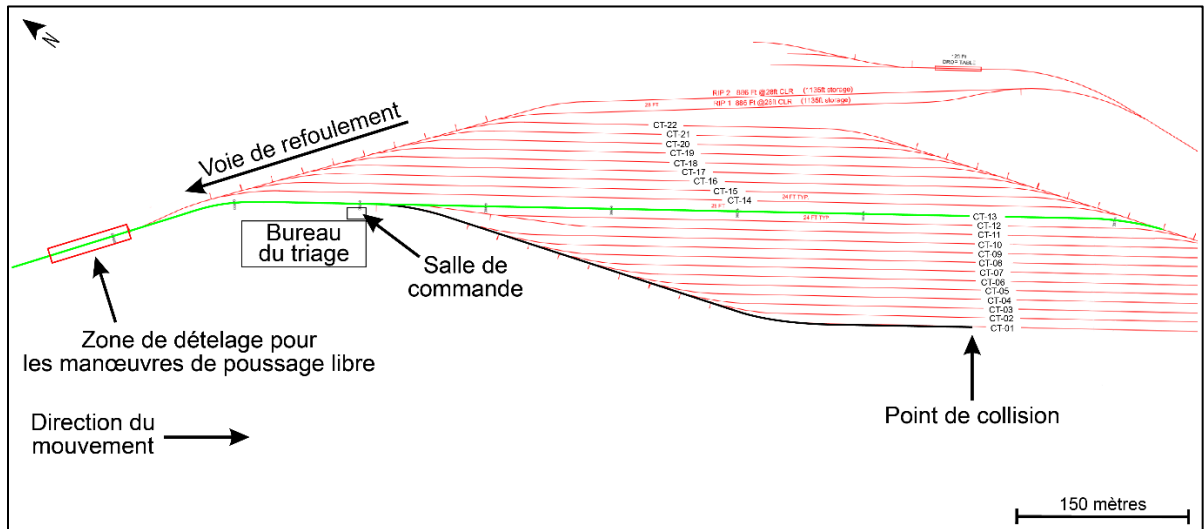
Le triage Alyth C, qui avait déjà été utilisé comme triage à butte⁸, a été mis hors service en 2013, puis il a été rouvert le 22 décembre 2018 comme triage en palier⁹ (figure 3). Tant dans les triages à butte que dans les triages en palier, les wagons sont triés vers des voies précises, ou « classés », en fonction des désignations données à diverses voies. Par exemple, une voie peut être désignée pour les wagons à destination d'une ville donnée ou pour les wagons devant être tirés par un train donné.

⁸ Un triage à butte est composé d'une colline ou « butte » construite à l'une des extrémités du triage. Les wagons sont poussés jusqu'à la crête de la butte et peuvent rouler par gravité vers la voie désirée. Des dispositifs complexes sont utilisés pour calculer la vitesse nécessaire au wagon ou aux wagons pour rouler sur la voie voulue et s'atteler à une vitesse sécuritaire et pour ralentir ou contrôler les wagons au besoin.

⁹ Dans une gare de triage en palier, les wagons sont lancés ou poussés sur la voie désirée à l'aide d'une locomotive. La pente de la voie dans les gares de triage en palier est souvent en configuration de bol pour empêcher les wagons de sortir du triage. Des dispositifs mécaniques tels que des sabots d'arrêt ou des freins de voie sont utilisés pour empêcher les wagons de partir à la dérive.

À l'extrémité ouest du triage, au lieu de l'événement, les aiguillages de voie sont actionnés à distance à partir de la salle de commande, à l'aide d'un panneau de commande des aiguillages. La salle de commande se trouve à l'angle sud-est du bureau de triage, entre le bureau de triage et la voie de tiroir.

Figure 3. Schéma des voies du triage Alyth C, montrant l'emplacement du bureau de triage, de la salle de commande et de la zone de dételage pour les manœuvres de poussage libre, ainsi que la direction du mouvement et le point de collision (Source : Chemin de fer Canadien Pacifique, avec annotations du BST)



Lorsque le CP a rouvert le triage, il a reconnu le risque que les wagons puissent partir à la dérive à partir de l'extrémité est du triage et compromettre la sécurité d'autres opérations d'aiguillage. Afin d'atténuer ce risque, des directives sur la gestion des urgences au triage Alyth C, remises aux employés au début de l'entrée en service du triage, indiquaient que les voies CT-09 et CT-20 étaient les voies d'urgence désignées. L'expérience opérationnelle subséquente a entraîné la nécessité de faire preuve de souplesse dans la sélection et la désignation des voies d'urgence.

Le 5 janvier 2019, la veille de l'événement, le CP avait publié des procédures révisées en cas d'urgence intitulées « Emergency Process Alyth Bowl ». Ces procédures stipulaient ce qui suit [traduction] :

Ceci constitue la procédure si des wagons partent à la dérive sur la voie de tiroir et se déplacent d'eux-mêmes.

Prévoir en tout temps deux voies d'urgence, 1 voie côté nord et 1 voie côté sud, qui contiennent le plus grand nombre de wagons possible pour que l'attelage se fasse aussi près que possible de la zone de dételage pour manœuvres de poussage libre.

Les voies d'urgence doivent être examinées chaque fois qu'une nouvelle rame est aiguillée et ne doivent jamais contenir de wagon de marchandises dangereuses.

Le personnel itinérant responsable des aiguillages doit commander l'orientation vers la voie d'urgence dès qu'il entend le mot « Urgence ».

Les exigences relatives aux voies d'urgence sont les suivantes :

- La voie d'urgence ne doit jamais contenir de wagons de marchandise dangereuse.
- Une voie d'urgence doit être sélectionnée pour chaque voie d'accès avant l'arrivée par la voie d'accès ouest d'une rame à aiguiller.
- Il faut être aiguillé vers l'une de ces voies, soit au nord, soit au sud, dès que la voie de tiroir commence à être occupée.
- Lorsque l'aide de triage se présente dans la salle de commande des aiguillages, l'aiguillage peut commencer.

En cas d'urgence, l'employé à la zone de dételage doit :

1. Diffuser le message « Urgence, urgence, urgence ».

Le personnel itinérant responsable des aiguillages doit suivre ces consignes :

1. À ce stade, le personnel itinérant responsable des aiguillages doit immédiatement commander l'orientation vers l'une des voies d'urgence.
2. Le personnel itinérant responsable des aiguillages doit communiquer avec les équipes de l'extrémité est et indiquer qu'il y a des wagons se déplaçant d'eux-mêmes et vers quelle voie ils se dirigent [...] ¹⁰.

1.6 Manœuvres de poussage libre au triage Alyth C

Pendant les manœuvres d'aiguillage au triage Alyth C, on effectue des manœuvres de poussage libre de wagons sur la voie désirée au moyen de locomotives télécommandées par le contremaître à l'aide du STL. Pour effectuer des manœuvres de poussage libre, les locomotives poussent le mouvement jusqu'à ce qu'il atteigne la vitesse désirée ¹¹. Pendant que les wagons passent à l'emplacement de la zone de dételage, le contremaître actionne manuellement le levier de dételage pour déverrouiller la mâchoire à l'endroit de dételage souhaité (figure 4). Pour terminer le processus de dételage et mettre le wagon en mouvement, le contremaître serre les freins sur les locomotives. La décélération commence aux locomotives, puis elle est transférée en séquence vers le wagon de tête, ce qui porte le jeu entre les wagons à un état de « traction ». Lorsque l'augmentation du jeu des attelages atteint l'attelage déverrouillé, le wagon prévu se sépare et continue de rouler sur la pente légère vers la gare de triage. Plusieurs wagons attelés entre eux peuvent être poussés en utilisant le même processus.

¹⁰ Chemin de fer Canadien Pacifique, Emergency Process Alyth Bowl (15 janvier 2019).

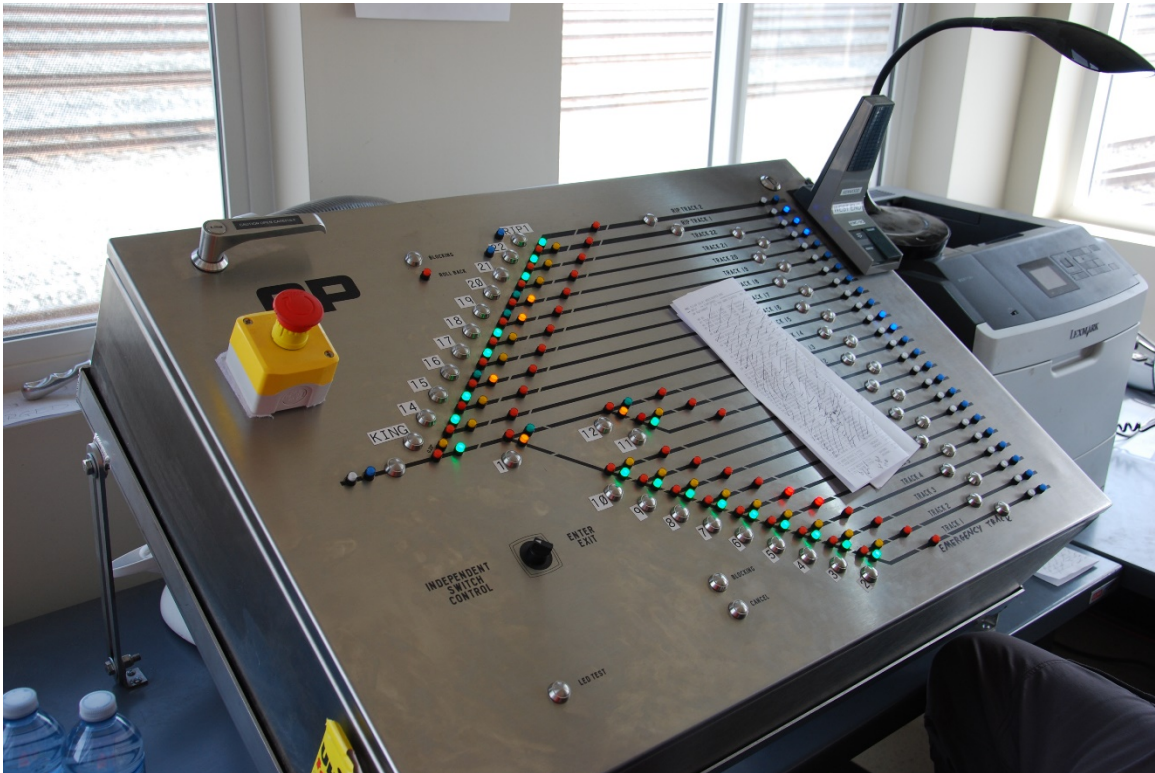
¹¹ En effectuant des essais avant les manœuvres régulières d'aiguillage au triage Alyth C, on a établi que la vitesse requise était d'environ 6 mi/h pour pousser des wagons vides et d'environ 2 mi/h pour des wagons chargés.

Figure 4. Levier de dételage typique d'un wagon de marchandises (Source : BST)



Lorsque les wagons sont libérés, le contremaître en informe l'aide de triage par radio. L'aide de triage, qui est en mesure d'observer le mouvement des wagons à partir de la fenêtre de la salle de commande des aiguillages et avec les images vidéo de diverses caméras positionnées dans le triage C, active ensuite à distance l'aiguillage à manœuvre électrique pour la voie désirée au moyen du panneau de commande (figure 5). Dans le cas où l'aide de triage est avisé d'un mouvement non contrôlé, les wagons sont orientés vers la voie d'urgence désignée.

Figure 5. Panneau de commande des aiguillages (Source : BST)



1.7 Opérations à l'aide du système de télécommande de locomotive

Une équipe de triage comprend habituellement un mécanicien de locomotive (ML) et un chef de train. Le chef de train, posté au sol, transmet les instructions au ML, qui commande la locomotive.

En revanche, une équipe STL se compose généralement de 2 chefs de train, dont aucun ne se trouve dans la cabine de la locomotive tout au long du quart. Le STL permet à une équipe de commander la locomotive à distance à partir du sol ou à bord d'une locomotive ou d'un wagon. Ce système a été adopté par de nombreux chemins de fer, principalement pour les opérations d'aiguillage en triage.

Un STL comprend 3 éléments :

1. une ou des locomotives télécommandées;
2. un ordinateur de commande de bord, installé dans la locomotive télécommandée, servant d'interface avec les commandes;
3. une unité de commande de l'opérateur (UC), communément appelée Beltpack¹².
L'UC est un appareil léger de télécommande qui s'attache au gilet de sécurité de l'opérateur.

¹² Beltpack est la marque de commerce désignant la technologie permettant de commander à distance les locomotives; elle a été mise au point et commercialisée par CANAC Railway Services Inc., une ancienne filiale de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN).

1.8 Ensemble d'attelage

Aux 2 bouts d'un wagon, des ensembles d'attelage sont utilisés pour raccorder le wagon à d'autres wagons ou pour l'en détacher (figure 6).

Au moment de l'attelage à un autre wagon, la mâchoire est conçue pour passer automatiquement de la position ouverte à la position fermée et verrouillée. Lorsque l'attelage se referme, la mâchoire pivote autour du pivot de mâchoire de manière à ce que sa face s'engage dans la face de la mâchoire de l'autre wagon. Lorsque les extrémités des mâchoires rentrent dans le corps d'attelage de chaque wagon, les verrous des attelages se mettent en place sur chaque attelage, verrouillant ainsi les mâchoires

(figure 7). Dans l'exploitation normale du train, la direction et l'amplitude des forces dans les attelages varient toutes deux considérablement. Par exemple, lorsque des wagons sont poussés, la contrainte dans la mâchoire alterne entre tension et compression; les forces entraînent alternent entre contrainte de traction (train étiré) et contrainte de compression (train comprimé).

Figure 6. Schéma d'un attelage et de ses composants (Source : BST)

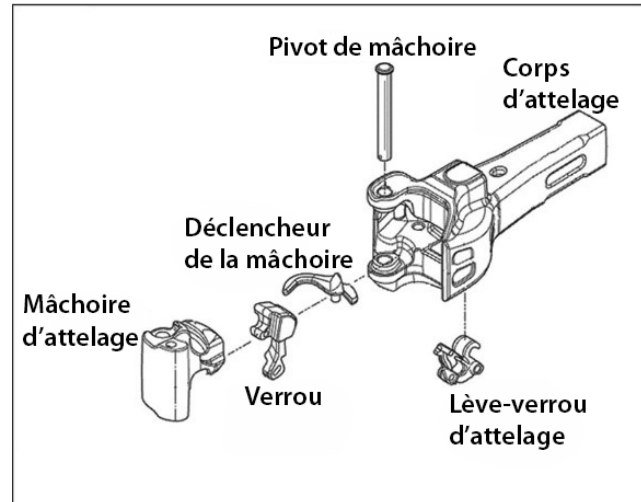


Figure 7. Vue du dessus d'attelages de train (Source : Daniel Schwen, licence Creative Commons CC BY-SA-4.0)



1.9 Inspection des mâchoires des wagons de marchandises

L'inspection des mâchoires est incluse dans les inspections de sécurité effectuées par des inspecteurs accrédités de matériel remorqué conformément à l'article 4 du *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* pour s'assurer que « les wagons [que les compagnies ferroviaires] mettent ou maintiennent en service sont exempts de toutes les déficiences relatives à la sécurité décrites dans la Partie II du présent Règlement¹³. »

Le règlement stipule, entre autres, qu'un wagon ne doit pas être mis ni maintenu en service si :

la face intérieure de traction d'une mâchoire d'attelage est rompue ou fissurée, sous réserve que les fissures de retrait ou à chaud ne réduisant pas sensiblement la robustesse de la mâchoire ne sont pas considérées comme des fissures proprement dites¹⁴;

Le *Field Manual of the AAR Interchange Rules* de l'Association of American Railroads (AAR) stipule ceci concernant les mâchoires d'attelage [traduction] :

Les mâchoires rompues ou fissurées doivent être retirées... L'état est déterminé par inspection visuelle ou au moyen d'essais non destructifs tels que définis dans le MSRP [Manual of Standards and Recommended Practices] M-220¹⁵.

¹³ Transports Canada, *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* (9 décembre 2014), article 4 : Vérifications de sécurité, paragraphe 4.1.

¹⁴ Ibid., partie II : Déficiences relatives à la sécurité, article 15 : Attelages et bras d'attelages, élément 15.1(b).

¹⁵ Association of American Railroads, *Field Manual of the AAR Interchange Rules* (1^{er} janvier 2019), règle 18, alinéa (s).

Cette règle indique également que [traduction] « toute partie d'attelage fléchie, rompue, fissurée ou manquante est une cause de remplacement ».

Les inspecteurs de wagons effectuent traditionnellement des inspections détaillées des composants des wagons de marchandises sur les voies de réparation ou sur les voies d'atelier. Les inspections détaillées comprennent le calibrage des mâchoires selon les normes de l'AAR, ce qui exige qu'un wagon soit séparé des wagons précédents et suivants afin que les mâchoires puissent être entièrement ouvertes et inspectées. Toutefois, toutes les réparations effectuées dans l'atelier ne nécessitent pas que les wagons soient dételés (p. ex., remplacer une roue dans la fosse de réparation), et toutes les réparations ne nécessitent pas que les wagons soient amenés en atelier (les chemins de fer d'Amérique du Nord utilisent des voies de réparation rapides pour les réparations légères, où des équipes de réparation mobiles en triage effectuent des réparations à l'extérieur de l'atelier).

1.10 Historique des réparations du wagon CP 429137

D'après l'examen par le BST de l'historique sur 10 ans des réparations du wagon CP 429137 et des pratiques de réparation de wagons requises, chacune des activités suivantes aurait permis d'inspecter en détail les mâchoires d'attelage de ce wagon :

- remplacement d'un déclencheur de la mâchoire au bout B du wagon (19 octobre 2018);
- réalisation d'un essai des freins à air d'un wagon individuel (25 février 2018);
- remplacement de la traverse danseuse au bout B (16 septembre 2017);
- réalisation d'un essai des freins à air d'un wagon individuel (20 mars 2017);
- remplacement de l'attelage au bout B et remplacement du déclencheur de la mâchoire au bout A (6 février 2015).

Selon la pratique courante de l'industrie en matière de maintenance pour remplacer un attelage, tous ses composants doivent être inspectés et remplacés, au besoin, y compris la mâchoire. Le remplacement d'attelage effectué au bout B du wagon le 6 février 2015 incluait probablement l'installation de la mâchoire dans l'événement à l'étude. L'enquête n'a pas permis de déterminer quand la mâchoire a été mise en service pour la première fois. Depuis février 2015, il y a eu au moins 4 occasions de mener une inspection visuelle de la mâchoire.

1.11 Examen en laboratoire de la mâchoire rompue

La mâchoire rompue faisait partie d'un dispositif d'attelage sur le bout B du wagon CP 429137, un wagon de type tombereau. L'attelage était du type F (F70 CHT). Le tableau 2 indique les marques qui étaient estampillées sur la mâchoire.

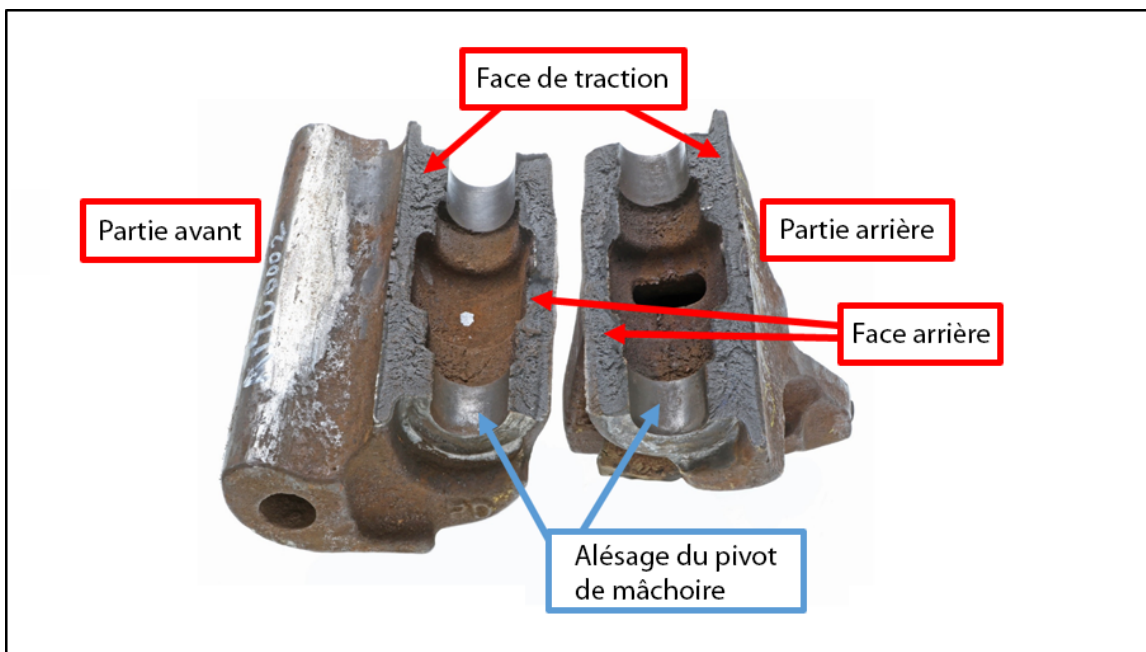
Tableau 2. Marques estampillées sur la mâchoire rompue

Marque	Signification
F51	Mâchoire de type F
AEX	Conception originale, acier moulé trempé et durci de nuance E, expérimentale, approbation sous condition
08-11	Date de fabrication – août 2011
PD	Fabriquée pour Workhorse Rail par la fonderie de précision Qingdao Pingdu Sanheshan, à Shandong (République populaire de Chine)

Au cours de l'examen en laboratoire de la mâchoire rompue, il a été déterminé que :

- La rupture de la mâchoire a commencé comme une fissure de fatigue dans l'alésage du pivot de mâchoire (gorge), une zone de la mâchoire exposée à de fortes contraintes.
- La rupture avait divisé la mâchoire en environ 2 moitiés, soit la partie avant et la partie arrière (figure 8).

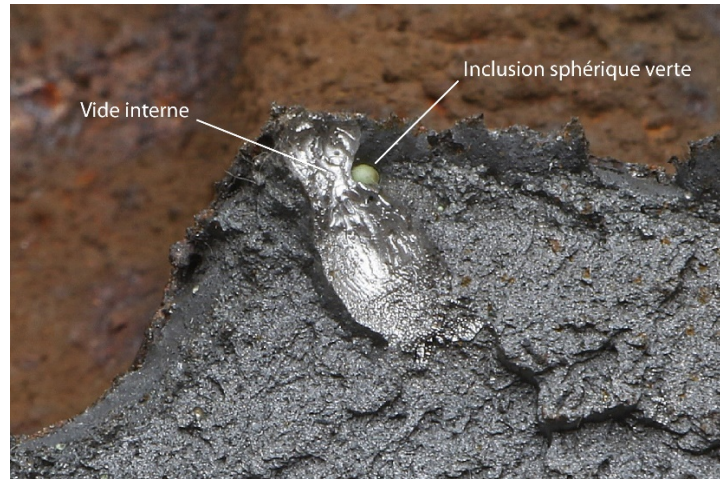
Figure 8. Surface de rupture dans l'alésage du pivot de mâchoire (Source : BST)



- Chaque partie contenait 2 ruptures distinctes, l'une sur la face de traction et l'autre sur la face arrière. La rupture de la face de traction était d'une profondeur d'environ 1,25 pouce sur 8 pouces de hauteur, avec une coupe transversale réduite d'environ 0,75 pouce au milieu de la section. La rupture de la face arrière était d'une profondeur d'environ 1 pouce sur 8 pouces de hauteur.

- Sur la face de rupture, on a observé un grand vide interne de grande taille et plusieurs vides internes plus petits (figure 9). Plusieurs inclusions sphériques vertes ont été observées, principalement sur la périphérie.

Figure 9. Photo de la face de rupture, montrant une inclusion sphérique verte et un vide interne (Source : BST)



- La porosité et les inclusions dans la gorge de la mâchoire ont été des facteurs d'augmentation de la contrainte ainsi que des initiateurs de fissures de fatigue.
- Les résultats des essais de dureté Brinell étaient en moyenne de 285 HBW¹⁶. Cette mesure se situe dans la plage de dureté spécifiée de 241 à 291 HBW pour la mâchoire¹⁷. L'analyse sans standard du spectromètre dispersif en énergie de l'échantillon de matériau de la mâchoire a donné des résultats qui correspondent aux exigences de l'AAR spécifiées pour les principaux éléments des pièces moulées de nuance E. L'analyse au spectromètre dispersif en énergie des inclusions sphériques vertes a indiqué qu'elles étaient principalement composées de silice, et s'étaient probablement formées pendant le processus de moulage.
- Pour évaluer l'usure du nez de la mâchoire, le réassemblage partiel de la mâchoire rompue a permis d'effectuer un essai au calibre 498233 (*go/no go test* [entre, n'entre pas]) pour mâchoires de type F. Comme le calibre ne passait pas au-dessus du nez, la mâchoire se trouvait dans les limites d'usure autorisées.
- Des parties de la face de rupture ont été sectionnées et examinées au microscope électronique à balayage. La fissure de fatigue dans la zone d'origine indiquait que la corrosion avait effacé la plupart des détails de la rupture. L'examen de la rupture fraîche a montré que le clivage était le mode de rupture, ce qui confirmait une rupture de surcontrainte. L'examen au microscope électronique à balayage des inclusions sphériques a démontré que leur taille variait, certaines étant d'environ 1 mm de diamètre.
- La couleur foncée et la profondeur des fissures de fatigue corrodées indiquent que celles-ci progressaient depuis longtemps. La plus grande des fissures de fatigue

¹⁶ HBW signifie la dureté Brinell, mesurée à l'aide d'une boule de métal dure en carbure de tungstène.

¹⁷ Association of American Railroads, *Manual of Standards and Recommended Practices* (2016), spécification M-211, p. B-18.

s'était propagée à travers environ un tiers de l'épaisseur de la section (figure 10). Même si des fissures de cette taille et de cette profondeur étaient probablement visibles, lorsque le wagon était attelé à un autre wagon, la zone en question de la mâchoire aurait été occultée.

Figure 10. Fissures de fatigue (Source : BST)



1.12 Attelages et pièces expérimentaux

Pour tout nouveau composant introduit par un fabricant en Amérique du Nord, l'approbation officielle de l'AAR doit être obtenue conformément à la spécification S-060 (procédure de demande d'approbation de composant) de l'AAR. À l'étape initiale, les dessins, les caractéristiques du matériau et les essais en laboratoire requis doivent être conformes aux spécifications de l'AAR applicables au nouveau composant. La spécification pour les mâchoires est la spécification M-211 de l'AAR, Foundry and Product Approval Requirements for the Manufacture of Couplers, Coupler Yokes, Knuckles, Follower Blocks and Coupler Parts [exigences relatives à la fonderie et à l'homologation des produits pour la fabrication d'attelages, de sabots d'attelage, de mâchoires, de plaques d'appui et de pièces d'attelage]. Le comité responsable des pièces moulées de l'AAR examine les détails du nouveau produit proposé et peut autoriser sa mise à l'essai sur le terrain. La fonderie fabriquant le produit doit également être inspectée et approuvée par l'AAR, selon les détails énumérés dans la spécification pertinente.

Afin de fournir une méthode uniforme d'évaluation de l'expérience de maintenance, l'AAR accorde ensuite une approbation conditionnelle de la mise en service d'un lot du produit pour en faire l'essai dans le réseau d'interconnexion ferroviaire nord-américain. La taille du lot peut varier de 30 échantillons à des milliers, selon le composant. Dans le cas des mâchoires, la taille minimale du lot est de 1000. D'autres lots peuvent être demandés conformément à l'appendice C de la spécification M-211. Le fabricant est tenu de faire un suivi sur ces échantillons d'essai en effectuant des inspections semestrielles sur le terrain et

en surveillant la performance des échantillons auprès des chemins de fer où les composants approuvés sous condition sont mis en service. La période d'essai est d'au moins 2 ans et 36 000 milles. Après une évaluation satisfaisante, l'approbation finale est accordée par l'AAR avec une désignation d'approbation du composant établie pour le *Field Manual of the AAR Interchange Rules* de l'AAR.

La mâchoire rompue portait la désignation F51AEX et avait été fabriquée pour Workhorse Rail en août 2011. Le X indiquait l'approbation conditionnelle de la mâchoire.

Le *Field Manual of the AAR Interchange Rules* de l'AAR indique que [traduction] « les attelages et les pièces expérimentaux devant être mis à l'essai sont identifiés avec le suffixe X après les numéros de catalogue standard¹⁸ ».

L'approbation finale inconditionnelle de la mâchoire F51AEX de Workhorse Rail a été octroyée le 2 août 2011. La mâchoire rompue avait été produite le même mois, probablement avant que l'outillage puisse être modifié afin de supprimer le X de la nomenclature de l'attelage.

1.13 Force de traction exercée sur l'attelage et la mâchoire

La plage sécuritaire de force de traction exercée sur les attelages et les mâchoires d'attelage en particulier est bien connue dans le secteur ferroviaire, et elle est décrite dans le *Train Make-up Manual* de l'AAR. Même si ce document remonte à 1992, les compagnies de chemin de fer se servent encore des renseignements qu'il contient. Le manuel comprend l'énoncé suivant [traduction] :

4.0 Forces excessives produites par le train

4.1.1 Séparation de train

Des efforts de traction excessivement élevés peuvent dépasser la résistance des matériaux des appareils de traction et entraîner une défaillance mécanique suivie d'une séparation de train. La mâchoire d'attelage est conçue comme le maillon faible, une sorte de « fusible » mécanique, de ces appareils. Lorsque les forces de traction approchent des niveaux qui pourraient endommager le wagon, la défaillance se produit au niveau de la mâchoire d'attelage plutôt que du wagon.

À l'heure actuelle, deux matériaux différents entrent dans la fabrication de systèmes d'attelage en Amérique du Nord : l'acier de nuance C et l'acier de nuance E. On utilise habituellement l'acier de nuance C, le plus faible de ces 2 types, pour le matériel d'échange sans restriction. Sa limite de charge acceptée (force de traction) est de 250 000 livres en traction, et sa charge ultime admise est de 300 000 livres. Pour calculer la composition d'un train de marchandises générales, on utilise habituellement cette valeur pour élaborer des lignes directrices sur la composition et la conduite d'un train.

Dans le cas du matériel en acier de nuance E, parfois qualifié de matériel à haute résistance ou portant l'indication « HTE », sa limite de charge acceptée est de

¹⁸ Association of American Railroads, *Field Manual of the AAR Interchange Rules* (1^{er} janvier 2019), règle 16. B.3.

350 000 livres en traction, et sa charge ultime admise est de 400 000 livres. On peut élaborer des lignes directrices de composition et de conduite du train à partir de cette valeur si l'on a la certitude qu'aucun matériel comprenant de l'acier de nuance C ne fera partie de la composition du train. [...] ¹⁹

La spécification M-216²⁰ de l'AAR précise le nombre de cycles ainsi que les charges minimales et maximales pour les essais de fatigue. La charge maximale par cycle est de 283 000 livres pour l'acier de nuance E. Par définition, la limite de fatigue est le degré de force sous lequel un nombre infini de cycles de charge peut être appliqué à la pièce moulée sans causer de fissures et de rupture de type fatigue. À titre de référence, les mâchoires des trains du CP peuvent être soumises à des charges de service normales bien supérieures à ce maximum. Sur des trains à fort tonnage du CP, 2 locomotives à courant alternatif (c.a.) de tête peuvent générer plus de 160 000 livres d'effort de traction chacune pour une charge combinée de 320 000 livres.

La spécification M-211²¹ de l'AAR établit les exigences relatives à la flèche résiduelle (déformation) et à la résistance limite. Les mâchoires doivent subir une flèche résiduelle maximale de 0,03 pouce lorsqu'elles sont soumises à une charge de 400 000 livres. Cette déformation se situe autour de la gorge de la mâchoire, où les forces maximales seront exercées pendant sa durée de vie. L'AAR indique également qu'une mâchoire de nuance E doit supporter une charge limite ponctuelle minimale de 650 000 livres sans rompre.

Tirer des charges qui dépassent les limites de charge acceptées peut entraîner la déformation permanente de la mâchoire d'attelage et mener à la rupture de la mâchoire et à une séparation de train. Les mâchoires peuvent aussi avoir une capacité de charge réduite à cause de l'usure, notamment si leur matériau présente des fissures ou des défauts.

L'analyse dynamique effectuée par le BST sur le mouvement poussé qui a précédé la rupture de l'attelage a permis de déterminer que le jeu des attelages, après le serrage des freins de la locomotive, a généré une force de 140 000 à 150 000 livres au bout B du 20^e wagon, CP 429137.

1.14 Simulation de la dynamique du mouvement non contrôlé

Le Laboratoire d'ingénierie du BST a effectué une simulation de la dynamique du mouvement non contrôlé afin de déterminer sa vitesse la plus probable au moment de la collision et du déraillement. Un modèle de train a été créé avec le logiciel Train Energy and

¹⁹ Association of American Railroads, Rapport R-802, *Train Make-up Manual* (janvier 1992).

²⁰ Association of American Railroads, *Manual of Standards and Recommended Practices* (2016), section B : Freight Car Draft Components, spécification M-216 : Knuckles, Type E and F – Fatigue Test.

²¹ Ibid., spécification M-211 : Foundry and Product Approval Requirements for the Manufacture of Couplers, Coupler Yokes, Knuckles, Follower Blocks, and Coupler Parts.

Dynamics Simulator (TEDS)²² en fonction des caractéristiques de masse et de longueur de la rame de wagons à la dérive. La simulation a utilisé les données sur les voies fournies par le chemin de fer, y compris sur la déclivité et la courbure de la voie. La simulation a donné lieu aux observations suivantes :

- La rame de wagons à la dérive a atteint une vitesse constante d'environ 13,4 à 13,9 mi/h entre les points de dégagement ouest et est de la voie CT-01²³.
- La force d'impact lors de la collision initiale aurait été d'environ 2000 kips²⁴, soit suffisamment élevée pour endommager les wagons en cause et pour provoquer le déraillement.
- Bien que la vitesse initiale au point de poussage libre ait été de 6,3 mi/h, la vitesse du mouvement lors de la rupture de la mâchoire d'attelage aurait été d'environ 2 mi/h.

1.15 **Autres événements survenus au triage Alyth C entre le début de son exploitation le 22 décembre 2018 et le 6 janvier 2019**

Le 23 décembre 2018, l'équipe de la manœuvre d'aiguillage CW31-22 du CP effectuait du poussage libre de wagons au triage Alyth C vers la voie CT-03. Sur le wagon-trémie de tête, TCMX 350 679, contenant des résidus de nitrate d'ammonium (UN1942), 1 bogie a déraillé sur les freins de voie à ressort. Personne n'a été blessé et il n'y a eu aucune perte de produit. Le mouvement non contrôlé n'a pas accédé à la voie principale (événement de transport ferroviaire R18C0129 du BST).

Le 28 décembre 2018, l'équipe de la manœuvre d'aiguillage CE31-27 du CP effectuait du poussage libre de wagons au triage Alyth C sur la voie CT-11, lorsque 31 wagons sont partis à la dérive à partir de l'extrémité est de la voie CT-11. Les 31 wagons ont parcouru environ 30 longueurs de wagons et ont traversé 3 aiguillages avant de s'immobiliser sur la voie PT-02 sur le pont Bonnybrook. Il n'y a pas eu de déraillement et personne n'a été blessé. La voie a subi des dommages aux 3 aiguillages. Le mouvement non contrôlé n'a pas accédé à la voie principale (événement de transport ferroviaire R18C0131 du BST).

Le 29 décembre 2018, l'équipe de la manœuvre d'aiguillage CW11-29 du CP au triage Alyth C a relâché 4 wagons chargés sur la voie CT-04 vers 6 wagons vides stationnaires. Une fois raccordés, les 10 wagons ont roulé outre le sabot d'arrêt et jusqu'à l'extrémité est de la voie CT-04, où ils ont heurté latéralement le train de manœuvre opérant à l'extrémité est du triage sur la voie d'accès est. Un bogie du wagon de tête du mouvement non contrôlé, un

²² La Federal Railroad Administration (FRA) des États-Unis a financé le développement du logiciel TEDS, qui permet d'effectuer des simulations de la dynamique d'un train. Les principaux résultats d'une simulation de la dynamique d'un train par le logiciel TEDS comprennent la vitesse, l'accélération, la force en-train et la distance d'arrêt.

²³ La voie CT-01 mesure 1762 pieds entre les points de dégagement ouest et est.

²⁴ Un kip est une unité de force égale à 1000 livres; 2000 kips équivalent à 2 000 000 de livres de force.

wagon-citerne contenant des résidus d'ammoniac anhydre (UN1005), a déraillé. Aucun des wagons du train de manœuvre opérant à l'extrémité est du triage n'a déraillé, mais 2 wagons-trémies couverts chargés ont subi des dommages latéraux. Personne n'a été blessé et il n'y a eu aucune perte de produit. Le mouvement non contrôlé n'a pas accédé à la voie principale (événement de transport ferroviaire R18C0134 du BST).

Le 4 janvier 2019, l'équipe de la manœuvre d'aiguillage CW21-04 du CP au triage Alyth C allait libérer 2 wagons à 6,5 mi/h sur la voie de tiroir de la gare de triage lorsqu'une mâchoire s'est rompue sur le 30^e wagon derrière les locomotives. À la suite de cette rupture, 58 wagons sont partis à la dérive sur la voie CT-15, où ils ont heurté 18 wagons stationnaires. Par la suite, les 76 wagons sont sortis de l'extrémité est de la voie CT-15 et ont poursuivi leur course sur une distance d'environ 3200 pieds. Des employés du chemin de fer ont pu monter dans le mouvement et serrer les freins à main pour l'arrêter. À la suite de l'impact initial, 1 wagon-citerne contenant des résidus de mélange d'éthanol et d'essence (UN3475) a déraillé et 1 wagon-citerne vide a subi des dommages, sans toutefois dérailler. Personne n'a été blessé et il n'y a eu aucun déversement de produit. Le mouvement n'a pas accédé à la voie principale (événement de transport ferroviaire R19C0003 du BST).

1.16 Évaluation du risque

Le système de gestion de la sécurité du CP comprend un programme de prévention des risques de même qu'une politique et une procédure d'évaluation des risques. Ces programmes sont régulièrement mis à jour et peaufinés afin d'appuyer une amélioration continue. Grâce à ces 2 programmes, les risques peuvent être signalés, évalués et atténués en tout temps. Le CP exigeait la réalisation d'une évaluation des risques dans les situations suivantes [traduction] :

- lorsqu'une préoccupation liée à la sécurité (c'est-à-dire un risque ou une condition susceptible de présenter un risque direct pour la sécurité des employés ou de compromettre l'exploitation du chemin de fer en toute sécurité) est décelée durant l'analyse de données de sécurité;
- lorsqu'une modification proposée aux activités du CP pourrait :
 - créer sur le lieu de travail un nouveau danger pouvant avoir des conséquences néfastes;
 - nuire ou contrevenir à toute politique, procédure, règle ou pratique de travail existante utilisée pour assurer la conformité à la réglementation ou respecter toute exigence ou norme du CP;
 - créer ou aggraver un risque direct pour la sécurité des employés, des biens de la compagnie, des biens transportés par la compagnie, du public ou des biens adjacents au chemin de fer;

- exiger l'autorisation d'un organisme de réglementation pour pouvoir être mise en œuvre²⁵.

En décembre 2018, le CP a effectué une évaluation des risques pour sa nouvelle gare de triage. Dans le cadre de cette évaluation des risques, il s'est penché sur la question des wagons qui partent à la dérive à l'extrémité est du triage et sur la possibilité que ces wagons interfèrent avec l'aiguillage et la sécurité à l'extrémité est.

Le CP a élaboré un plan d'action correctif face aux risques cernés. Ce plan comprenait les éléments suivants :

- effectuer des simulations;
- effectuer des essais en contexte réel, en effectuant des manœuvres de poussage libre des voitures vers le triage C;
- élaborer un manuel d'exploitation;
- élaborer un aide-mémoire sur les sabots d'arrêt;
- élaborer des procédures de drapeau bleu et d'isolement des voies;
- élaborer des procédures de protection mécanique des voies;
- élaborer un programme de formation et former les contremaîtres et les aides de triage;
- publier un bulletin à l'intention des employés du triage Alyth sur le plan d'exploitation du triage Alyth et la nouvelle voie.

En outre, le CP a mis en œuvre un processus de réorientation des mouvements non contrôlés vers une voie d'urgence désignée occupée afin d'empêcher tout mouvement non contrôlé de partir à la dérive à l'extrémité est du triage. Dans l'événement à l'étude, l'aide de triage a utilisé la voie CT-01, qui était la voie d'urgence désignée pour le quart, comme indiqué lors de l'exposé sur le travail.

1.17 **Statistiques du BST sur les événements de mouvements imprévus ou non contrôlés**

Entre 2010 et 2019, 589 événements de mouvements imprévus ou non contrôlés²⁶ sur l'ensemble des chemins de fer au Canada ont été signalés au BST (tableau 3).

²⁵ Chemin de fer Canadien Pacifique, *Risk Assessment Procedure*, version 2.0 (1^{er} octobre 2015), section 2.1.1, p. 2.

²⁶ Le paragraphe 5(1) du *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, DORS/2014-37 (en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2014) prévoit notamment ceci :

L'exploitant de matériel roulant, l'exploitant de la voie ferrée ainsi que tout membre d'équipage qui constatent personnellement un accident ferroviaire en font rapport au Bureau dans les cas suivants :

[...]

h) il se produit un mouvement imprévu et non contrôlé de matériel roulant; [...].

Tableau 3. Événements de mouvements imprévus ou non contrôlés signalés au BST entre 2010 et 2019

Mouvement imprévu ou non contrôlé en raison de	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Perte de maîtrise	2	3	0	3	0	1	4	2	5	1	21
Manœuvres sans freins à air	10	16	12	24	21	22	18	21	27	31	202
Immobilisation insuffisante	25	32	44	42	38	37	29	39	34	46	366
Total	37	51	56	69	59	60	51	62	66	78	589

Le BST catégorise les mouvements non contrôlés selon une ou l'autre des 3 causes suivantes :

1. Perte de maîtrise : un ML ou un opérateur de locomotive par télécommande n'est pas en mesure de maîtriser une locomotive, une rame de wagons ou un train au moyen des freins à air de locomotive ou de train disponibles.
2. Manœuvres sans freins à air : un matériel roulant est manœuvré en utilisant seulement les freins à air de la locomotive, sans freins à air sur les wagons manœuvrés ou poussés. La grande majorité de ces incidents se produisent dans des gares de triage.
3. Immobilisation insuffisante : un wagon, une rame de wagons ou un train est laissé sans surveillance et se met à rouler de façon non contrôlée, en général, parce que :
 - un nombre insuffisant de freins à main ont été serrés sur un wagon, une rame de wagons ou un train;
 - les freins à main d'un wagon (ou de plusieurs wagons) sont défectueux ou inefficaces.

Le tableau 4 répartit les mouvements non contrôlés selon leurs conséquences. Parmi les 202 mouvements non contrôlés qui se sont produits dans des manœuvres sans freins à air :

- 2 (0,9 %) ont entraîné des blessures ou des pertes de vie,
- 137 (67,8 %) ont entraîné une collision;
- 60 (29,7 %) mettaient en cause des marchandises dangereuses.

Tableau 4. Conséquences des mouvements non contrôlés survenus dans des manœuvres sans freins à air

Conséquence*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total	% du nombre d'événements de manœuvres sans freins à air
Déraillement de 1 à 5 wagons	4	8	3	6	5	8	12	7	11	14	78	38,6 %
Déraillement de plus de 5 wagons	0	0	0	1	0	1	0	1	2	2	7	3,4 %
Collision	9	13	10	19	15	17	7	16	15	16	137	67,8 %
Voie principale concernée**	0	1	1	1	1	0	2	1	0	1	8	3,9 %
Marchandises dangereuses en cause	3	4	0	4	10	8	5	7	10	9	60	29,7 %
Blessures et pertes de vie	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0,9 %

* Il est possible que certains événements aient plus d'une conséquence.

** Le mouvement non contrôlé est survenu sur la voie principale, est entré sur la voie principale ou a empiété sur la voie principale.

Au cours de la période de 10 ans de 2010 à 2019, les manœuvres sans freins à air, comme dans l'événement à l'étude, ont été la cause de 34 % (202 sur 589) des événements. Bien que les mouvements non contrôlés dus à une manœuvre sans freins à air se soient produits fréquemment, 3,9 % d'entre eux (8 sur 202) concernaient la voie principale.

Depuis 1994, le BST a enquêté sur 37 événements de mouvement non contrôlé, dont l'événement à l'étude. Sur l'ensemble de ces événements, 8 mettaient en cause des manœuvres sans freins à air (annexe A).

1.18 Mesures de sécurité prises par le Bureau à l'égard des mouvements non contrôlés

Compte tenu du nombre d'événements et d'enquêtes du BST sur des mouvements non contrôlés en raison de diverses causes, le Bureau a émis 2 recommandations²⁷ et une préoccupation liée à la sécurité²⁸.

Après avoir terminé son enquête sur la catastrophe ferroviaire de Lac-Mégantic survenue en juillet 2013 (rapport d'enquête ferroviaire R13D0054 du BST), le BST a déclaré qu'il avait souligné la nécessité d'avoir des mesures de défense robustes pour prévenir les départs à la dérive depuis 1996 (rapport d'enquête ferroviaire R96C0172 du BST), et

²⁷ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R13D0054 et R17W0267 du BST.

²⁸ Rapport d'enquête ferroviaire R16W0074 du BST.

depuis, il s'était produit au Canada plus de 120 cas de départ à la dérive touchant les opérations en voie principale. Le BST a aussi reconnu que les cas de matériel partant à la dérive sont des événements de faible probabilité, mais, comme l'accident à l'étude l'a montré, ils peuvent avoir des conséquences extrêmement graves, surtout si des marchandises dangereuses sont en cause. Comme on l'a vu à Lac-Mégantic, le coût en vies humaines et pour nos collectivités peut être incalculable. C'est pourquoi le Bureau a recommandé que :

le ministère des Transports exige que les compagnies ferroviaires canadiennes mettent en place des moyens de défense physiques additionnels pour empêcher le matériel de partir à la dérive.

Recommandation R14-04 du BST

Depuis lors, le BST a effectué un suivi concernant les mesures prises par TC pour donner suite à cette recommandation. Chaque année, TC a transmis une réponse indiquant que des mesures avaient été prises ou allaient l'être, et le BST a évalué cette réponse. Au moment de la publication du présent rapport, la dernière réponse de TC avait été reçue en janvier 2021. L'évaluation de cette réponse par le Bureau en mars 2021, tout comme les réponses précédentes et leur évaluation, est disponible sur le site Web du BST²⁹.

Au terme de l'enquête du BST sur un mouvement non contrôlé survenu en mars 2016 au triage Sutherland, à Saskatoon (Saskatchewan), au cours duquel un wagon à la dérive a traversé le triage jusque sur la voie principale dans les limites de la zone de marche prudente de la subdivision Sutherland (rapport d'enquête ferroviaire R16W0074 du BST), le Bureau a émis cette préoccupation en matière de sécurité :

Le Bureau s'inquiète du fait que les moyens de défense actuels ne sont pas suffisants pour réduire le nombre de mouvements non contrôlés et pour améliorer la sécurité.

Au terme de l'enquête du BST sur un accident d'aiguillage mortel survenu en décembre 2017 à Melville (Saskatchewan) (rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R17W0267 du BST), le Bureau a émis la recommandation R20-01. Dans ce rapport d'enquête, le Bureau a indiqué que les causes sous-jacentes des mouvements non contrôlés qui se produisent pendant les manœuvres sans freins à air varient énormément. C'est pourquoi il s'avère difficile d'élaborer une stratégie globale pour gérer efficacement

²⁹ Recommandation R14-04 du BST : Moyens de défense physiques pour empêcher les trains de partir à la dérive, à l'adresse <https://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/rail/2014/rec-r1404.html> (dernière consultation le 19 juin 2021).

tous les facteurs sous-jacents et les risques connexes afin de réduire le nombre de ces mouvements non contrôlés. Par conséquent, le Bureau a recommandé que :

le ministère des Transports collabore avec le secteur ferroviaire et les représentants des travailleurs pour cerner les causes sous-jacentes des mouvements non contrôlés qui se produisent pendant les manœuvres sans frein à air, et pour élaborer et mettre en œuvre des stratégies ou des exigences réglementaires afin de réduire leur fréquence.

Recommandation R20-01 du BST

Dans sa réponse à cette recommandation en septembre 2020, TC a accepté la recommandation et a proposé un plan d'action. Le 29 septembre 2020, TC a publié un arrêté ministériel exigeant que l'industrie élabore une nouvelle règle pour énoncer des exigences supplémentaires relatives aux manœuvres d'aiguillage. La règle exigerait qu'à la suite d'un aiguillage, le matériel roulant soit convenablement immobilisé.

Dans son évaluation de la réponse de TC en décembre 2020, le BST a indiqué qu'il était impossible d'évaluer pleinement l'efficacité de la réponse de TC avant que les consultations avec l'industrie ferroviaire et ses représentants syndicaux aient eu lieu, que les causes sous-jacentes des mouvements non contrôlés qui se produisent pendant les manœuvres sans freins à air soient mieux comprises, et que des stratégies pour réduire la fréquence de ces mouvements non contrôlés aient été élaborées et mises en œuvre. L'évaluation de BST de cette réponse est disponible sur le site Web du BST³⁰.

1.18.1 Liste de surveillance du BST

La Liste de surveillance du BST énumère les principaux enjeux de sécurité qu'il faut s'employer à régler pour rendre le système de transport canadien encore plus sûr.

Les mouvements imprévus ou non contrôlés d'équipement ferroviaire figurent sur la Liste de surveillance 2020. Comme l'événement à l'étude l'a démontré, les mouvements non contrôlés, même ceux qui se produisent dans les gares de triage, peuvent avoir des conséquences graves.

Mouvements imprévus ou non contrôlés d'équipement ferroviaire : MESURES À PRENDRE

Bien que les trois catégories de mouvements imprévus ou non contrôlés présentent certaines causes communes, elles nécessitent toutes l'application de stratégies uniques soit dans le but de prévenir les événements, soit pour réduire les risques connexes. TC, les compagnies de chemin de fer et les syndicats des travailleurs doivent collaborer, élaborer des stratégies et mettre en œuvre des mesures de défense physiques et des mesures de protection d'ordre administratif pour chaque type de mouvement non contrôlé. En ce qui concerne la sécurité des cheminots et du public, le BST souhaite que la tendance actuelle relative au nombre d'événements de ce genre soit renversée.

³⁰ Recommandation R20-01 du BST : Réduction de la fréquence des mouvements non contrôlés et des risques connexes pendant les manœuvres sans freins à air, à l'adresse <https://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommandations/rail/2020/rec-r2001.html> (dernière consultation le 19 juin 2021).

1.19 Marques de wagon sur le wagon-citerne SRIX 33958

Les wagons-citernes peuvent comporter des marques de wagon peintes au pochoir sur le dessus du wagon ainsi que sur chaque côté et bout. Ces marques de wagon aident les premiers intervenants à identifier les wagons et à évaluer les risques que présente le contenu en cas d'incident ou de fuite.

Sur les lieux du déraillement, on a constaté que la marque du wagon-citerne SRIX 33958 sur le dessus du wagon était PLMX 137255 (figure 11). Le 10 décembre 2012, le numéro d'identification du wagon est passé de PLMX 137255 à SRIX 33958, et les marques de wagon sur les côtés et au bout avaient été modifiées en conséquence. Toutefois, les marques de wagon sur le dessus du wagon n'avaient pas été remplacées.

Figure 11. Marques de wagon sur le wagon-citerne SRIX 33958 (Source : Chemin de fer Canadien Pacifique, avec annotations du BST)



1.20 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP040/2019 – Broken knuckle examination [Examen de la mâchoire rompue]
- LP073/2019 – Train dynamics simulation [Simulation de la dynamique du train]
- LP154/2020 – Simulation of dynamic in-train force in kick-off [Simulation de la dynamique des forces en-train pendant des manœuvres de poussage libre]

2.0 ANALYSE

Ni les actions de l'équipe de train ni l'état de la voie n'ont contribué à l'accident. L'analyse portera sur l'analyse métallurgique de la mâchoire rompue, le mouvement d'aiguillage télécommandé qui a conduit au mouvement non contrôlé des wagons et l'évaluation des risques effectuée avant les activités au triage Alyth C.

2.1 L'accident

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La collision et le déraillement ont eu lieu lorsqu'une mâchoire du wagon CP 429137 s'est rompue alors que la rame de 75 wagons était en mouvement, ce qui a entraîné le mouvement non contrôlé de 56 wagons vers la voie d'urgence désignée (CT-01).

2.1.1 Le mouvement non contrôlé

Avant l'événement, l'équipe avait effectué plusieurs manœuvres d'aiguillage (poussage libre) exigeant qu'elle pousse la rame de wagons jusqu'à ce que la vitesse souhaitée soit atteinte, qu'elle actionne le levier de dételage à l'endroit approprié, puis qu'elle serre les freins sur les locomotives afin que le wagon ou le groupe de wagons désignés se séparent du mouvement et roulent vers la gare de triage. Lors de chacune de ces manœuvres, lorsque les freins de locomotive étaient serrés, le jeu des attelages entre les wagons augmentait, ce qui créait une contrainte de traction et mettait le wagon ou le groupe de wagons désigné en mouvement.

La manœuvre durant laquelle la rupture de l'attelage s'est produite a atteint une vitesse de 6,3 mi/h, qui devait être suffisante pour diriger le wagon vers la voie CT-21 et lui permettre d'atteindre l'endroit voulu sur cette voie. Cependant, lorsque l'attelage s'est rompu entre les 19^e et 20^e wagons, 56 wagons ont été mis en mouvement. Le mouvement non contrôlé de 56 wagons, pesant 5660 tonnes, avait nettement plus d'inertie que le wagon unique. De plus, les 56 wagons ont rattrapé les 3 wagons-citernes vides précédents, ajoutant environ 91 tonnes au mouvement non contrôlé.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Compte tenu du poids des 59 wagons et de la légère pente de la voie, le mouvement non contrôlé a gagné de la vitesse pour atteindre environ 13,5 mi/h avant d'heurter les wagons-trémies chargés qui étaient immobiles sur la voie CT-01. Après la collision et le déraillement initiaux, l'inertie du mouvement non contrôlé était suffisante pour continuer de faire dérailler des wagons et les propulser latéralement dans les 2 directions, faisant ultimement dérailler 22 wagons sur 4 voies.

Au moment de la collision, le mouvement non contrôlé se déplaçait à une vitesse bien supérieure à la vitesse normale d'attelage de 4 mi/h. Les simulations de la dynamique du train réalisées par le BST sur le mouvement non contrôlé ont permis d'estimer que la force d'impact au moment de la collision initiale aurait été d'environ 2000 kips, soit suffisamment élevée pour endommager les wagons en cause et provoquer le déraillement.

Lorsque le contremaître a réglé le système de télécommande de locomotive (STL) à la position d'arrêt et que la partie avant du mouvement a commencé à décélérer, il est immédiatement devenu évident qu'une séparation s'était produite et qu'une rame de wagons était en train de descendre la pente à la dérive vers la gare de triage.

Fait établi : Autre

Lorsque l'équipe a lancé l'appel radio d'urgence requis et a orienté l'aiguillage vers la voie d'urgence, elle a pris les mesures appropriées, en temps opportun, pour atténuer les conséquences du mouvement non contrôlé.

2.1.2 Rupture de la mâchoire d'attelage du wagon CP 429137

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Des essais effectués au Laboratoire d'ingénierie du BST ont permis de confirmer qu'une fissure de fatigue s'était formée sur la mâchoire dans la zone de l'alésage du pivot de mâchoire, et la mâchoire a cédé dans le prolongement de la fissure de fatigue causé par surcontrainte.

La rupture de la mâchoire a commencé comme une fissure de fatigue dans la gorge, une zone de la mâchoire exposée à de fortes contraintes. Dans l'exploitation normale du train, la direction et l'amplitude des forces dans les attelages varient toutes deux considérablement. Par exemple, lorsqu'on effectue des manœuvres de poussage libre de wagons, la contrainte dans la gorge de la mâchoire alterne entre tension et compression, à mesure que les forces exercées sur l'attelage alternent entre contrainte de traction (train étiré) et contraintes de compression (train comprimé).

L'examen optique et métallurgique de la rupture a démontré des inclusions et de la porosité dans le matériau. La porosité et les inclusions dans la gorge de la mâchoire ont agi comme facteurs d'augmentation de la contrainte et initiateurs de fissures de fatigue.

La mâchoire avait été fabriquée en 2011, mais l'enquête n'a pas permis de déterminer quand elle a été mise en service.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'âge des fissures de fatigue, combiné à la porosité et aux inclusions observées, indique que des lacunes dans le processus de moulage auraient affaibli la mâchoire et qu'elle s'est rompue sous des contraintes d'exploitation normales.

2.2 Exigences relatives à l'inspection des mâchoires d'attelage

La couleur foncée et la profondeur des fissures de fatigue corrodées décelées sur la mâchoire indiquent que celles-ci progressaient depuis longtemps. La plus grande fissure de fatigue s'était propagée à travers environ un tiers de l'épaisseur de la section. Des fissures d'une taille et d'une profondeur semblables à celles de la mâchoire en cause étaient probablement visibles et auraient été considérées, en vertu du *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* de Transports Canada, comme une

défectuosité relative à la sécurité justifiant un retrait du service. Cependant, en raison des circonstances de l'exploitation, il pourrait ne pas y avoir suffisamment d'occasions pour mener une inspection détaillée et un calibrage des mâchoires en service. À moins de dételer les wagons et d'ouvrir entièrement les mâchoires, les inspecteurs des wagons de marchandises ne sont pas en mesure de déceler les types de fissures de fatigue qui étaient présentes sur la mâchoire à l'étude.

Un examen de l'historique des réparations sur 10 ans pour ce wagon a permis de déterminer que la mâchoire à l'étude a probablement été installée en 2015 et qu'environ 4 occasions d'inspection détaillée des mâchoires du wagon se sont présentées avant l'événement. Lors de la dernière occasion connue d'effectuer une inspection détaillée, 2 mois avant l'événement, la mâchoire a été enlevée et réinstallée pour permettre le remplacement du déclencheur de la mâchoire.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La fissure de fatigue était probablement présente lors de la dernière inspection détaillée, 2 mois avant l'événement à l'étude, mais n'a pas été relevée pendant la réparation.

2.3 Évaluation des risques

Des évaluations des risques sont effectuées dans le but de cerner des dangers potentiels lorsqu'un changement opérationnel se produit dans une zone de travail. Une fois les dangers cernés, les risques associés peuvent être éliminés ou atténués. En décembre 2018, le Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) a effectué une évaluation des risques dans sa nouvelle gare de triage (trriage Alyth C). Un des secteurs à risque relevé concernait les wagons qui pourraient partir à la dérive à l'extrémité est du triage et compromettre la sécurité d'autres manœuvres d'aiguillage. Par conséquent, le CP a mis en œuvre un processus de réorientation des mouvements non contrôlés vers une voie d'urgence désignée.

Dans l'événement à l'étude, le mouvement non contrôlé a été réorienté vers une voie d'urgence désignée. Il en a résulté une collision et un déraillement, mais pas de blessures ni collision avec d'autres manœuvres de triage, de sorte que les conséquences de l'événement ont été minimales.

Au cours des 16 jours d'activité du triage Alyth C du 22 décembre 2018 au 6 janvier 2019, il y a eu 5 mouvements non contrôlés à signaler au BST. Chacun de ces événements découlait d'une manœuvre d'aiguillage (manœuvres de poussage libre).

En principe, les manœuvres de poussage libre permettent de diriger les wagons sur une voie prédéterminée à l'aide de leur propre inertie. Ces mouvements ne deviennent pas non contrôlés à moins qu'ils ne sortent de la voie prévue. Un de ces événements, survenu le 4 janvier 2019, mettait en cause un mouvement semblable à celui de l'événement à l'étude, c'est-à-dire des manœuvres de poussage libre d'une rame de wagons longue et lourde. Dans cet événement, survenu en janvier 2019, 76 wagons sont partis à la dérive sur une distance

d'environ 3200 pieds hors de la voie prévue et ont ensuite été immobilisés par les employés du chemin de fer.

Même si une évaluation des risques avait été effectuée en prévision du changement opérationnel, c'est-à-dire l'inauguration du triage Alyth C, la série de mouvements non contrôlés qui se sont produits au cours des 16 premiers jours d'exploitation indique que certains dangers existants n'ont pas été relevés, ou alors que les stratégies d'atténuation des risques mises en application étaient inadéquates.

Fait établi quant aux risques

Lorsqu'une évaluation des risques menée après un changement opérationnel ne permet pas de cerner certains dangers, il se peut que les risques connexes ne soient pas adéquatement atténués, ce qui augmente le risque d'accident.

2.4 Mouvements imprévus ou non contrôlés

Sur les 589 événements ferroviaires qui ont entraîné des mouvements imprévus ou non contrôlés entre 2010 et 2019, les manœuvres sans freins à air, comme dans l'événement à l'étude, étaient la catégorie de cause dans 34 % des cas, ou 202 événements sur 589. Depuis 1994, le BST a enquêté sur 37 événements de mouvement non contrôlé, dont l'événement à l'étude. Sur l'ensemble de ces événements, 8 mettaient en cause des manœuvres sans freins à air.

Bien que les mouvements non contrôlés dus à une manœuvre sans freins à air se produisent fréquemment, seulement un mince pourcentage de ces mouvements, soit 3,9 % (8 sur 202), ont eu lieu sur la voie principale. Même si la plupart de ces mouvements non contrôlés étaient circonscrits au triage, il y a tout de même un risque important de conséquences néfastes. Par exemple, les mouvements non contrôlés peuvent entrer en collision avec d'autres manœuvres de triage ou avec des trains qui entrent ou sortent du triage. Des collisions de cette nature peuvent entraîner le rejet de marchandises dangereuses. Ces événements peuvent également entraîner des blessures ou des pertes de vie, comme à Melville (Saskatchewan) le 22 décembre 2017 (événement sur la sécurité du transport ferroviaire R17W0267 du BST).

Le BST a 2 recommandations en suspens et 1 préoccupation liée à la sécurité concernant les mouvements non contrôlés. Les statistiques annuelles sur les mouvements non contrôlés de 2010 à 2019 démontrent une tendance générale à la hausse. Ces données indiquent que les mesures prises par l'industrie ferroviaire et Transports Canada n'ont pas l'effet désiré pour réduire le nombre de mouvements non contrôlés. Par conséquent, le BST a récemment ajouté les mouvements non contrôlés à sa Liste de surveillance 2020.

Les conséquences de mouvements non contrôlés au Canada se sont déjà avérées catastrophiques. L'analyse des données sur ces événements a conduit à la création de sous-catégories de mouvements non contrôlés afin de mieux comprendre les problèmes sous-

jacents. À la lumière des nombreuses catégories distinctes, il y a un large éventail de facteurs qui peuvent contribuer à des mouvements non contrôlés.

Fait établi quant aux risques

Tant que des mesures suffisantes n'auront pas été prises pour assurer une tendance à la baisse du nombre de mouvements imprévus ou non contrôlés ou une diminution de leurs conséquences, le risque que ces événements posent au public, aux employés des chemins de fer, au matériel et à l'environnement demeure élevé.

2.5 **Marques de wagon sur le wagon-citerne SRIX 33958**

Les marques de wagon permettent aux intervenants d'urgence d'identifier les wagons et d'obtenir des renseignements de la compagnie de chemin de fer ou de l'expéditeur sur le contenu de ces wagons en cas d'accident ou de rejet de marchandises dangereuses.

Dans l'événement à l'étude, il a été déterminé que la marque sur le dessus du wagon-citerne SRIX 33958 était inexacte, mais dans ce cas, cette marque erronée n'a pas posé de problèmes aux intervenants d'urgence.

Fait établi : Autre

Des marques de wagon erronées peuvent retarder l'intervention d'urgence et poser un risque à la sécurité des intervenants qui tentent de déterminer le contenu des wagons après un accident ou le rejet de marchandises dangereuses.

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. La collision et le déraillement ont eu lieu lorsqu'une mâchoire du wagon CP 429137 s'est rompue alors que la rame de 75 wagons était en mouvement, ce qui a entraîné le mouvement non contrôlé de 56 wagons vers la voie d'urgence désignée (CT-01).
2. Une fissure de fatigue s'était formée sur la mâchoire dans la zone de l'alésage du pivot de mâchoire, et la mâchoire a cédé dans le prolongement de la fissure de fatigue causé par surcontrainte.
3. L'âge des fissures de fatigue, combiné à la porosité et aux inclusions observées, suggère que des lacunes dans le processus de moulage auraient affaibli la mâchoire et qu'elle s'est rompue sous des contraintes d'exploitation normales.
4. Compte tenu du poids des 59 wagons et de la légère pente de la voie, le mouvement non contrôlé a gagné de la vitesse pour atteindre environ 13,5 mi/h avant d'heurter les 3 wagons du mouvement précédent et les wagons-trémies chargés qui étaient immobiles sur la voie CT-01. Après la collision et le déraillement initiaux, l'inertie du mouvement non contrôlé était suffisante pour continuer de faire dérailler des wagons et les propulser latéralement dans les 2 directions, faisant ultimement dérailler 22 wagons sur 4 voies.
5. La fissure de fatigue était probablement présente lors de la dernière inspection détaillée, 2 mois avant l'événement à l'étude, mais n'a pas été relevée pendant la réparation.

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. Lorsqu'une évaluation des risques menée après un changement opérationnel ne permet pas de cerner certains dangers, il se peut que les risques connexes ne soient pas adéquatement atténués, ce qui augmente le risque d'accident.
2. Tant que des mesures suffisantes n'auront pas été prises pour assurer une tendance à la baisse du nombre de mouvements imprévus ou non contrôlés ou une diminution de leurs conséquences, le risque que ces événements posent au public, aux employés des chemins de fer, au matériel et à l'environnement demeure élevé.

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. Les opérations d'intervention d'urgence ont été menées de manière rapide et efficace.
2. Lorsque l'équipe a lancé l'appel radio d'urgence requis et a orienté l'aiguillage vers la voie d'urgence, elle a pris les mesures appropriées, en temps opportun, pour atténuer les conséquences du mouvement non contrôlé.
3. Des marques de wagon erronées peuvent retarder l'intervention d'urgence et poser un risque à la sécurité des intervenants qui tentent de déterminer le contenu des wagons après un accident ou le rejet de marchandises dangereuses.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada

Le 6 janvier 2020, le BST a émis l'avis de sécurité ferroviaire 01/20 à Transports Canada (TC) et à l'Association of American Railroads. L'avis indiquait que la porosité et les inclusions dans la mâchoire rompue étaient présentes depuis sa fabrication et avaient probablement été introduites pendant le processus de moulage. L'avis indiquait ce qui suit :

Étant donné les conséquences d'une rupture de mâchoire d'attelage, surtout si elle entraîne un mouvement non contrôlé durant les opérations de manœuvre, Transports Canada et l'Association of American Railroads souhaiteraient peut-être faire un suivi auprès des fabricants d'équipement appropriés pour s'assurer que l'on évite d'introduire des vulnérabilités (comme la porosité et des corps étrangers) dans le moulage des mâchoires d'attelage durant le procédé de fabrication.

Le 9 novembre 2020, TC a fourni la réponse suivante [traduction] :

Transports Canada a communiqué avec le vice-président adjoint des services techniques de l'Association of American Railroads (AAR) au sujet de la question décrite dans la l'avis de sécurité ferroviaire 01/20. L'AAR a informé le ministère que la lettre avait été transmise à l'interne au Coupling Systems and Truck Casting Committee [comité responsable des dispositifs d'attelage et des pièces coulées des bogies], à des fins d'examen. Cet examen a permis de conclure que les forces découlant du poussage libre de wagons étaient probablement le facteur le plus important ayant mené à la rupture de la mâchoire, plutôt que la porosité du matériau qui la constituait.

L'AAR établit les exigences relatives aux mâchoires utilisées dans les réseaux d'interconnexion de transport de marchandises en Amérique du Nord. Ces exigences comprennent des spécifications sur la conception, les propriétés mécaniques et chimiques du composant coulé ainsi que les essais requis. Il y a aussi des spécifications de l'AAR qui couvrent les exigences relatives aux fonderies qui fabriquent des pièces moulées, y compris des mâchoires, et un processus d'approbation de ces fonderies. Compte tenu de ce rôle, Transports Canada a demandé à l'AAR de communiquer avec le fabricant de la mâchoire, Workhorse Rail, afin de recueillir ses commentaires et de déterminer si des mesures supplémentaires sont nécessaires.

4.1.2 Chemin de fer Canadien Pacifique

Après l'événement, le Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) a apporté les modifications suivantes à ses activités au triage Alyth C :

4.1.2.1 Mesures et changements immédiats

- Un mécanicien de locomotive a été ajouté à toutes les manœuvres du triage C jusqu'à ce que tous les changements soient apportés.
- On a indiqué aux mécaniciens de locomotive de limiter l'effort de traction à un maximum de 600 A.

- La vitesse pour effectuer le poussage libre des wagons vides a été réduite à 4 mi/h et, pour des wagons chargés, à 1 mi/h.
- La pratique d'effectuer le poussage libre des wagons en serrant les freins a été éliminée.
- Le tonnage maximal sur la manœuvre d'aiguillage a été établie à 7000.
- Dix pour cent (10 %) des wagons devront être dotés de freins à air raccordés et alimentés pour être utilisés pendant l'aiguillage.
- La désignation des voies d'urgence n'est plus discrétionnaire. La voie CT-01 est la voie d'urgence désignée pour les 2 côtés du triage Alyth C.

4.1.2.2 **Changements physiques supplémentaires au triage Alyth C**

- La zone de dételage a été allongée pour passer de 300 pieds à 425 pieds.
- L'aiguillage maître a été élevé de 10 pouces pour ajouter une légère pente ascendante afin de faciliter le dételage.
- Sept freins de voie ont été installés sur la voie de refoulement entre le 21 janvier 2019 et le 6 février 2019. Ils ont été placés à l'ouest de l'emplacement de travail de l'exploitant de la zone de dételage.
- Des boutons d'activation des freins de voie d'urgence ont été placés à chaque extrémité de la zone de dételage.
- Des freins de voie ont été installés à toutes les voies situées à l'extrémité est de la gare de triage.

4.1.2.3 **Modifications supplémentaires au logiciel du STL sur les locomotives**

- Les locomotives avec système de télécommande de locomotive (STL) ont été reprogrammées pour limiter l'effort de traction maximal à 600 A.

4.1.3 **Transports Canada**

Le 18 janvier 2019, en application de l'article 31 la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, TC a transmis un avis assorti d'un ordre au CP à l'égard d'un risque imminent pour la sécurité ferroviaire en raison de mesures de protection insuffisantes dans les manœuvres effectuées à l'extrémité est de la gare de triage Alyth. L'avis assorti d'un ordre indique que les wagons qui partent à la dérive peuvent blesser des employés ou des membres du public ou compromettre l'environnement.

TC a reçu une réponse du CP décrivant les mesures prises par le CP à la suite de l'avis assorti d'un ordre. TC a déterminé que les mesures prises par le CP convenaient pour atténuer le risque imminent pour la sécurité ferroviaire, et l'avis assorti d'un ordre a été révoqué le 28 janvier 2019.

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 2 juin 2021. Le rapport a été officiellement publié le 9 juillet 2021.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (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 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 – Enquêtes du BST sur des mouvements non contrôlés

Numéro de l'événement	Date	Description	Lieu	Cause
R19C0002 (événement à l'étude)	2019-01-06	Collision et déraillement en voie non principale, Chemin de fer Canadien Pacifique, manœuvre de triage CW11-06, gare de triage Alyth	Calgary (Alberta)	Manœuvres sans freins à air
R18M0037	2018-12-04	Mort d'un employé, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train de manœuvre L57211-04, point milliaire 1,03, subdivision de Pelletier	Edmundston (Nouveau-Brunswick)	Immobilisation insuffisante
R18Q0046	2018-05-01	Mouvement non contrôlé et déraillement de matériel roulant en voie non principale, Chemin de fer QNS&L, rame de wagons	Sept-Îles (Québec)	Manœuvres sans freins à air
R18H0039	2018-04-14	Mouvement non contrôlé de matériel roulant, Chemin de fer Canadien Pacifique, système de télécommande de locomotive, train de manœuvre T16-13, point milliaire 195,5, subdivision de Belleville	Toronto (Ontario)	Perte de maîtrise
R18E0007	2018-01-10	Mouvement non contrôlé de matériel roulant, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train de marchandises L76951-10, point milliaire 0,5, embranchement industriel de Luscar	Leyland (Alberta)	Perte de maîtrise
R17W0267	2017-12-22	Mort accidentelle d'une employée, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train facultatif de manœuvre Y1XS-01	Melville (Saskatchewan)	Manœuvres sans freins à air
R17V0096	2017-04-20	Mouvement non contrôlé, collision et déraillement de matériel roulant en voie non principale, Englewood Railway, Western Forest Products Inc., rame de wagons	Woss (Colombie-Britannique)	Manœuvres sans freins à air
R16W0242	2016-11-29	Mouvement non contrôlé, collision et déraillement, Chemin de fer Canadien Pacifique, train de ballast BAL-27 et train de marchandises 293-28, point milliaire 138,70, subdivision de Weyburn	Estevan (Saskatchewan)	Perte de maîtrise
R16T0111	2016-06-17	Mouvement non contrôlé de matériel ferroviaire, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, système de télécommande de locomotive, manœuvre de triage de l'embranchement industriel ouest de 21 h, point milliaire 23,9, subdivision de York, triage MacMillan	Vaughan (Ontario)	Perte de maîtrise
R16W0074	2016-03-27	Mouvement non contrôlé de matériel ferroviaire, Chemin de fer Canadien Pacifique, manœuvre de formation au système de télécommande de locomotive de 23 h, point milliaire 109,7, subdivision de Sutherland	Saskatoon (Saskatchewan)	Manœuvres sans freins à air

Numéro de l'événement	Date	Description	Lieu	Cause
R16W0059	2016-03-01	Matériel roulant à la dérive, Cando Rail Services, Co-op Refinery Complex, point milliaire 91,10, subdivision de Quappelle de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada	Regina (Saskatchewan)	Immobilisation insuffisante
R15D0103	2015-10-29	Wagons partis à la dérive et déraillement en voie non principale, Chemin de fer Canadien Pacifique, rame de wagons entreposée, point milliaire 2,24, embranchement d'Outremont	Montréal (Québec)	Immobilisation insuffisante
R15T0173	2015-07-29	Dérive, collision et déraillement de matériel roulant en voie non principale, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, rame de wagons et train A42241-29, point milliaire 0,0, subdivision de Halton, triage MacMillan	Concord (Ontario)	Manœuvres sans freins à air
R13D0054	2013-07-06	Train parti à la dérive et déraillement en voie principale, train de marchandises MMA-002 de la Montreal, Maine & Atlantic Railway, point milliaire 0,23, subdivision de Sherbrooke	Lac-Mégantic (Québec)	Immobilisation insuffisante
R12E0004	2012-01-18	Collision en voie principale, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, matériel roulant à la dérive et train A45951-16, point milliaire 44,5, subdivision de Grande Cache	Hanlon (Alberta)	Immobilisation insuffisante
R11Q0056	2011-12-11	Train parti à la dérive, Chemin de fer QNS&L, train de marchandises LIM-55, point milliaire 67,20, subdivision de Wacouna	Dorée (Québec)	Perte de maîtrise
R09D0053	2009-09-09	Collision hors d'une voie principale, VIA Rail Canada Inc., locomotive 6425, Centre de maintenance de Montréal de VIA Rail Canada Inc.	Montréal (Québec)	Manœuvres sans freins à air
R09T0057	2009-02-11	Train à la dérive et déraillement hors d'une voie principale, Southern Ontario Railway, train de manœuvre de 9 h de Hagersville, points milliaires 0,10 et 1,9, embranchement Hydro	Nanticoke (Ontario)	Immobilisation insuffisante
R08V0270	2008-12-29	Dérive et collision hors d'une voie principale, Kettle Falls International Railway, mission de Waneta, point milliaire 141,20, subdivision de Kettle Falls	Waneta (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise
R07H0015	2007-07-04	Matériel roulant à la dérive, Chemin de fer Canadien Pacifique, rame de wagons à la dérive, point milliaire 119,5, subdivision de Winchester	Smiths Falls (Ontario)	Immobilisation insuffisante
R07V0109	2007-04-23	Déraillement sur une voie non principale, Kootenay Valley Railway (KVR), manœuvre 0700 Trail, point milliaire 19,0, subdivision de Rossland	Trail (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise

Numéro de l'événement	Date	Description	Lieu	Cause
R06V0183	2006-09-03	Train à la dérive et déraillement, White Pass and Yukon Route, train de travaux 114, point milliaire 36,5, subdivision de Canadian	Log Cabin (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise
R06V0136	2006-06-29	Matériel roulant parti à la dérive et déraillement, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train de marchandises L-567-51-29, point milliaire 184,8, subdivision de Lillooet	Près de Lillooet (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise
R05H0011	2005-05-02	Wagons à la dérive et collision en voie principale, Ottawa Central Railway, train de marchandises no 441, point milliaire 34,69, subdivision d'Alexandria	Maxville (Ontario)	Immobilisation insuffisante
R04V0100	2004-07-08	Matériel roulant à la dérive, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train M - 359-51-07, point milliaire 57,7, subdivision de Fraser	Bend (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise
R03T0026	2003-01-21	Collision dans un triage, Chemin de fer Canadien Pacifique, wagon no HOKX 111044, point milliaire 197,0, subdivision de Belleville, triage de Toronto	Agincourt (Ontario)	Manœuvres sans freins à air
R03T0047	2003-01-22	Collision dans un triage, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, wagon-citerne PROX 77811, point milliaire 25,0, subdivision de York	Toronto (Ontario)	Manœuvres sans freins à air
R99D0159	1999-08-27	Wagons partis à la dérive, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, point milliaire 69,4, subdivision de Kingston, antenne Wesco	Cornwall (Ontario)	Immobilisation insuffisante
R98M0029	1998-09-24	Dérive de wagons, collision et déraillement en voie principale, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train no A402-21-24, point milliaire 105,4, subdivision de Mont-Joli	Mont-Joli (Québec)	Immobilisation insuffisante
R98M0020	1998-07-31	Dérive d'un wagon et collision en voie principale, VIA Rail Canada Inc., train de voyageurs numéro 14 et wagon de type « five-pak » à la dérive, point milliaire 105,7, subdivision de Mont-Joli du Chemin de fer de la Matapédia	Mont-Joli (Québec)	Immobilisation insuffisante
R97C0147	1997-12-02	Dérive de wagons et déraillement, Chemin de fer Canadien Pacifique, train no 353-946, subdivision de Laggan	Field (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise
R96C0172	1996-08-12	Collision en voie principale, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train 117 et 20 wagons partis à la dérive, point milliaire 122,9, subdivision d'Edson	Près d'Edson (Alberta)	Immobilisation insuffisante
R96C0209	1996-10-09	Wagons partis à la dérive, Chemin de fer Canadien Pacifique, manœuvre de triage de 7 h, point milliaire 166,2, subdivision de Willingdon, voie d'échange de Clover Bar	Edmonton (Alberta)	Immobilisation insuffisante

Numéro de l'événement	Date	Description	Lieu	Cause
R96T0137	1996-04-24	Cinq wagons-citernes partis à la dérive, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, point milliaire 0,0, subdivision Hagersville	Nanticoke (Ontario)	Immobilisation insuffisante
R96C0086	1996-04-13	Train parti à la dérive, Chemin de fer Canadien Pacifique, train de marchandises no 607-042, point milliaire 133,0, subdivision de Laggan	Field (Colombie-Britannique)	Perte de maîtrise
R95M0072	1995-12-14	Wagons partis à la dérive, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, train no 130-13, point milliaire 0,0, subdivision de Pelletier	Edmundston (Nouveau-Brunswick)	Immobilisation insuffisante
R94V0006	1994-01-18	Train parti à la dérive, Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, point milliaire 175, subdivision de Grande Cache	Latornell (Alberta)	Perte de maîtrise