



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R22D0106

DÉRAILLEMENT EN VOIE NON PRINCIPALE

Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada

Train M32621-11

Point milliaire QM 192,1, subdivision de Montreal de la compagnie

CSX Transportation

Près de Huntingdon (Québec)

11 décembre 2022

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 R22D0106* (publié le 8 février 2024).

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@bst.gc.ca

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

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R22D0106

N° de cat. TU3-11/22-0106F-PDF

ISBN 978-0-660-69881-6

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	4
1.1 L'événement	4
1.2 Examen des lieux	7
1.3 Renseignements consignés	8
1.4 Renseignements sur l'équipe	9
1.5 Renseignements sur la subdivision et sur la voie	9
1.6 Procédures d'interchange entre les trains du Canadien national et de CSX Transportation	9
1.7 Systèmes d'aiguillage	10
1.7.1 Description des systèmes d'aiguillage en régulation de l'occupation de la voie au Canada	10
1.7.2 Système « power-assisted switch » de CSX Transportation aux extrémités de la voie d'évitement Carr	11
1.7.3 Instructions spéciales de CSX Transportation sur l'utilisation des aiguillages « power-assisted switch »	13
1.7.4 Dérailleur interconnecté au système « power-assisted switch »	13
1.7.5 Identification du dérailleur	14
1.7.6 Visibilité de la cible d'aiguillage et du dérailleur	16
1.8 Prise en charge du train CN M326	16
1.8.1 Préparatifs de départ	16
1.8.2 Séquence double tonalité multifréquence composée par le mécanicien de locomotive	17
1.8.3 Attention partagée et performance humaine	17
2.0 Analyse	19
2.1 L'événement	19
2.2 Séquence double tonalité multifréquence commandant l'aiguillage	19
2.3 Instructions relatives aux aiguillages radiocommandés en régulation de l'occupation de la voie	21
2.4 Dérailleur	21
2.5 Enregistreur audio-vidéo de locomotive	22
3.0 Faits établis	24
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	24
3.2 Faits établis quant aux risques	24
3.3 Autres faits établis	24
4.0 Mesures de sécurité	26
4.1 Mesures de sécurité prises	26
4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada	26
4.1.2 Transports Canada	26
4.1.3 CSX Transportation	26

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R22D0106

DÉTAILLEMENT EN VOIE NON PRINCIPALE

Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada

Train M32621-11

Point milliaire QM 192,1, subdivision de Montreal de la compagnie CSX Transportation

Près de Huntingdon (Québec)

11 décembre 2022

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

Résumé

Le 11 décembre 2022, vers 19 h 12, heure normale de l'Est, le train M32621-11 (CN M326) de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada circulait vers le nord à environ 22 mi/h dans la voie d'évitement Carr sur la subdivision de Montreal, propriété de la compagnie CSX Transportation, près de Huntingdon (Québec). À l'approche de l'aiguillage menant à la voie principale, au point milliaire QM 192,1 (gare White), les 2 locomotives de tête et 6 plateformes intermodales ont quitté la voie en franchissant un dérailleur à aiguille. Il n'y a eu aucun blessé.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 L'événement

Le 11 décembre 2022, le train M621 de la compagnie CSX Transportation (CSXT M621) a quitté le terminal de Massena, à New York (États-Unis) vers 17 h 30. Le train, exploité par une équipe de CSXT, était constitué de 2 locomotives et de 37 wagons dont 3 wagons comportant 13 plateformes intermodales chargées de conteneurs¹. Le train mesurait 3223 pieds et pesait 3031 tonnes².

Vers 18 h 17, le CSXT M621 est arrivé à la voie d'évitement Carr au point milliaire QM 191 de la subdivision de Montreal, près de Huntingdon (Québec) (figure 1), endroit désigné pour l'interchange des trains entre CSXT et la Compagnie des chemins de fer nationaux du

¹ Deux des wagons étaient de type « five-pak » comportant 5 plateformes intermodales chacun et l'autre était de type « three-pak » constitué de 3 plateformes intermodales.

² Dans le présent rapport, « tonne » désigne une tonne courte, soit 2000 livres ou environ 907 kg.

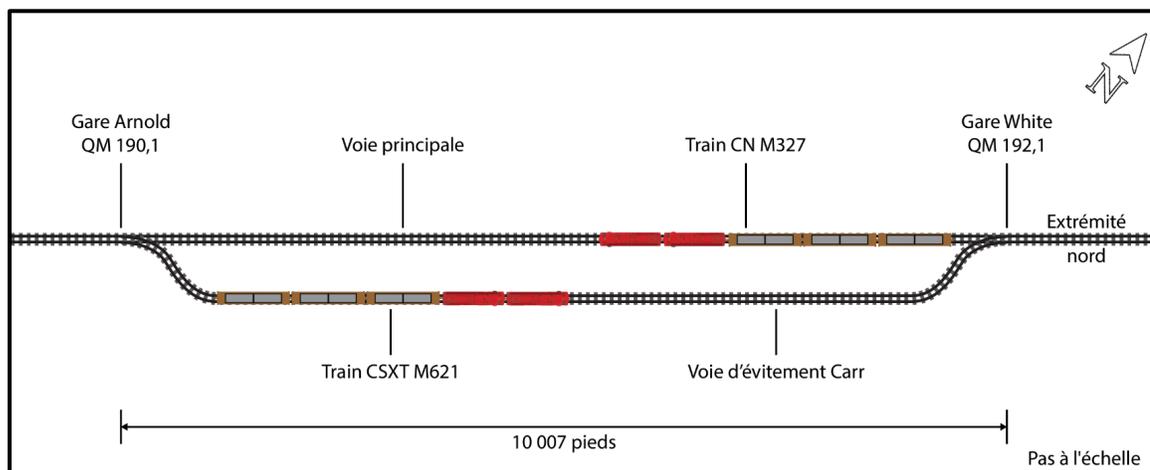
Canada (CN). Selon la procédure habituelle, l'équipe de CSXT a immobilisé le train sur la voie d'évitement de façon à ce que les locomotives de tête soient situées au centre de cette dernière.

Figure 1. Lieu de l'événement (Source : Google Maps, avec annotations du BST)



Plus tôt dans la journée, vers 15 h, le train M327 du CN (CN M327), exploité par une équipe de cette compagnie, avait quitté le triage Taschereau à Montréal (Québec) en direction du point d'interchange. À l'approche de la voie d'évitement Carr, l'équipe a immobilisé le train CN M327 sur la voie principale, les locomotives de tête situées vis-à-vis de celles du CSXT M621 (figure 2). Cette façon de faire permet de faciliter le transfert des équipes de train tout en maintenant libre autant que possible l'extrémité nord de la voie d'évitement (gare White).

Figure 2. Position des trains au point d'interchange (Source : BST)



Vers 18 h 54, les 2 équipes ont procédé à la prise en charge de leur train respectif afin de retourner à leur terminal d'origine. Le train CN M327, pris en charge par l'équipe de CSXT (désormais désigné sous le nom CSXT L034) a quitté le point d'interchange pour se diriger vers le sud après avoir obtenu l'autorisation du contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) de CSXT situé à Jacksonville, en Floride (États-Unis).

Le chef de train (CDT) et le mécanicien de locomotive (ML) du CN sont montés à bord du train CSXT M621 (désormais désigné sous le nom CN M326) et ont procédé aux vérifications d'usage avant le départ. Ils ont communiqué par radio avec le CCF de CSXT afin d'obtenir l'autorisation de quitter la voie d'évitement pour emprunter la voie principale en direction nord.

Après que le CDT a obtenu l'autorisation du CCF d'occuper la voie principale qui est régie par la régulation de l'occupation de la voie (ROV)³, le ML du train CN M326 a quitté la cabine de la locomotive de tête (CN 2237) pour se rendre sur la deuxième locomotive (CN 5719) afin de vérifier si les contrôles de marche en unités multiples étaient correctement réglés. À son retour, il a placé le levier d'inversion du sens de marche en position avant, relâché le frein indépendant et placé le manipulateur de traction au premier cran de marche. Il a par la suite composé, sur la radio ferroviaire de la locomotive, une séquence double tonalité multifréquence (DTMF)⁴ avec l'intention d'orienter l'aiguillage⁵ télécommandé de la voie principale à la gare⁶ White afin que le train puisse entrer sur la

³ Méthode d'exploitation de régulation de l'occupation de la voie selon la règle 301 du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, Transports Canada.

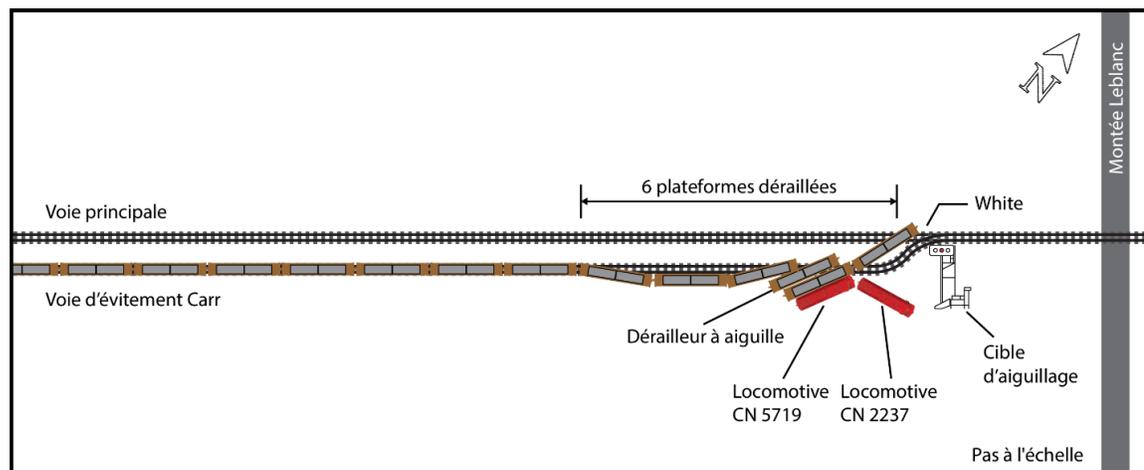
⁴ La radio ferroviaire transmet des commandes par l'entremise de la signalisation double tonalité multifréquence (DTMF), une technologie de télécommunication permettant de transférer de l'information entre appareils radio via un code numérique composé sur un clavier et retransmis au moyen de tonalités audio sur des fréquences vocales.

⁵ Le moteur de l'aiguillage est contrôlé par des commandes radio.

⁶ Au sens du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, une « gare » est un endroit repéré et nommé par un panneau indicateur et nommé dans l'indicateur.

voie principale. Le feu de la cible d'aiguillage est alors passé du rouge au vert et un message de confirmation audio provenant du système PAS (« power-assisted switch »)⁷ a été transmis sur la radio ferroviaire. Vers 19 h 12, alors que le train roulait à 22 mi/h, il a déraillé en franchissant le dérailleur à aiguille⁸ au nord de la voie d'évitement (figure 3). À ce moment, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché.

Figure 3. Lieu du déraillement (Source : BST)



Au moment de l'événement, la température était de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, le ciel était couvert et il neigeait légèrement.

Personne n'a été blessé. Aucun wagon transportant des marchandises dangereuses n'était en cause dans le déraillement. Approximativement 400 litres de carburant diesel se sont échappés des locomotives.

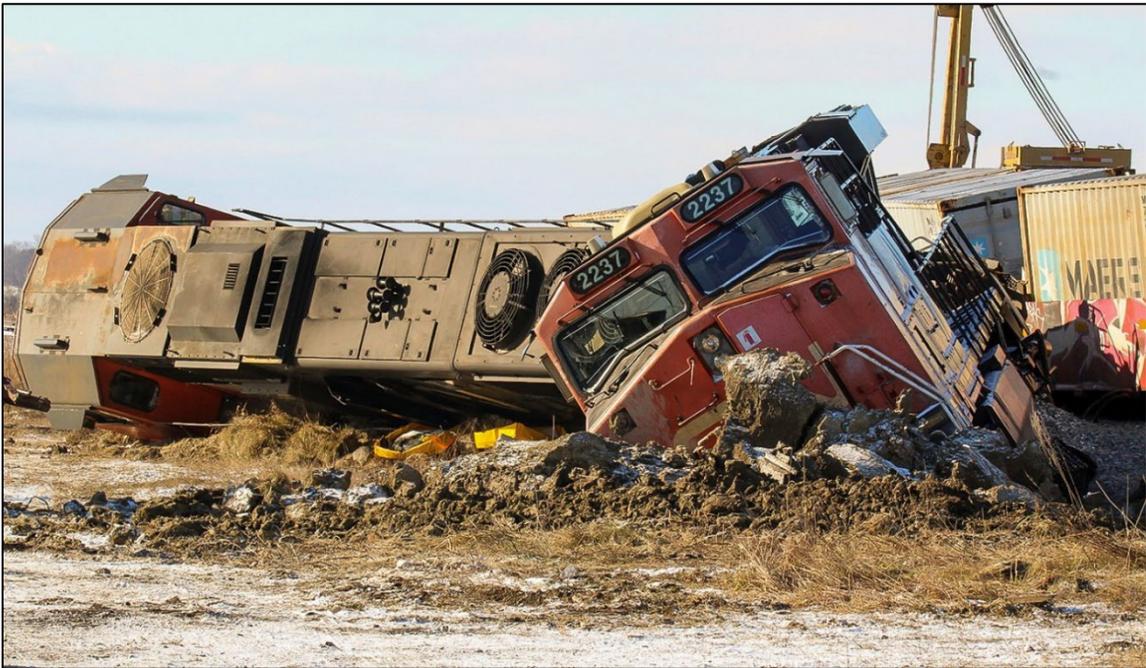
1.2 Examen des lieux

À la suite du déraillement, la locomotive de tête CN 2237 s'est enfoncée en partie dans le sol du côté est de la voie, dans une position inclinée à 45 degrés. La locomotive CN 5719 s'est renversée sur le côté (figure 4).

⁷ Lorsque l'aiguillage est orienté en position normale, le système PAS transmet le message audio suivant sur le canal d'attente de la radio ferroviaire : « CSX north end Carr siding switch at milepost 192.12, switch is normal, repeat, switch is normal. CSX switch 192.12 out. »

⁸ Ce dérailleur, qui est interconnecté au système d'aiguillage, permet de protéger la voie principale en cas de dérive de matériel roulant entreposé sur la voie d'évitement.

Figure 4. Locomotives de tête déraillées (Source : Érick Ouellet, photographe)



La tête d'attelage derrière la locomotive CN 5719 s'est rompue et le premier wagon de type « five-pak » s'est immobilisé, chevauchant une partie de la voie principale. Cinq plateformes intermodales ont déraillé de même que le bogie de la première plateforme du deuxième wagon de type « five-pak ».

Une partie de la voie d'évitement et de la voie principale a été endommagée au point de déraillement.

1.3 Renseignements consignés

Le BST a recueilli et examiné les données des consignateurs d'événements des locomotives en cause, l'enregistrement de la caméra orientée vers l'avant ainsi que les données de l'enregistreur audio-vidéo de locomotive (EAVL) de la locomotive de tête.

Selon les données des consignateurs d'événements des locomotives, avant le déraillement, le train roulait à 22 mi/h et accélérail. Aucun freinage d'urgence n'a été initié par le ML avant le déraillement.

Les données du système EAVL de la locomotive de tête ne comportaient que des enregistrements vidéo. Il n'y avait pas d'enregistrement audio provenant des microphones à l'intérieur de la cabine en raison d'une problématique liée au système de géorepérage⁹. Cette fonction permet de couper l'enregistrement audio de la cabine lorsque le train circule aux États-Unis afin de respecter la réglementation de ce pays¹⁰. L'accident s'étant produit

⁹ Le système EAVL installé à bord des locomotives ne peut déterminer avec précision la position géographique exacte du train.

¹⁰ Selon la réglementation américaine, il n'est pas permis d'enregistrer les conversations des membres des équipes de train dans la cabine de locomotive lorsqu'ils sont en service.

près de la frontière canado-américaine, le système a empêché l'activation des microphones dans la cabine.

1.4 Renseignements sur l'équipe

Les membres de l'équipe du train CN M326 étaient qualifiés pour leur poste respectif et satisfaisaient aux exigences de repos et d'aptitude au travail. Tous deux connaissaient bien le territoire; ils travaillaient sur cette affectation depuis environ 1 mois et y avaient déjà travaillé par le passé. Le ML possédait plus de 15 ans d'expérience et le CDT avait acquis plus de 7 ans d'expérience. Ils avaient commencé leur quart de travail sur le train CN M327 à 13 h 50 le 11 décembre 2022 au triage Taschereau du CN.

1.5 Renseignements sur la subdivision et sur la voie

La subdivision de Montreal de CSXT s'étend de la frontière canado-américaine de Fort Covington, New York (États-Unis), au point milliaire QM 183,1, jusqu'à Adirondack Jonction au point milliaire QM 238,4, près de Châteauguay (Québec). Il s'agit d'un territoire non signalisé¹¹ sur lequel les mouvements sont régis par les règles de ROV. Un CCF situé à Jacksonville dirige la circulation sur la subdivision en transmettant les feuilles de libération, les permis d'occuper la voie, les bulletins de marche et les autres instructions nécessaires. La voie principale est de catégorie 3¹² et la vitesse maximale autorisée dans l'indicateur est de 25 mi/h. En moyenne, 4 trains circulent quotidiennement sur la subdivision. En 2022, 2,2 millions de tonnes-milles brutes par mille de voie ont été enregistrées sur cette subdivision.

Dans les environs du lieu du déraillement, la voie d'évitement Carr mesure 10 007 pieds et chaque extrémité est identifiée par des noms de gare distinctifs (Arnold au sud et White au nord). La vitesse maximale autorisée dans cette voie et sur les branchements la reliant à la voie principale est de 25 mi/h. La voie est en tangente et le profil ne présente pas de déclivité importante. Les rails et les traverses étaient en bon état. Il y a un passage à niveau près de l'extrémité nord, à la gare White.

1.6 Procédures d'interchange entre les trains du Canadien national et de CSX Transportation

Le CN et CSXT procèdent à l'interchange de trains sur une base quasi quotidienne sur la subdivision de Montreal de CSXT. Généralement, les équipes du CN travaillant sur cette affectation sont appelées en fin d'avant-midi sur l'affectation CN M327 et prennent leur service en début d'après-midi à leur terminal d'attache à Montréal. L'heure d'appel de l'équipe du train est établie en fonction des manœuvres à être effectuées en cours de route

¹¹ Les territoires signalisés sont, pour la plupart, régis par la commande centralisée de la circulation et équipés de signaux lumineux utilisés pour contrôler la circulation des trains.

¹² Transports Canada, *Règlement concernant la sécurité de la voie* (15 décembre 2021), partie II, section A.

et coordonnée avec CSXT afin que les 2 trains puissent atteindre le point d'interchange approximativement à la même heure.

1.7 Systèmes d'aiguillage

1.7.1 Description des systèmes d'aiguillage en régulation de l'occupation de la voie au Canada

Au Canada, la majorité des aiguillages de voie principale en ROV sont des aiguillages à manœuvre manuelle (figure 5)¹³. Les procédures d'opération de ces aiguillages sont détaillées dans la règle 104 du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF). À cet effet, la règle 104(q) précise ce qui suit :

L'employé manœuvrant un aiguillage de voie principale à manœuvre manuelle dans un territoire non signalisé doit, depuis l'emplacement de cet aiguillage, communiquer avec un autre employé pour confirmer la position dans laquelle l'aiguillage a été laissé et cadenassé. L'employé destinataire de ce rapport doit le répéter à l'employé qui a manœuvré l'aiguillage. La communication peut se faire par contact personnel, par radio ou par téléphone. Un employé seul, incapable de communiquer avec un employé autre que le CCF, doit communiquer avec celui-ci¹⁴.

¹³ Aiguillage à manœuvre manuelle de voie principale – Aiguillage rattaché à une voie principale utilisé pour orienter du matériel roulant ou un véhicule d'entretien en direction ou en provenance de la voie principale (Transports Canada, *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* [9 mai 2022], Définitions).

¹⁴ Transports Canada, *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (9 mai 2022), règle 104(q).

Figure 5. Aiguillage à manœuvre manuelle typique en régulation de l'occupation de la voie (Source : BST)



1.7.2 Système « power-assisted switch » de CSX Transportation aux extrémités de la voie d'évitement Carr

En 2015, CSXT a mis en service 3 systèmes PAS sur sa subdivision de Montreal, notamment aux extrémités de la voie d'évitement Carr. Il s'agit d'aiguillages de type à double commande¹⁵ reliés à une interface permettant de les contrôler par radio à partir de la cabine de la locomotive ou à l'aide d'une radio ferroviaire portative. L'indication visuelle de la position de l'aiguillage est représentée par une cible électronique comportant un feu de couleur (figure 6).

¹⁵ Aiguillage motorisé commandé électriquement, qui peut aussi être manœuvré à la main.

Figure 6. Aiguillage et cible électronique à l'extrémité nord de la voie d'évitement Carr (Source : BST)



Conformément aux pratiques d'exploitation normalisées des chemins de fer du Canada, les cibles d'aiguillage de voie principale sont considérées comme des repères qui, en plus d'indiquer la position de l'aiguillage, aident l'équipe d'un train à déterminer l'emplacement exact de l'aiguillage.

Pour actionner un aiguillage PAS, une séquence DTMF doit être transmise sur le canal d'attente radio de la subdivision. Chaque aiguillage PAS possède 2 séquences distinctes permettant de manœuvrer l'aiguillage en fonction de l'itinéraire à suivre. Un panneau placé à l'approche de l'aiguillage rappelle aux équipes la nécessité de transmettre la séquence. Une fois la séquence transmise, la position de l'aiguillage est confirmée par la couleur du feu de la cible électronique d'aiguillage (tableau 1) ainsi que par un message de confirmation audio transmis sur la radio ferroviaire.

Tableau 1. Couleur du feu de la cible électronique d'aiguillage et position correspondante

Feu de la cible d'aiguillage	Position de l'aiguillage	Itinéraire
Vert	Normale	Voie directe (principale)
Jaune	Renversée	Voie d'évitement
Rouge	Hors correspondance	Aucun

Le système est doté d'une minuterie, d'un circuit d'occupation de la voie et d'un réchauffeur d'aiguilles. La zone du circuit est délimitée par des panneaux indicateurs en bordure de voie. Une fois la séquence DTMF transmise, le mouvement dispose de 10 minutes pour

atteindre le circuit d'occupation. Le feu de la cible d'aiguillage revient à la couleur rouge après l'expiration du délai ou dès qu'un mouvement franchit l'aiguillage. Le système permet d'augmenter l'efficacité des opérations puisque les membres de l'équipe n'ont pas besoin de sortir de la cabine de la locomotive pour manœuvrer l'aiguillage.

1.7.3 **Instructions spéciales de CSX Transportation sur l'utilisation des aiguillages « power-assisted switch »**

L'utilisation des aiguillages PAS de CSXT est régie par des instructions spéciales comprises dans l'indicateur de la subdivision de Montreal ainsi que dans le Canadian Operations Manual (manuel d'exploitation pour le Canada) de CSXT. Ces instructions spéciales décrivent les différentes séquences DTMF en vigueur, les procédures à employer pour les transmettre sur la radio ferroviaire, ainsi que les particularités du fonctionnement du système d'aiguillage et de la cible électronique. Les instructions renferment également les procédures qui s'appliquent dans les cas où l'aiguillage devrait être manœuvré manuellement à la suite d'une défectuosité du système.

Ces instructions spéciales n'exigent pas¹⁶ que les membres de l'équipe du train confirment entre eux :

- la position de l'aiguillage requise pour l'itinéraire à suivre;
- la séquence DTMF à employer;
- la validation des indications de confirmation transmises par le système PAS après l'exécution des commandes par le système.

1.7.4 **Dérailleur interconnecté au système « power-assisted switch »**

La voie d'évitement Carr est munie de dérailleurs électriques motorisés à chacune de ses extrémités. Il s'agit de dérailleurs à double pointe placés au-delà du point d'obstruction de la voie principale à environ 450 pieds de l'aiguillage et dotés de réchauffeurs d'aiguilles (figure 7).

¹⁶ Les aiguillages radiocommandés en voie principale ne sont pas très répandus au Canada. Lorsque ce type d'aiguillage est employé, les procédures relatives à son utilisation comprennent, en général, des instructions spéciales voulant que les membres de l'équipe à portée de voix confirment l'itinéraire souhaité et la séquence applicable avant de transmettre cette séquence. Par exemple, l'indicateur de la Division Est (directives particulières à la subdivision de Lacolle) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CPKC) renferme de telles instructions.

Figure 7. Dérailleur de la voie d'évitement Carr à la gare White (Source : BST)



Ces dérailleurs, interconnectés au système d'aiguillage PAS, permettent de protéger la voie principale de tout mouvement non contrôlé de matériel roulant, en conformité avec la règle 112a)(i) du REF. Lorsque l'aiguillage est orienté en position normale ou lorsqu'il est en condition « hors correspondance », le dérailleur est en position de déraillement (tableau 2).

Tableau 2. Couleur du feu de la cible électronique d'aiguillage et position correspondante du dérailleur

Feu de la cible d'aiguillage	Position de l'aiguillage	Position du dérailleur	Itinéraire
Vert	Normale	Déraillement	Voie directe (principale)
Jaune	Renversée	Non-déraillement	Voie d'évitement
Rouge	Hors correspondance	Déraillement	Aucun

1.7.5 Identification du dérailleur

La section E du *Règlement concernant la sécurité de la voie* approuvé par Transports Canada spécifie les exigences minimales relatives à divers appareils de voie, dont les dérailleurs. Selon ce règlement, « [l]es dérailleurs doivent être clairement visibles. Lorsqu'un dérailleur est en position bloquée, il doit être impossible de le manœuvrer sans enlever le cadenas¹⁷. »

¹⁷ Transports Canada, *Règlement concernant la sécurité de la voie* (15 décembre 2021), partie II, section E.

La règle 104.5(a) du REF stipule :

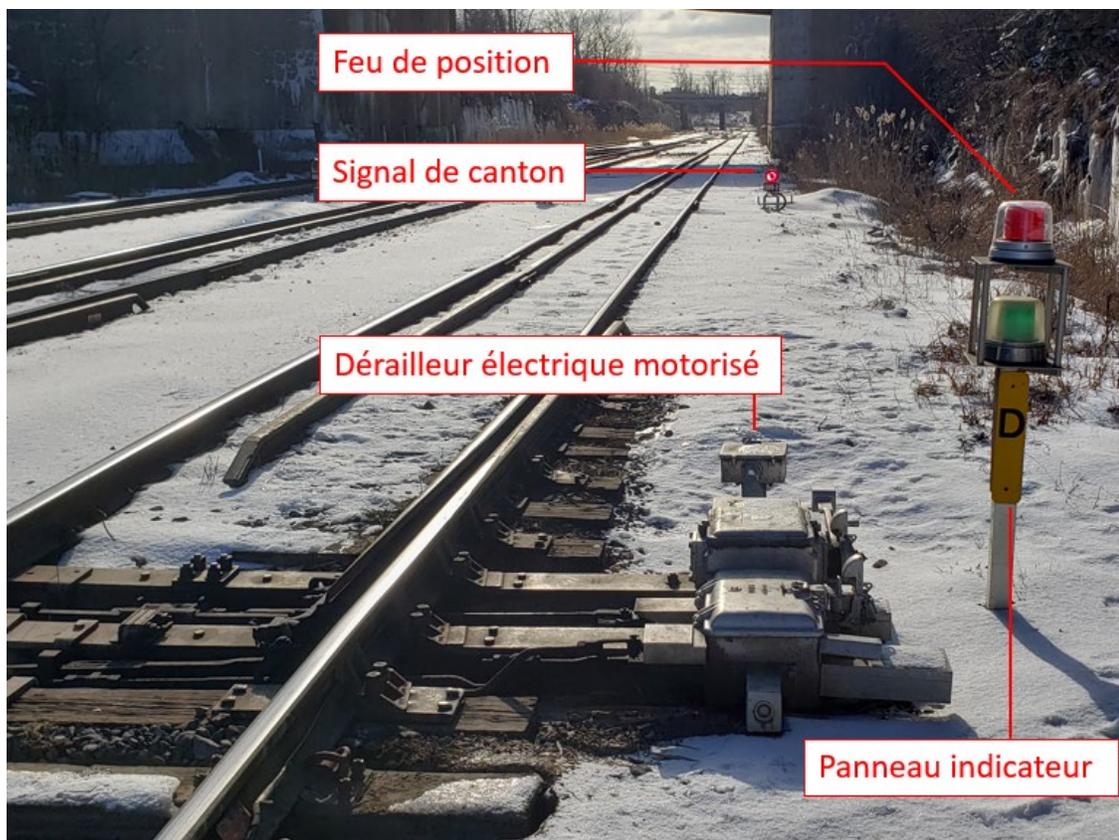
L'emplacement de chaque dérailleur sera repéré par un panneau indicateur, sauf indication contraire dans des instructions spéciales. Les employés doivent bien connaître l'emplacement de chaque dérailleur¹⁸.

Dans la voie d'évitement Carr :

- il n'y a pas de panneau indiquant la présence des dérailleurs;
- les instructions spéciales en vigueur au moment de l'événement ne faisaient pas mention de la présence des dérailleurs;
- les dérailleurs ne sont pas équipés de cible distincte permettant de constater s'ils sont en position de déraillement ou de non-déraillement.

La plupart des dérailleurs électriques motorisés radiocommandés et interfacés à la signalisation ferroviaire au Canada sont équipés d'un feu de position distinct et d'un panneau indicateur réfléctorisé (figure 8).

Figure 8. Exemple de dérailleur radiocommandé équipé d'un feu de position et d'un panneau indicateur (Source : BST)

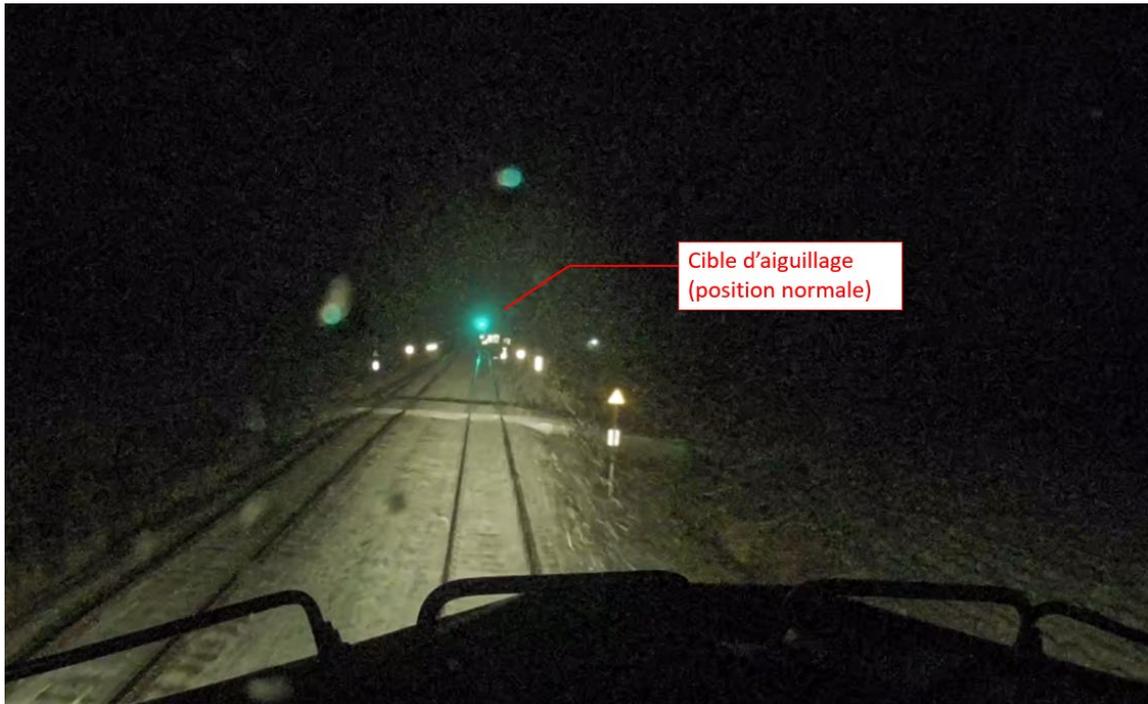


¹⁸ Transports Canada, *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (9 mai 2022), règle 104.5(a).

1.7.6 Visibilité de la cible d'aiguillage et du dérailleur

Lors de l'événement à l'étude, une fois l'aiguillage passé en position normale, le feu de la cible électronique d'aiguillage, qui était passé au vert, était bien visible (figure 9), mais il n'était pas possible de distinguer la position des aiguilles du dérailleur.

Figure 9. Image de la caméra vidéo orientée vers l'avant de la locomotive (Source : CN, avec annotations du BST)



1.8 Prise en charge du train CN M326

1.8.1 Préparatifs de départ

L'équipe du CN est arrivée vers 18 h 51 au point d'interchange de la voie d'évitement Carr à bord du train CN M327. Le CDT et le ML sont montés à bord de la locomotive de tête du CN M326 vers 18 h 54. Dès leur arrivée à bord, les membres de l'équipe se sont installés à leur poste de travail respectif et ont effectué plusieurs tâches :

- Le ML s'est assuré que tous les dispositifs de commande sur la locomotive de tête étaient réglés de façon adéquate.
- Le ML a sélectionné le canal du CCF sur la radio ferroviaire.
- Le CDT a communiqué avec le CCF et a obtenu l'autorisation ROV permettant au train de quitter la voie d'évitement pour s'engager sur la voie principale.
- Vers 19 h 06, le ML a quitté momentanément la cabine de la locomotive de tête pour se rendre sur la deuxième locomotive afin de vérifier si les contrôles de marche en unités multiples étaient correctement réglés.
- Le CDT a effectué la vérification des documents pertinents au mouvement.

- À son retour dans la cabine de la locomotive de tête, le ML a immédiatement mis le train en marche.
- Le CDT a sorti de son sac plusieurs contenants renfermant son repas et a utilisé le four à micro-ondes de la locomotive.
- Alors que le ML augmentait progressivement la vitesse du train à l'aide du manipulateur de traction, il effectuait la vérification des différents interrupteurs sur la console de la locomotive.
- Le ML a vérifié à plusieurs reprises le panneau de disjoncteurs derrière lui afin de s'assurer que le système de dégivrage était en fonction¹⁹.
- Tout en continuant à augmenter l'effort de traction des locomotives, le ML a consulté un aide-mémoire relatif à l'affectation afin d'identifier la séquence DTMF pour placer l'aiguillage en position appropriée.
- Alors que le ML composait la séquence DTMF sélectionnée sur le clavier de la radio ferroviaire, le CDT était debout près de la console et discutait avec lui.

1.8.2 Séquence double tonalité multifréquence composée par le mécanicien de locomotive

Le ML a consulté l'aide-mémoire afin d'identifier la séquence DTMF permettant d'aligner l'itinéraire du train de façon à ce qu'il puisse sortir de la voie d'évitement et s'engager sur la voie principale (aiguillage en position renversée et dérailleur en position de non-déraillement). Le ML a sélectionné et composé, sur le clavier de la radio ferroviaire, la première séquence DTMF inscrite sur le document. Cette séquence commandait à l'aiguillage de se placer en position normale (aiguillage en position voie directe et dérailleur en position de déraillement). Une fois l'aiguillage passé en position normale, le feu de la cible électronique d'aiguillage est passé au vert et le système PAS a transmis, par le biais de la radio ferroviaire, un message audio confirmant la position de l'aiguillage pour la voie directe. Les membres de l'équipe n'ont pas relevé d'anomalie quant à ces indications; le train a poursuivi sa marche.

1.8.3 Attention partagée et performance humaine

L'attention est un état dans lequel les ressources cognitives d'une personne sont concentrées sur certains aspects de l'environnement plutôt que sur d'autres²⁰. L'attention partagée est quand l'attention d'une personne est sur 2 ou plusieurs canaux d'information en même temps afin d'accomplir 2 ou plusieurs tâches simultanément²¹.

¹⁹ Même si la visibilité était encore bonne, les précipitations sous forme de neige avaient commencé à s'intensifier et le ML voulait éviter la formation de glace sur le pare-brise.

²⁰ American Psychological Association, *APA Dictionary of Psychology*, « attention », à <https://dictionary.apa.org/attention> (dernière consultation le 25 janvier 2024).

²¹ American Psychological Association, *APA Dictionary of Psychology*, « divided attention », à <https://dictionary.apa.org/divided-attention> (dernière consultation le 25 janvier 2024).

La Federal Railroad Administration (FRA) des États-Unis définit l'attention comme un comportement qu'une personne utilise pour concentrer ses sens sur l'information qui importe à l'extérieur de la cabine, à l'intérieur de la cabine et sur la radio ferroviaire. Le fait de porter attention à de l'information qui n'est pas importante constitue une distraction, car les personnes ont une capacité limitée d'attention²². Pour un ML, se concentrer sur ce qui est important signifie de porter son attention sur les éléments critiques à un moment donné, notamment :

- les indications des signaux;
- la position des aiguillages;
- l'approche des passages à niveau;
- le contrôle de la vitesse du train;
- l'indication des systèmes d'affichage de locomotive;
- la sélection des canaux sur la radio ferroviaire;
- la communication des restrictions et indications des signaux fixes avec le CDT.

L'humain possède l'habileté de pouvoir choisir où il peut porter son attention afin de se concentrer sur ce qui est important. Cependant, partager son attention sur plusieurs aspects résulte en une réduction de performance, ce qui peut contribuer à un incident ou un accident²³.

²² U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, « Attention: Definition and Examples » (dernière mise à jour le 3 décembre 2019).

²³ Ibid.

2.0 ANALYSE

Les données recueillies dans le cadre de l'enquête indiquent que les 2 membres de l'équipe étaient aptes au travail. Aucune condition médicale ou physiologique, incluant la fatigue, n'aurait affecté leur performance. L'analyse se concentrera sur les séquences double tonalité multifréquence (DTMF) contrôlant l'aiguillage, les instructions relatives aux aiguillages à double commande radiocommandés en régulation de l'occupation de la voie, l'identification de la position et de l'emplacement des dérailleurs et l'enregistreur audio-vidéo de locomotive.

2.1 L'événement

Le 11 décembre 2022, l'équipe de CSX Transportation (CSXT) et celle de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN) ont procédé à l'interchange des trains CSXT M621 et CN M327 aux environs du point milliaire QM 191 de la subdivision de Montreal de CSXT, près de Huntingdon (Québec).

L'équipe du CN a pris en charge le train CSXT M621 (désormais désigné sous le nom CN M326) dans la voie d'évitement Carr. Les membres de l'équipe ont effectué les vérifications d'usage avant le départ et obtenu l'autorisation de quitter la voie d'évitement pour emprunter la voie principale en direction nord. Une fois le train en marche, le chef de train (CDT) et le mécanicien de locomotive (ML) ont effectué plusieurs tâches alors que le train se dirigeait vers l'aiguillage nord de la voie d'évitement (gare White).

Le ML a composé une séquence DTMF sur la radio ferroviaire de la locomotive avec l'intention d'orienter l'aiguillage à la gare White afin que le train puisse entrer sur la voie principale. Le feu de la cible d'aiguillage est alors passé du rouge au vert et un message de confirmation audio provenant du système « power-assisted switch » (PAS) indiquant que l'aiguillage était en position normale a été transmis sur la radio ferroviaire.

Vers 19 h 12, le train a déraillé en franchissant le dérailleur à aiguille au nord de la voie d'évitement. À ce moment, le train roulait à 22 mi/h et accélétait. Lorsque les locomotives de tête ont déraillé, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché. Les 2 locomotives et 6 plateformes intermodales ont quitté la voie. L'aiguillage était orienté en position normale et le dérailleur interconnecté protégeant la voie principale était en position de déraillement.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le train CN M326 a déraillé à la sortie de la voie d'évitement Carr, en franchissant un dérailleur à aiguille interconnecté à un système d'aiguillage radiocommandé, alors qu'il s'apprêtait à s'engager sur la voie principale à environ 22 mi/h.

2.2 Séquence double tonalité multifréquence commandant l'aiguillage

Afin de régler l'itinéraire permettant au train de sortir de la voie d'évitement, le ML devait orienter l'aiguillage radiocommandé en position renversée. Le ML a consulté son aide-mémoire et a sélectionné la première séquence DTMF inscrite sur ce dernier. Lorsqu'il a

composé la séquence sélectionnée, l'aiguillage radiocommandé s'est orienté en position normale (pour la voie directe) plutôt que de s'orienter en position renversée en direction de la voie d'évitement. Comme le dérailleur et le système d'aiguillage radiocommandé sont interconnectés, le dérailleur est en position de déraillement lorsque l'aiguillage est en position normale.

Les membres de l'équipe n'ont constaté que le dérailleur était en position de déraillement qu'au moment où le train le franchissait.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

En voulant orienter l'aiguillage en position renversée, le ML a plutôt sélectionné et composé la séquence DTMF commandant l'orientation de l'aiguillage en position normale pour la voie directe; le dérailleur interconnecté au système est alors demeuré en position de déraillement.

Pendant que le ML consultait l'aide-mémoire pour identifier la séquence DTMF à être employée, le CDT était debout près du pupitre de commande de la locomotive et discutait avec lui. De plus, le ML était préoccupé par la performance du système de dégivrage du pare-brise de la locomotive, car il voulait éviter la formation de glace qui aurait pu réduire la visibilité. Son attention était donc également portée sur le panneau de disjoncteurs situé derrière le pupitre de commande.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'attention du ML était partagée entre la tâche prioritaire de sélectionner et composer la séquence DTMF permettant d'orienter l'aiguillage en position renversée et les autres activités qui avaient cours.

Après que le ML a composé la séquence DTMF, l'équipe a entendu le message radio indiquant que l'aiguillage était en position normale et a aperçu le feu de la cible d'aiguillage passer du rouge au vert. Ces indications ont été acceptées comme étant valables par l'équipe. Le feu vert, dans ce cas-ci, signifiait que l'aiguillage était orienté pour la voie directe et n'était pas une indication permettant au train de sortir de la voie d'évitement. Cependant, il a été interprété par l'équipe comme s'il s'agissait d'une indication permissive, au même titre qu'un signal que l'on retrouve sur un territoire exploité en commande centralisée de la circulation. Conséquemment, l'équipe n'a pas réagi; le train a alors continué d'accélérer pour atteindre 22 mi/h jusqu'au moment de franchir le dérailleur.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les membres de l'équipe du train ont conclu que les confirmations auditives et visuelles émises par le système d'aiguillage PAS correspondaient à l'itinéraire requis permettant au train de sortir de la voie d'évitement.

2.3 Instructions relatives aux aiguillages radiocommandés en régulation de l'occupation de la voie

Les étapes de sélection et de composition de la séquence DTMF requise pour commander l'aiguillage par radio ont été effectuées par le ML sans consultation préalable du CDT. Cette consultation n'est pas requise par les instructions spéciales de CSXT régissant l'utilisation des aiguillages PAS.

D'autres chemins de fer qui utilisent des aiguillages radiocommandés en territoire non signalisé ont mis en place des instructions relatives à l'utilisation de ces aiguillages. Ces instructions précisent qu'avant d'utiliser un aiguillage radiocommandé, les membres de l'équipe qui sont à portée de voix doivent communiquer entre eux immédiatement avant de sélectionner et de composer la séquence DTMF afin de confirmer l'itinéraire souhaité et le code applicable.

Il est critique d'établir correctement la position requise pour l'aiguillage avant d'entamer la sélection et la composition de la séquence DTMF. Les instructions spéciales de CSXT sur les aiguillages PAS ne requièrent pas que les membres des équipes de train confirment entre eux :

- la position de l'aiguillage requise pour l'itinéraire à suivre;
- la séquence DTMF à composer;
- les indications de confirmation du système PAS après l'exécution des commandes par le système (feu de la cible d'aiguillage et message radio).

Une telle confirmation constituerait une défense additionnelle permettant de réduire le risque que la séquence DTMF inappropriée soit utilisée.

Le système de contrôle par régulation de l'occupation de la voie en territoire non signalisé est une méthode approuvée de contrôle du mouvement des trains définie par le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF). Cependant, il dépend de l'intervention humaine, ce qui fait qu'il est susceptible d'être affecté par la performance humaine.

Fait établi quant aux risques

Si les membres des équipes de train ne sont pas tenus de confirmer entre eux la séquence DTMF à utiliser pour orienter correctement un aiguillage radiocommandé et la position de l'aiguillage après que celui-ci a été orienté, un itinéraire incompatible pourrait être établi, augmentant le risque d'accident.

2.4 Dérailleur

Les dérailleurs électriques motorisés radiocommandés et interfacés à la signalisation ferroviaire sont couramment utilisés au Canada sur les voies de triage, embranchements ou voies d'évitement reliés à des voies principales, surtout en territoire signalisé. Ces dérailleurs sont généralement équipés d'un panneau d'identification réflectorisé et d'un feu de position distinct de la signalisation ferroviaire.

Au moment de mettre le train en marche, l'équipe du CN M326 n'a pas été en mesure de constater visuellement la position des aiguilles du dérailleur de la voie d'évitement Carr à la gare White en raison de la distance et de l'obscurité. Comme ce dérailleur n'est pas muni d'une cible distincte pour indiquer sa position, l'équipe doit se fier sur la couleur du feu de la cible électronique d'aiguillage pour déterminer mentalement la position du dérailleur (vert=déraillement/jaune=non-déraillement). Le feu vert de la cible, signifiant que l'aiguillage est en position pour la voie directe et donc que le dérailleur est en position de déraillement, peut constituer une indication contre-intuitive pour une équipe se situant sur la voie d'évitement. De plus, il n'y a pas de panneau indiquant la présence d'un dérailleur à cet endroit, et les instructions spéciales de la subdivision en vigueur au moment de l'événement ne faisaient pas mention de la présence de dérailleurs dans la voie d'évitement Carr.

L'aiguillage et le dérailleur sont des appareils de voie distincts et devraient, en principe, être équipés de cibles distinctes indiquant leur position. Une indication additionnelle de la position du dérailleur constituerait un repère visuel supplémentaire qui aurait pu permettre à l'équipe de réaliser qu'un itinéraire incompatible avait été sélectionné.

Fait établi quant aux risques

Si un dérailleur n'est pas muni d'un panneau indicateur et d'une cible distincte, il pourrait ne pas être facilement identifiable à partir de la cabine d'une locomotive à l'approche, augmentant le risque d'accident.

2.5 Enregistreur audio-vidéo de locomotive

Les données consignées par les enregistreurs audio-vidéo de locomotive (EAVL) permettent aux enquêteurs du BST de déterminer, de façon objective et fiable, l'éventuel rôle des facteurs humains dans un événement ferroviaire.

Dans l'événement à l'étude, l'analyse des enregistrements vidéo a permis de constater et d'établir plusieurs faits, notamment le positionnement des membres de l'équipe, les tâches effectuées par chacun, leur attention visuelle, ainsi que les actions du ML lors de la composition, sur le clavier de la radio ferroviaire, de la séquence DTMF permettant de commander l'aiguillage PAS.

Fait établi : Autre

L'analyse des enregistrements vidéo provenant du système d'enregistreur audio-vidéo de locomotive a été utile pour contribuer à établir le déroulement des événements menant à l'accident.

Lors de l'analyse des données du système EAVL de la locomotive de tête, le BST a constaté l'absence d'enregistrement audio provenant de l'intérieur de la cabine. Le BST a déterminé qu'il s'agissait d'une problématique liée au système de géorepérage qui permet de désactiver l'enregistrement audio de la cabine lorsque le train circule aux États-Unis afin de respecter la réglementation de ce pays. L'accident s'étant produit près de la frontière

canado-américaine, le système n'a pas activé l'enregistrement audio provenant des microphones dans la cabine.

L'absence de données audio du système EAVL de la cabine de la locomotive n'a pas permis de préciser les communications verbales entre les membres de l'équipe du train lors de la séquence des événements.

Fait établi : Autre

L'absence d'enregistrement audio provenant des microphones de la cabine de la locomotive a limité l'analyse des communications entre les membres de l'équipe du train.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

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

1. Le train CN M326 a déraillé à la sortie de la voie d'évitement Carr, en franchissant un dérailleur à aiguille interconnecté à un système d'aiguillage radiocommandé, alors qu'il s'apprêtait à s'engager sur la voie principale à environ 22 mi/h.
2. En voulant orienter l'aiguillage en position renversée, le mécanicien de locomotive a plutôt sélectionné et composé la séquence double tonalité multifréquence commandant l'orientation de l'aiguillage en position normale pour la voie directe; le dérailleur interconnecté au système est alors demeuré en position de déraillement.
3. L'attention du mécanicien de locomotive était partagée entre la tâche prioritaire de sélectionner et composer la séquence double tonalité multifréquence permettant d'orienter l'aiguillage en position renversée et les autres activités qui avaient cours.
4. Les membres de l'équipe du train ont conclu que les confirmations auditives et visuelles émises par le système d'aiguillage « power-assisted switch » correspondaient à l'itinéraire requis permettant au train de sortir de la voie d'évitement.

3.2 Faits établis quant aux risques

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

1. Si les membres des équipes de train ne sont pas tenus de confirmer entre eux la séquence double tonalité multifréquence à utiliser pour orienter correctement un aiguillage radiocommandé et la position de l'aiguillage après que celui-ci a été orienté, un itinéraire incompatible pourrait être établi, augmentant le risque d'accident.
2. Si un dérailleur n'est pas muni d'un panneau indicateur et d'une cible distincte, il pourrait ne pas être facilement identifiable à partir de la cabine d'une locomotive à l'approche, augmentant le risque d'accident.

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. L'analyse des enregistrements vidéo provenant du système d'enregistreur audio-vidéo de locomotive a été utile pour contribuer à établir le déroulement des événements menant à l'accident.

2. L'absence d'enregistrement audio provenant des microphones de la cabine de la locomotive a limité l'analyse des communications entre les membres de l'équipe du train.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada

Le 23 février 2023, le BST a adressé à Transports Canada (TC) la lettre d'information sur la sécurité du transport ferroviaire 01/23, intitulé « Absence du canal audio de la cabine sur les données des enregistreurs audio et vidéo des locomotives (EAVL) ».

La lettre d'information indiquait que, lors de la lecture des données EAVL de 2 événements²⁴, le BST a constaté que le son de la cabine était inexistant sur les enregistrements des locomotives.

Afin de s'assurer de l'application du *Règlement sur les enregistreurs audio et vidéo de locomotive*, la lettre d'information indiquait que TC pourrait vouloir examiner la fonctionnalité des systèmes EAVL employés par les compagnies ferroviaires pour confirmer que tous les paramètres requis par ce règlement sont correctement saisis et enregistrés.

4.1.2 Transports Canada

Le 19 avril 2023, TC a répondu qu'il avait communiqué avec les compagnies ferroviaires en cause et que, dans les 2 événements, il jugeait que les compagnies avaient pris les mesures qui s'imposaient de façon à ce que les systèmes EAVL fonctionnent conformément aux exigences de la réglementation.

TC a également fait savoir qu'il avait créé un plan de surveillance réglementaire. Il a commencé par se concentrer sur les aspects de l'installation des systèmes EAVL et la vérification de la conformité aux procédures afin de s'assurer que les compagnies répondent aux exigences en matière de vie privée. TC tiendra le BST au courant des nouveaux développements à ce sujet.

4.1.3 CSX Transportation

À la suite de l'événement, CSX Transportation a ajouté la localisation précise de chaque dérailleur fixe dans l'indicateur de sa subdivision de Montreal. L'information précise aussi la position normale (déraillement ou non-déraillement) de chaque dérailleur.

²⁴ L'événement à l'étude (R22D0106) et l'événement R22V0238, enquête du BST en cours.

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 17 janvier 2024. Le rapport a été officiellement publié le 8 février 2024.

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.