



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R21V0144

INCENDIE DANS LE MOTEUR D'UNE LOCOMOTIVE

Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique
Train de marchandises 880-066
Point milliaire 54,3, subdivision de Cranbrook
Elko (Colombie-Britannique)
8 juillet 2021

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 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 R21V0144* (publié le 24 août 2023).

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, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R21V0144

N° de cat. TU3-11/21-0144F-PDF
ISBN 978-0-660-49862-1

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	6
1.1 L'événement	6
1.1.1 Incendie en bordure de voie	8
1.2 Renseignements sur l'équipe	10
1.3 Renseignements météorologiques	10
1.4 Renseignements consignés	10
1.5 Renseignements sur la subdivision et la voie	11
1.6 Moteurs diesel turbocompressés	11
1.7 Locomotive CP 9779	13
1.7.1 Inspection après l'événement	13
1.7.2 Historique d'entretien	15
1.7.3 Inspections réglementaires	16
1.8 Surveillance de l'état du système	18
1.8.1 Surveillance de l'état des systèmes de traction répartie	18
1.8.2 Systèmes tiers de surveillance à distance de l'état	19
1.8.3 Systèmes de détection en voie	19
1.9 Exigences réglementaires en matière d'inspection des trains	19
1.10 Instructions du Canadien Pacifique concernant l'exploitation des trains pendant la saison des incendies	21
1.11 <i>Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire</i>	22
1.12 Signalement d'incendies de locomotive par des tiers	23
1.13 Signalement des incendies au BST	24
2.0 Analyse	25
2.1 L'événement	25
2.2 Défaillance de moteur et incendie sur la locomotive CP 9779	25
2.2.1 Historique des remplacements des ensembles de puissance sur la locomotive CP 9779	26
2.3 Incendie en bordure de voie près du passage à niveau public du chemin Caithness	26
2.4 Surveillance de l'état des locomotives	27
2.5 Exigences de la compagnie ferroviaire et de la réglementation fondées sur le danger d'incendie	28
3.0 Faits établis	30
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	30
3.2 Faits établis quant aux risques	30
3.3 Autres faits établis	30
4.0 Mesures de sécurité	32
4.1 Mesures de sécurité prises	32
4.1.1 Canadien Pacifique	32
4.2 Préoccupation liée à la sécurité	32

4.2.1 Surveillance des incendies à bord de locomotives exploitées en position
éloignée dans un train32

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R21V0144

INCENDIE DANS LE MOTEUR D'UNE LOCOMOTIVE

Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique
Train de marchandises 880-066
Point milliaire 54,3, subdivision de Cranbrook
Elko (Colombie-Britannique)
8 juillet 2021

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 8 juillet 2021, le train 880-066 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP) circulait vers l'est dans la subdivision de Cranbrook, près de Caithness (Colombie-Britannique), lorsque sa locomotive à traction répartie en milieu de train a subi une défaillance mécanique qui a provoqué l'émission de flammes par la cheminée d'échappement. En raison de la position éloignée de la locomotive dans le train, la situation est passée inaperçue jusqu'à ce qu'elle soit observée par l'équipe d'un train de sens contraire du CP (V09-012) lors d'un croisement sur la voie d'évitement d'Elko (Colombie-Britannique), environ 5 milles à l'est de Caithness.

Il est probable que des braises chaudes ont été émises par la cheminée d'échappement de la locomotive endommagée, enflammant la végétation et provoquant un incendie en bordure de voie près de Caithness. L'incendie, signalé par un membre du public, a atteint 1,2 hectare et a été éteint par le service de pompiers volontaires local, avec l'aide du BC Wildfire Service. La voie dans cette zone n'a pas été endommagée.

Aucune marchandise dangereuse n'était en cause dans l'événement, et personne n'a été blessé.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 L'événement

Le 8 juillet 2021, le train 880-066 (le train en direction est) de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (Canadien Pacifique ou CP)¹ circulait en direction est dans la subdivision de Cranbrook, en route vers Sparwood (point milliaire 17,7)², d'où il devait se rendre à l'une des nombreuses mines de la région pour y être chargé de charbon à transporter jusqu'à Vancouver.

Le train en direction est était propulsé par 3 locomotives à traction répartie (TR)³ : 1 en tête de train, 1 en milieu de train et 1 en queue de train. Les locomotives en milieu et en queue de train étaient télécommandées par radio à partir de la locomotive de tête. Le train transportait 152 wagons-trémies à charbon vides. Il pesait 3269 tonnes⁴ et mesurait 8289 pieds.

Vers 15 h⁵, alors que le train en direction est se trouvait à environ 1 mille d'Elko, le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) a demandé par radio aux membres de l'équipe s'ils avaient observé un incendie dans les environs du chemin Caithness (point milliaire 59,2) (figure 1). Ils ont répondu par la négative.

Peu après, le train en direction est s'est approché de l'aiguillage de la voie d'évitement est d'Elko (point milliaire 53,56), où il devait rencontrer le train V09-012 (le train en direction ouest) du CP circulant vers l'ouest. Le mécanicien de locomotive (ML) du train en direction est a demandé à l'équipe du train en direction ouest de regarder son train (en direction est) lorsque les 2 trains se sont croisés afin de vérifier la présence d'un possible incendie. L'équipe du train en direction ouest a accepté d'effectuer la vérification.

Le train en direction est s'est arrêté sur la voie principale à l'aiguillage est d'Elko. Pendant que le train en direction ouest circulait sur la voie d'évitement, son équipe a effectué l'inspection demandée et a remarqué que des flammes sortaient de la cheminée d'échappement de la locomotive en milieu de train. L'équipe du train en direction ouest a communiqué avec l'équipe du train en direction est pour l'aviser de la situation.

¹ Le 14 avril 2023, la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP) et Kansas City Southern (KCS) se sont fusionnées pour former une seule et même compagnie de chemin de fer, connue sous le nom de CPKC. Étant donné que l'événement a eu lieu avant la date de transition, l'acronyme CP sera utilisé tout au long du rapport.

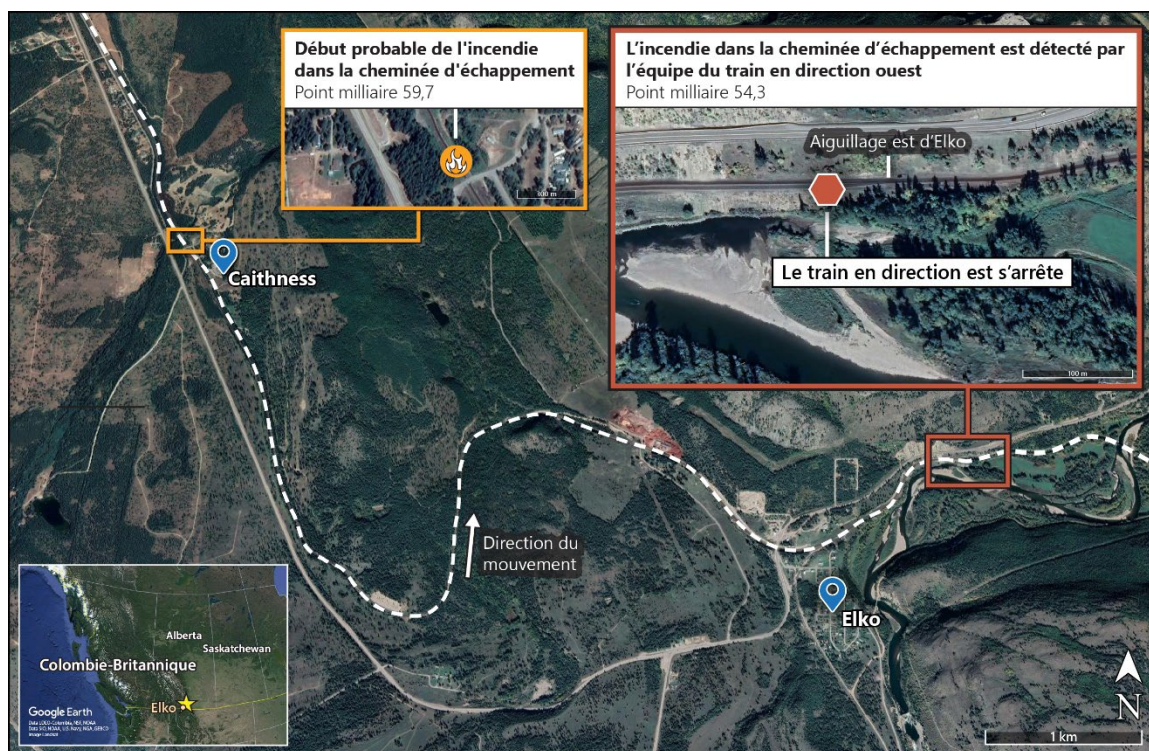
² Tous les lieux sont situés dans la province de la Colombie-Britannique, sauf indication contraire.

³ Les systèmes de traction répartie (TR) permettent de commander les locomotives de manière synchronisée ou indépendante à un maximum de 4 endroits dans le train. Les commandes de conduite du train émises par l'équipe de la locomotive de tête sont transmises par radio de TR à chacune des locomotives télécommandées. Lorsque les locomotives télécommandées reçoivent le message radio, elles y répondent en exécutant les commandes de conduite du train.

⁴ Dans le présent rapport, « tonne » désigne une tonne courte, soit 2000 livres ou environ 907 kg.

⁵ Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses.

Figure 1. Carte montrant le lieu de l'événement et cartes en médaillon montrant l'endroit où l'incendie dans la cheminée d'échappement s'est probablement déclaré et où il a été détecté par l'équipe du train en direction ouest; une 3^e carte en médaillon, dans le coin inférieur gauche, montre l'emplacement d'Elko en Colombie-Britannique (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



La figure 2 montre une photographie de l'incendie dans la cheminée d'échappement, prise par un résident d'Elko pendant que le train s'immobilisait sur la voie principale. À ce moment-là, le manipulateur de la locomotive avait été ramené à la position de ralenti, ce qui a réduit le régime du moteur et le débit d'échappement du moteur. Il est probable que les flammes provenant de la cheminée d'échappement étaient beaucoup plus hautes pendant que le train était en mouvement, car le manipulateur de la locomotive aurait été à une position plus élevée que celle de ralenti.

Après avoir été avisé de l'incendie dans la cheminée d'échappement, le ML du train en direction est a demandé à l'équipe du train en direction ouest de s'arrêter et d'activer le coupe-carburant d'urgence de la locomotive télécommandée en milieu de train (CP 9779). Cependant, la tête du train en direction ouest avait déjà dépassé cette locomotive, et l'équipe du train en direction ouest, craignant que l'incendie ne se propage dans son propre train, qui était chargé de charbon, a décidé de poursuivre sa route sans s'arrêter.

Le ML du train en direction est a pu couper le moteur diesel de la locomotive en milieu de train à partir de sa position dans la locomotive de tête en utilisant les commandes embarquées contrôlant les locomotives télécommandées. Il a ensuite communiqué avec le CCF pour faire le point, et il a indiqué que le chef de train allait effectuer une inspection à pied. Le CCF a alors communiqué avec le superviseur régional, qui se trouvait à Fort Steele à ce moment-là (à 43 milles de là). Le superviseur s'est rendu en voiture à l'endroit où se trouvait le train en direction est pour évaluer la situation.

Le chef de train a inspecté la locomotive en milieu de train, mais il n'y avait aucun signe visible d'incendie. Par mesure de précaution, il a activé le coupe-carburant d'urgence de chaque côté de la locomotive.

Lorsque le superviseur régional est arrivé, il a jugé que le train pouvait être amené sans danger à Sparwood. Le train a repris son voyage environ 3,25 heures après s'être arrêté à Elko.

À Sparwood, la locomotive en milieu de train a été retirée du train et immobilisée sur la voie de garage en vue d'une inspection mécanique de suivi. Le train a ensuite poursuivi sa route vers l'une des mines de charbon de la région pour y être chargé, comme prévu.

Aucune marchandise dangereuse n'était en cause dans l'événement, et personne n'a été blessé.

1.1.1 Incendie en bordure de voie

Vers 14 h 45, un membre du public a entendu un grand bruit alors que le train traversait le passage à niveau public du chemin Caithness (point milliaire 59,5). La personne qui a

Figure 2. Incendie dans la cheminée d'échappement de la locomotive télécommandée en milieu de train (Source : Résident d'Elko)



entendu le grand bruit vivait près de l'emprise ferroviaire⁶, était familière avec les sons associés au passage des trains et avait estimé que ce bruit était inhabituel.

Vers 14 h 48, peu après que le train en direction est avait franchi le passage à niveau, un autre membre du public a communiqué avec les services d'urgence locaux en composant le 911 pour signaler un incendie en bordure de voie⁷ du côté nord de l'emprise, à l'ouest du passage à niveau.

Les services d'urgence ont dépêché les pompiers volontaires locaux de la collectivité voisine de Jaffray, puis ont informé le centre d'exploitation du CP. Les pompiers locaux sont arrivés sur les lieux environ 12 minutes après avoir reçu l'appel; à ce moment-là, l'incendie avait une superficie d'environ 0,5 hectare. Le BC Wildfire Service a également été dépêché sur les lieux, et il a apporté un soutien aérien.

L'incendie s'est répandu pour atteindre une superficie d'environ 1,2 hectare et s'est étendu au-delà de l'emprise du CP, jusqu'à la propriété privée d'un agriculteur local. L'incendie a été éteint environ 3,5 heures plus tard. La clôture longeant l'emprise et certaines traverses excédentaires ont été endommagées; les dommages à la propriété de l'agriculteur local se sont limités à la végétation (figure 3).

Figure 3. Dommages causés par l'incendie en bordure de voie près de Caithness
(Source : BST)



⁶ L'emprise ferroviaire s'étend sur environ 50 pieds (15,25 m) à partir du centre de la voie la plus à l'extérieur de chaque côté.

⁷ Le terme « bordure de voie » désigne la propriété immédiatement adjacente à l'emprise ferroviaire.

Une inspection de suivi de la voie et de la plateforme à l'ouest du passage à niveau public du chemin Caithness a révélé une accumulation d'huile de graissage sur le ballast du côté sud de la voie. Cette huile a d'abord été observée juste à côté de l'endroit où l'incendie s'est produit en bordure de voie, soit à environ 1000 pieds à l'ouest du passage à niveau, puis elle s'étendait vers l'est à travers le passage à niveau.

1.2 Renseignements sur l'équipe

L'équipe du train en direction est était composée d'un ML et d'un chef de train. Les 2 membres de l'équipe satisfaisaient aux exigences établies en matière de repos et d'aptitude au travail et étaient qualifiés pour leur poste respectif.

1.3 Renseignements météorologiques

Au moment de l'événement, il faisait 30 °C et le ciel était clair.

Selon l'évaluation du danger d'incendie de la province de la Colombie-Britannique, le danger d'incendie dans la région d'Elko était élevé le jour de l'événement; le lendemain, il était extrême⁸.

Il n'y avait aucune restriction applicable aux opérations ferroviaires fondée sur les niveaux provinciaux de danger d'incendie en vigueur.

1.4 Renseignements consignés

La locomotive télécommandée en queue de train était équipée d'une caméra orientée vers l'avant; toutefois, celle-ci ne fonctionnait pas au moment de l'événement.

La locomotive télécommandée en milieu de train était équipée d'un enregistreur de surveillance embarqué, qui tenait un journal de toutes les erreurs générées par l'ordinateur de la locomotive, connu sous le nom de journal des défaillances. D'après un examen du

⁸ La province de la Colombie-Britannique utilise la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt pour évaluer le danger d'incendie, c'est-à-dire le risque de déclenchement d'un incendie de forêt. Il existe 5 niveaux de danger possibles allant de faible à extrême. Un niveau différent est attribué dans des zones géographiques différentes selon les données des stations météorologiques. Les niveaux sont mis à jour quotidiennement.

Un niveau de danger élevé est défini comme suit [traduction] : « Les combustibles forestiers sont très secs et le risque d'incendie est sérieux. De nouveaux incendies peuvent se déclencher facilement, brûler vigoureusement et défier les efforts d'extinction d'incendie. Il faut faire preuve d'une prudence extrême pendant toutes les activités forestières. Le brûlage en plein air et les activités industrielles peuvent être restreints. »

Un niveau de danger extrême est défini comme suit [traduction] : « Les combustibles forestiers sont extrêmement secs et le risque d'incendie est très sérieux. De nouveaux incendies se déclencheront facilement, se propageront rapidement et défieront les efforts d'extinction d'incendie. Les activités forestières générales peuvent être restreintes, y compris le brûlage en plein air, les activités industrielles et les feux de camp. » [Source : Gouvernement de la Colombie-Britannique, « Fire Danger », à l'adresse <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/safety/wildfire-status/wildfire-situation/fire-danger> (dernière consultation le 2 août 2023)].

journal des défaillances, aucune défaillance mécanique de la locomotive n'a été consignée par le système.

L'enquête a permis de déterminer que le manipulateur de la locomotive télécommandée en milieu de train se trouvait à une position élevée (de 6 à 8) lorsque la locomotive est passée dans le secteur du passage à niveau public du chemin Caithness.

1.5 Renseignements sur la subdivision et la voie

La subdivision de Cranbrook s'étend d'est en ouest entre Crowsnest⁹ (point milliaire 0,0) et Glenlily (point milliaire 156,8). Les mouvements de train sont régis par régulation de l'occupation de la voie, comme l'autorise le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF). Leur répartition est effectuée par un CCF en poste à Calgary (Alberta).

Il s'agit d'une voie de catégorie 3 en vertu du *Règlement concernant la sécurité de la voie*, et la vitesse maximale admissible des trains de marchandises est de 40 mi/h dans la subdivision.

Dans le secteur du passage à niveau public du chemin Caithness, la voie présente une pente de 1 %. Pour les trains en direction est, la pente est ascendante.

1.6 Moteurs diesel turbocompressés

La locomotive CP 9779 est une locomotive General Electric AC4400CW fabriquée en 2003. Elle est propulsée par un moteur diesel turbocompressé GE 7FDL à 16 cylindres, à 4 temps et capable de fournir jusqu'à 4400 chevaux-puissance.

Le moteur diesel entraîne un alternateur principal qui génère une alimentation électrique en courant alternatif (CA) triphasé. L'alimentation électrique passe par des redresseurs et des onduleurs avant d'être acheminée aux 6 moteurs de traction à CA qui entraînent chaque essieu de la locomotive.

Le fonctionnement d'un moteur diesel nécessite une alimentation continue du bon rapport d'air et de carburant, ainsi que la circulation de liquide de refroidissement et d'huile de graissage. Les 4 temps, qui se rapportent au mouvement du piston dans chaque cylindre, sont les suivants : admission, compression, combustion et échappement.

Pendant le temps de compression, le carburant haute pression est injecté et atomisé à un intervalle précis pour provoquer la combustion, forçant le piston à descendre et le vilebrequin à tourner. La quantité de carburant et le moment où le carburant est injecté sont contrôlés de façon électronique par le régulateur du moteur en fonction de divers facteurs tels que la position du manipulateur, la charge connexe demandée et le régime moteur requis. Le carburant basse pression (90 lb/po²) est pressurisé à 18 000 lb/po² par des pompes carburant haute pression. Le régulateur du moteur commande un solénoïde de

⁹ L'aiguillage est de Crowsnest se trouve en Alberta. Toutefois, les voies de triage et l'aiguillage ouest se trouvent en Colombie-Britannique. L'aiguillage ouest se trouve au point milliaire 0,0 de la subdivision de Cranbrook.

la pompe carburant haute pression qui envoie une quantité précise de carburant haute pression aux injecteurs de carburant.

L'arbre à cames est utilisé pour contrôler l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement situées au sommet de la chambre de combustion du cylindre; il possède des bossages de forme irrégulière qui sont en contact permanent avec les tiges de poussoir. Lorsque l'arbre à cames tourne, les bossages font déplacer les tiges de poussoir de haut en bas. Les tiges de poussoir poussent sur les culbuteurs, lesquels pivotent alors et poussent sur des soupapes à ressort. Lorsqu'elles sont ouvertes, les soupapes d'admission laissent entrer l'air comprimé dans les cylindres, et les soupapes d'échappement permettent d'expulser les gaz d'échappement. La synchronisation de l'ouverture et de la fermeture des soupapes est donc contrôlée par la rotation de l'arbre à cames.

Les turbocompresseurs utilisent les gaz d'échappement chauds, expulsés du cylindre après la combustion du mélange de carburant et d'air pendant chaque cycle, pour propulser une turbine reliée à un compresseur par un arbre. Le ventilateur du compresseur comprime l'air fourni aux cylindres. Cela augmente la quantité d'oxygène fournie, ce qui améliore l'efficacité du processus de combustion.

Le système de graissage est composé d'un bac à huile sous le vilebrequin et d'une pompe à huile de graissage. L'huile est pompée à travers divers passages dans le bloc moteur et d'autres composants pour assurer le graissage des surfaces de frottement dans tout le moteur. L'huile lubrifie, refroidit et scelle les segments de piston et les parois des cylindres, et met en suspension les particules microscopiques issues du processus de combustion pour éviter qu'elles ne causent de l'usure.

Le frottement des pièces mobiles ainsi que le processus de combustion provoquent une accumulation de chaleur dans le moteur. Cette chaleur est réduite par un liquide de refroidissement qui s'écoule sur les côtés des parois et des chemises des cylindres. La chaleur du moteur captée par le liquide de refroidissement est ensuite dissipée dans l'atmosphère par les radiateurs. Dans la plupart des locomotives de marchandises nord-américaines, on utilise de l'eau comme liquide de refroidissement plutôt qu'une solution antigel.

Le moteur diesel de la locomotive CP 9779 est équipé de 16 ensembles de puissance, 8 de chaque côté en forme de « V ». Les ensembles de puissance comprennent des composants mécaniques qui font ouvrir et fermer les soupapes d'admission, régulant l'ajout de carburant et d'air à chaque cylindre, et les soupapes d'échappement, pour expulser les gaz d'échappement de chaque cylindre pendant chaque cycle de combustion.

Les composants de chaque ensemble de puissance comprennent le cylindre, la culasse, l'enveloppe de cylindre, la chemise de cylindre, le piston, la bielle, l'injecteur de carburant, les tiges de poussoir, les culbuteurs, les soupapes et les ressorts. La pompe carburant haute pression électronique et la conduite carburant haute pression connectées à l'injecteur de carburant sont visibles sur le dessus de la culasse de l'ensemble de puissance. La défaillance de pièces clés dans l'ensemble de puissance, telles qu'une soupape abaissée ou un piston

brisé, nécessite le remplacement de l'ensemble de puissance. Le remplacement de pièces usées ou défectueuses dans un ensemble de puissance individuel peut être effectué sans démontage complet du moteur diesel.

1.7 Locomotive CP 9779

1.7.1 Inspection après l'événement

Après l'événement, la locomotive CP 9779, qui était retenue à Sparwood, a fait l'objet d'une inspection mécanique par un enquêteur du BST et le personnel mécanique du CP afin de déterminer la cause de l'incendie.

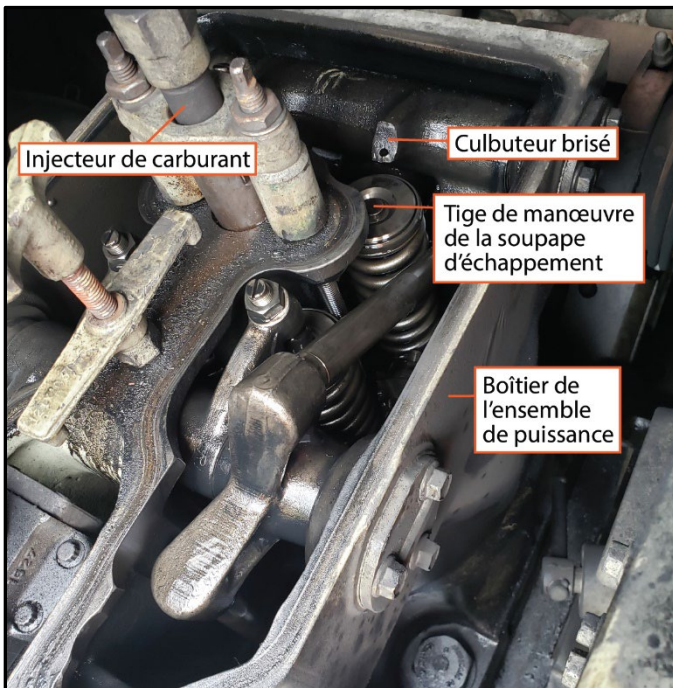
L'inspection a permis de déterminer que l'ensemble de puissance R8 (le 8^e ensemble de puissance du côté droit) s'était rompu. Un culbuteur de cet ensemble de puissance était brisé, et le boîtier de l'ensemble de puissance ainsi que le collecteur d'admission d'air ont été endommagés. On a constaté qu'une soupape d'échappement s'était rompue et que sa tête avait été gravement endommagée, et que les tiges de manœuvre de la soupape d'échappement restante et des 2 soupapes d'admission étaient déformées. L'embout de l'injecteur de carburant était également brisé. De plus, on a observé une récession du siège de soupape¹⁰ sur la soupape rompue.

¹⁰ Une récession du siège de soupape se produit lorsqu'une soupape d'un moteur à combustion interne s'enfonce dans la culasse.

Figure 4. Collecteur d'admission d'air et ensemble de puissance R8 de la locomotive CP 9779 (Source : BST)



Figure 5. Culbuteur brisé dans l'ensemble de puissance R8 de la locomotive CP 9779 (Source : BST)



La figure 4 montre la position relative de l'ensemble de puissance R8 et du collecteur d'admission d'air, la figure 5 montre diverses pièces de l'ensemble de puissance R8, dont le culbuteur brisé, et la figure 6 montre les dommages au collecteur d'admission d'air.

La tête de la soupape d'échappement s'est rompue et est tombée dans la chambre de combustion alors que le moteur était en marche, ce qui a brisé l'embout de l'injecteur de carburant.

L'huile de graissage de l'ensemble de puissance endommagé n'était plus contenue dans l'ensemble de puissance et s'est accumulée dans le compartiment moteur. L'huile a ensuite migré le long du côté de la locomotive et sur le ballast.

En raison de la perte de pression de l'air de combustion due à l'endommagement du collecteur d'admission d'air, les 8 cylindres du côté droit du moteur diesel brûlaient un mélange riche de carburant et d'air¹¹. En outre, l'injecteur de carburant brisé a continué d'envoyer du carburant non atomisé dans le cylindre. Le carburant non brûlé a ainsi pu pénétrer dans le collecteur d'échappement, où il a été enflammé par les gaz d'échappement chauds avant de sortir de la cheminée d'échappement.

1.7.2 Historique d'entretien

Au CP, les moteurs de locomotive subissent une révision complète à intervalles réguliers, généralement tous les 5 à 7 ans environ. Pour le modèle de moteur utilisé dans la locomotive CP 9779, une révision est effectuée à chaque intervalle de 28 000 mégawattheures. Les révisions des moteurs nécessitent le remplacement de tous les composants principaux, tels que les ensembles de puissance. Certaines pièces des ensembles de puissance, comme les culbuteurs et les soupapes d'échappement, peuvent être remplacées par des pièces requalifiées plutôt que par des pièces neuves.

L'entretien de la locomotive CP 9779 est dirigé et effectué par le personnel du CP, qui bénéficie du soutien technique de Wabtec Corporation (Wabtec). Wabtec agit à titre consultatif.

La dernière révision du moteur de la locomotive CP 9779 a été effectuée par le CP le 16 décembre 2017 dans ses installations de St. Paul (Minnesota) aux États-Unis. Depuis

Figure 6. Vue du dessous du collecteur d'admission d'air de la locomotive CP 9779, montrant les dommages et leur emplacement (Source : BST)



¹¹ Un mélange riche de carburant et d'air est un mélange dans lequel il y a proportionnellement plus de carburant que d'air. Dans un mélange riche, il n'y a pas assez d'air pour assurer une combustion complète du carburant.

cette dernière révision, 10 ensembles de puissance ont été changés (plus de 60 %), et 3 culbuteurs d'ensemble de puissance brisés ont été remplacés.

Le tableau 1 énumère les réparations de moteur effectuées sur la locomotive au cours des 2 années précédant l'événement.

Tableau 1. Réparations de moteur effectuées sur la locomotive CP 9779 au cours des 2 années précédant l'événement (Source : Canadien Pacifique)

Numéro d'avis de réparation	Date de clôture	Description fournie dans l'avis de réparation
1002129019	19 avril 2021	Fumée excessive
1002129209	19 avril 2021	Jeu de soupapes*
1002129276	19 avril 2021	Remplacement de l'ensemble de puissance R3
1002129277	19 avril 2021	Fumée excessive
1002129294	19 avril 2021	Culbuteur R6 brisé
1002129295	19 avril 2021	Remplacement de l'ensemble de puissance L6
1002101904	7 février 2021	Remplacement du culbuteur de l'ensemble de puissance L6
1002097456	7 février 2021	Arrêt du moteur – Moteur chaud
1001976159	18 mai 2020	Le moteur ne charge pas – Moteur chaud
1001967341	20 avril 2020	Remplacement de l'ensemble de puissance L2
1001960689	7 avril 2020	Le moteur ne charge pas – Moteur chaud
1001929772	17 janvier 2020	Remplacement de tous les injecteurs
1001906118	9 novembre 2019	Remplacement de la bielle de l'ensemble de puissance R8
1001906152	9 novembre 2019	Retrait de la bielle de l'ensemble de puissance L8
1001906154	9 novembre 2019	Remplacement de l'ensemble de puissance R4
1001905028	9 novembre 2019	Suppression du carter

*Le jeu de soupapes désigne le [traduction] « jeu ou l'espace disponible entre le culbuteur et l'embout de la tige de manœuvre de la soupape lorsque le lève-verrou de cette soupape repose sur le cercle de base du bossage de came ». (Source : Magazine MotorTrend, « How to Set a Valve Lash », à l'adresse <https://www.motortrend.com/how-to/1707-how-to-set-valve-lash/#:~:text=Valve%20lash%20is%20the%20available,intended%20to%20be%20fully%20closed> [dernière consultation le 4 août 2023]).

Remarque : Le tableau n'inclut pas tous les 10 ensembles de puissance remplacés au cours des 3,5 années qui se sont écoulées entre la dernière révision du moteur et la date de l'événement.

1.7.3 Inspections réglementaires

Les locomotives du CP sont utilisées sur le réseau du chemin de fer au Canada et aux États-Unis et doivent être conformes aux règlements de Transports Canada, ainsi qu'aux règlements de la Federal Railroad Administration des États-Unis. En vertu de ces règlements, les inspections de locomotive suivantes sont requises :

- Une inspection de sécurité avant le départ – cette inspection comprend la vérification de tout danger apparent pour la sécurité, la vérification du fonctionnement des freins à main, des phares avant et des phares de fossé, ainsi qu'une inspection visuelle des

- bogies et des organes de roulement. De plus, un essai des freins à air, qui inclut le fonctionnement du dispositif de veille automatique, doit être effectué¹².
- Une inspection mécanique de locomotive qualifiée tous les 30 jours – il s’agit d’une inspection visuelle de la cabine de la locomotive, des bogies, des dispositifs de sécurité et des freins à air. Elle ne comprend pas l’inspection du moteur diesel ou de la salle des machines¹³.
 - Une inspection générale périodique au moins une fois tous les 92 jours – pour les locomotives équipées de contrôles électroniques embarqués avancés de surveillance des conditions qui sont commandés par microprocesseur, comme dans l’événement à l’étude, cette inspection doit être effectuée au moins une fois tous les 184 jours. L’inspection générale périodique comprend toutes les jauges mécaniques utilisées par le conducteur de la locomotive pour faciliter le contrôle et le freinage du train ou de la locomotive, ainsi que tous les dispositifs électriques, l’isolant visible, les avertisseurs et les composants du système de locomotive télécommandée. De plus, tous les raccords entre les locomotives et les cavaliers qui sont conçus pour conduire 600 volts ou plus doivent être nettoyés à fond, inspectés et mis à l’essai pour en vérifier la continuité¹⁴.
 - Une inspection annuelle à des intervalles qui ne dépassent pas 368 jours – cette inspection couvre les éléments suivants :
 - les indicateurs de charge qui montrent le courant électrique appliqué aux moteurs de traction;
 - tous les dispositifs utilisés par le conducteur de la locomotive pour faciliter le contrôle et le freinage du train ou de la locomotive et qui fournissent une indication électronique de la pression d’air;
 - les consignateurs d’événements commandés par microprocesseur;
 - le système de freins à air (étalonnage, entretien et essais)¹⁵.

La dernière inspection mécanique qualifiée de la locomotive CP 9779 a été effectuée le 8 juillet 2021, jour de l’événement, à l’atelier de réparation des locomotives à Golden; aucune défaillance n’a été relevée. La dernière inspection périodique a été effectuée le 8 février 2021, inspection de la locomotive qui s’est avérée réussie. La dernière inspection annuelle a été effectuée le 31 juillet 2020, inspection de la locomotive qui s’est avérée réussie.

¹² Transports Canada, *Règlement relatif à l’inspection et à la sécurité des locomotives de chemin de fer*, annexe 1 : Inspection avant départ par le conducteur ou une autre personne qualifiée, à l’adresse <https://tc.canada.ca/fr/transport-ferroviaire/regles/reglement-relatif-inspection-securite-locomotives-chemin-fer/annexe-i-ii-reglement-relatif-inspection-securite-locomotives-chemin-fer> (dernière consultation le 4 août 2023).

¹³ Code of Federal Regulations (CFR) des États-Unis, Title 49, Part 229.23 – Periodic inspection: general (décembre 2012).

¹⁴ Ibid.

¹⁵ Code of Federal Regulations (CFR) des États-Unis, Title 49, Part 229.27 – Annual tests (avril 2012).

1.8 Surveillance de l'état du système

La surveillance de l'état du système fournit des données sur l'état d'un système, ce qui permet aux conducteurs d'intervenir lorsque les renseignements fournis indiquent une condition anormale.

Les systèmes de TR, comme celui utilisé sur le train à l'étude, ont des capacités limitées de surveillance de l'état et peuvent fournir des renseignements de base sur l'état des locomotives télécommandées.

Pour assurer une surveillance plus avancée de l'état à distance, des solutions logicielles indépendantes sont également disponibles.

1.8.1 Surveillance de l'état des systèmes de traction répartie

Les systèmes de TR permettent à un ML de surveiller les fonctions suivantes de la locomotive télécommandée à partir de la locomotive de tête :

- la position du manipulateur et l'effort de traction généré;
- le fonctionnement des freins dynamiques selon l'effort de freinage généré;
- le fonctionnement des freins automatiques selon les relevés de pression dans la conduite générale;
- le fonctionnement des freins indépendants selon les relevés de pression dans le cylindre de frein des locomotives;
- la pression dans le réservoir d'égalisation;
- la pression dans le réservoir principal;
- le débit d'air.

Ces systèmes fournissent également au ML une alarme pour la locomotive télécommandée à TR sous la forme d'un carré rouge sur l'écran multifonctions. Les diverses alarmes de conditions anormales de fonctionnement et de défaillance qui peuvent se produire sur une locomotive télécommandée à TR sont rationalisées et essentiellement regroupées par le système de contrôle de TR à bord; elles sont alors traitées comme une seule condition de « défaillance de ligne de train ». Le ML doit tenter de diagnostiquer les situations d'alarme en fonction des renseignements disponibles.

En revanche, une condition anormale de fonctionnement ou de défaillance survenant sur la locomotive menante de tête déclenche un message d'alarme descriptif de la condition de défaillance spécifique, comme les conditions suivantes :

- le patinage des roues;
- un essieu grippé;
- un avertissement d'une condition de défaillance du frein dynamique;
- une interruption de la communication avec le frein à air électronique;
- une interruption de la communication avec l'unité de queue de train.

Les locomotives de marchandises modernes en service ne sont pas munies d'une capacité de télédétection permettant de détecter les types courants d'incendies de locomotive, comme les incendies dans la cheminée d'échappement, les incendies dans la salle des machines, les incendies dans les moteurs de traction et les incendies dans les compartiments électriques.

1.8.2 Systèmes tiers de surveillance à distance de l'état

De nombreuses compagnies de chemin de fer utilisent de l'équipement tiers intégré aux systèmes de commande et aux systèmes mécaniques de leurs locomotives pour transmettre certaines données de la locomotive à un centre principal de traitement des données. Parmi les exemples de ce type de solution, citons la suite PowerView Connect de Progress Rail et la plateforme Violet Edge de Wi-Tronix.

Ces systèmes, très répandus en Amérique du Nord, permettent à une compagnie ferroviaire de surveiller à distance la façon dont ses trains sont exploités et peuvent fournir des renseignements techniques utiles sur le rendement des locomotives, y compris celui des moteurs diesel. Toutefois, ces systèmes n'ont pas été conçus pour consigner et transmettre des données propres à la présence d'incendies sur des locomotives exploitées en position éloignée dans un train.

La locomotive CP 9779 n'était pas équipée d'un système tiers de surveillance de l'état.

1.8.3 Systèmes de détection en voie

Les compagnies de chemin de fer nord-américaines utilisent des systèmes de détection en voie situés à des endroits stratégiques pour surveiller, au passage des trains, certains paramètres essentiels à la sécurité, comme la température des roues et des boîtes des wagons et la présence de pièces traînantes. Dans le cadre des activités du CP, la distance entre les détecteurs de roues et de boîtes chaudes en voie principale est généralement de 20 à 25 milles, mais ne dépasse pas 40 milles.

Les détecteurs en voie ne sont pas équipés de caméras ou de capteurs de chaleur qui permettraient de détecter les types courants d'incendies de locomotive.

1.9 Exigences réglementaires en matière d'inspection des trains

La règle 110 du REF, Surveillance des trains et des transferts qui passent, établit les exigences relatives à la surveillance des trains et des transferts qui passent effectuée par les équipes de trains immobiles et d'autres employés. Elle fournit également une orientation aux équipes dont le train fait l'objet d'une surveillance au passage afin que ces dernières restent à l'écoute des résultats de celle-ci. La règle 110 prévoit ce qui suit :

- (a) Lorsque leurs obligations et le terrain le permettent, au moins deux membres de l'équipe d'un train ou d'un transfert à l'arrêt, et les autres employés se trouvant le long de la voie, doivent se poster au sol des deux côtés de la voie pour surveiller l'état du matériel roulant des trains et des transferts qui passent. Durant cette surveillance, le mécanicien de locomotive du train à l'arrêt observera le côté le plus rapproché du train ou du transfert passant. Si du

personnel de voie est sur place, au moins deux de ses membres doivent procéder à la surveillance.

EXCEPTION : Les membres de l'équipe d'un train voyageurs sont dispensés des obligations qui précèdent, sauf lorsque leur train est à l'arrêt à un point de croisement en voie simple. Cependant, lorsqu'une anomalie dangereuse est découverte, on ne doit ménager aucun effort pour arrêter le train.

- (b) Les employés surveillant l'état du matériel roulant d'un train de marchandises ou d'un transfert qui passe doivent, si possible, transmettre un message radio donnant les résultats de la surveillance.
- (c) Lorsqu'une anomalie dangereuse est découverte au cours d'une telle surveillance, il faut tout faire pour arrêter le train ou le transfert. Pour leur part, les membres de l'équipe d'un train ou d'un transfert doivent être constamment sur le qui-vive pour tout signal d'arrêt donné par un employé. Le rapport de la surveillance du train ou du transfert doit indiquer seulement l'endroit où se trouve l'anomalie et ce qui a été observé et ne pas spéculer sur la cause.
- (d) Lorsqu'un membre de l'équipe se trouve en queue du train ou du transfert, un membre de l'équipe de tête doit, quand c'est faisable, l'informer de la position des employés en mesure de surveiller le train ou le transfert à son passage¹⁶.

La règle 111 du REF, Inspection du train et du transfert, établit les exigences relatives à l'inspection des trains par l'équipe d'exploitation à bord. Elle prévoit notamment :

- (c) Tous les membres de l'équipe d'un train ou d'un transfert en marche doivent observer fréquemment les deux côtés de leur convoi pour s'assurer que tout est en ordre¹⁷.

Les incendies qui se déclarent sur des locomotives exploitées en position éloignée dans un train ne sont généralement pas dans le champ de vision de l'équipe de train à partir de sa position dans la cabine de la locomotive de tête. Les locomotives à TR en milieu de train se trouvent souvent à des milliers de pieds de la locomotive de tête, et les locomotives à TR en queue de train peuvent se trouver à quelques milles derrière la locomotive de tête. À moins qu'un train ne soit exploité sur un terrain plat et dégagé présentant des courbes longues et légères, les locomotives télécommandées à TR en milieu ou en queue de train resteront hors de vue de l'équipe de train. De plus, certains incendies de locomotive peuvent n'être visibles que pendant les inspections en marche de nuit.

¹⁶ Transports Canada, *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (24 avril 2020), règle 110 : Surveillance des trains et des transferts qui passent.

¹⁷ Ibid., règle 111 : Inspection du train et du transfert.

1.10 Instructions du Canadien Pacifique concernant l'exploitation des trains pendant la saison des incendies

En ce qui concerne la prévention des incendies pendant la saison des incendies, les *Instructions générales d'exploitation* du CP applicables aux opérations canadiennes prévoient ce qui suit :

28.0 Prévention des incendies

28.1 Certaines locomotives ont tendance à cracher des étincelles par la cheminée d'échappement si leur moteur tourne depuis longtemps au ralenti.

28.2 Pour réduire la projection d'étincelles :

Lorsque son moteur a tourné au ralenti pour une période prolongée, il est bon de laisser le manipulateur de la locomotive au cran 5 durant au moins 10 minutes avant de la mettre sous forte charge. On redoublera de prudence à proximité des trains-blocs de soufre à wagons découverts.

S'il y a de fortes projections d'étincelles, rétrograder légèrement le manipulateur dans la mesure du possible, pour réduire la distance de projection, la taille et la température des étincelles.

En cours de route, afin de réduire les étincelles;

- si les locomotives ont marché sur leur erre, (« drifting ») moteur au ralenti, ou à des crans inférieurs sur une distance de plusieurs milles, il est bon d'avancer le manipulateur lentement, un cran à la fois.
- utiliser le frein rhéostatique : c'est la première chose à faire pour ralentir le train; et
- laisser la résistance naturelle exercée par la déclivité, la courbure de la voie et la friction ralentir le train tout en modulant les crans de marche.

28.3 Si l'on soupçonne une locomotive d'allumer des feux, il faut, dans la mesure du possible, arrêter son moteur pour éviter de causer tout autre dommage à l'emprise ou aux terrains adjacents. La situation doit être signalée sur l'imprimé *Transfert d'informations* et portée à la connaissance du SPL.

28.4 Les équipes de train devraient guetter en particulier tout signe de projection excessive d'étincelles par les locomotives diesel ou par le train.

28.5 Les locomotives de triage remorquées dans un train marchandises doivent être mortes ou isolées jusqu'à destination. Elles ne doivent pas être remise [*sic*] en marche ni utilisé [*sic*] en cours de route¹⁸.

¹⁸ Canadien Pacifique, *Instructions générales d'exploitation (IGE) – Canada* (en vigueur le 14 octobre 2015), section 1 : Exploitation des locomotives et trains – Conduite des trains, sous-section 28.0 : Prévention des incendies, p. 16.

1.11 **Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire**

Pour gérer les risques d'incendie dans des conditions de chaleur extrême, l'Association des chemins de fer du Canada a élaboré de façon proactive les *Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire*, qu'elle a déposées de sa propre initiative auprès du ministre des Transports conformément au paragraphe 20(1) de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*. Le 15 juin 2022, Transports Canada a édicté les nouvelles règles, dont les objectifs énoncés sont les suivants :

2.1 Ces règles ont pour but de faire en sorte que les compagnies disposent :

- a. de mesures d'atténuation pendant les périodes de chaleur extrême afin d'assurer la sécurité ferroviaire et de protéger les infrastructures;
- b. de méthodes appropriées afin de détecter et de prévenir le déclenchement d'incendies pendant les périodes où le niveau de risque d'incendie est extrême;
- c. de mesures d'atténuation dans le cas d'incendies qui pourraient se déclarer sur les emprises ferroviaires lors des périodes où le niveau de risque d'incendie est extrême.

2.2 L'article 6 et l'article 7 de ces règles complètent les exigences du *Règlement sur la prévention et la maîtrise des incendies sur les lignes de chemin de fer*¹⁹.

En ce qui concerne les exigences d'inspection des locomotives, les règles prévoient ce qui suit :

6.1 Les compagnies doivent s'assurer que les conduits d'échappement des locomotives munies d'un compresseur Roots soient inspectés et nettoyés à des intervalles ne dépassant pas 30 jours. Ces inspections seront effectuées par une personne qualifiée. Un relevé de l'inspection doit être conservé pendant au moins 90 jours.

6.2 Les compagnies doivent s'assurer que les conduits d'échappement des locomotives munies d'un moteur turbocompressé soient inspectés et nettoyés à des intervalles ne dépassant pas :

- a. 92 jours pour les locomotives munies d'un moteur turbocompressé à injection mécanique de carburant
- b. 184 jours pour les locomotives munies d'un moteur turbocompressé à injection électronique de carburant

Ces inspections seront effectuées par une personne qualifiée. Un relevé de l'inspection doit être conservé jusqu'au moment où la prochaine inspection est complétée²⁰.

De plus, en ce qui concerne les exigences relatives à un plan d'atténuation des risques d'incendie pour la prévention des incendies sur les emprises ferroviaires, les règles prévoient également ce qui suit :

¹⁹ Transports Canada, *Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire* (15 juin 2022), section 2.0 : Objet.

²⁰ Ibid., section 6.0 : Exigences d'inspection des locomotives.

- 7.1 Chaque compagnie doit disposer d'un plan d'atténuation des risques d'incendie par conditions météorologiques extrêmes (plan d'atténuation des risques d'incendie) et le respecter. Le plan sera en vigueur pendant la saison des incendies.
- 7.2 Le plan d'atténuation des risques d'incendie doit comprendre, au minimum, des mesures qui permettront :
- a. de surveiller les niveaux de risque d'incendie;
 - b. de détecter et de signaler les incendies le long des emprises, ce qui comprend le signalement, par le public, des incendies sur les emprises des compagnies de chemin de fer;
 - c. pendant les périodes où le niveau de risque d'incendie est extrême, à chaque compagnie de chemin de fer qui exploite ou entretient la ligne de chemin de fer, de contrôler la végétation, ce qui comprend l'enlèvement sur les emprises des matières ou des débris combustibles produits lors des activités de contrôle de la végétation;
 - d. pendant les périodes où le niveau de risque d'incendie est extrême, à chaque compagnie de chemin de fer qui exploite ou entretient la ligne de chemin de fer, de réduire les risques d'incendie lors des activités d'entretien de la voie, p. ex. la coupe de rails, la soudure et le meulage des rails, et d'intervenir lors d'incendies qui pourraient être provoqués par ces activités, le cas échéant. À l'exception des situations d'urgence ou des situations où la sécurité ferroviaire doit être assurée, les mesures d'atténuation peuvent comprendre la limitation ou l'arrêt de certaines activités d'entretien de la voie, selon le cas;
 - e. d'évaluer les conditions et de mettre en œuvre des mesures d'atténuation appropriées lors d'un incendie sur l'emprise ou d'un incendie qui menace de l'envahir afin d'assurer la sécurité ferroviaire, y compris la modification de l'exploitation des trains;
 - f. d'intervenir lorsqu'un incendie est détecté ou signalé, ce qui peut comprendre une intervention immédiate pour lutter contre l'incendie, la communication avec les ressources d'intervention d'urgence appropriées ou le déploiement de ces ressources. Les ressources d'intervention d'urgence peuvent notamment être des intervenants externes comme les premiers intervenants ou les services d'incendie.
- 7.3 Chaque compagnie doit déposer auprès de Transports Canada son plan d'atténuation des risques d'incendie dans les 30 jours suivant la date d'entrée en vigueur des présentes règles. Toute modification ultérieure du plan doit ensuite être soumise à Transports Canada avant qu'elle n'entre en vigueur²¹.

Ces règles n'étaient pas en vigueur au moment de l'événement.

1.12 Signalement d'incendies de locomotive par des tiers

Le CP affiche les coordonnées de son centre des communications pour la sécurité publique à tous les passages à niveau publics. De plus, les coordonnées sont disponibles sur le site Web

²¹ Ibid., section 7.0 : Exigences relatives au plan d'atténuation des risques d'incendie sur les emprises ferroviaires.

du CP. Le centre de communication est ouvert 24 heures sur 24 pour répondre aux urgences. Il peut accéder directement au centre d'exploitation lorsqu'une intervention immédiate est nécessaire pour arrêter un train. Les membres du public qui sont témoins d'incendies de locomotive et d'autres urgences peuvent signaler directement la situation au centre des communications en utilisant le numéro de téléphone affiché.

Les appels d'urgence du public peuvent aussi être acheminés par les services 911 locaux. Ces services, dans les territoires traversés par les voies ferrées du CP, ont reçu les coordonnées du centre des communications.

Dans l'événement à l'étude, l'incendie en bordure de voie près du passage à niveau public du chemin Caithness a été signalé par un citoyen inquiet par l'entremise du service 911 local; le service d'urgence a ensuite transmis les renseignements au CP.

1.13 Signalement des incendies au BST

Le *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, aux termes de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*, énumère les types d'événements ferroviaires qui doivent être signalés au BST. Il prévoit notamment :

Accidents ferroviaires

Rapport au Bureau

5 (1) 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 :

[...]

b) le matériel roulant ou son contenu, selon le cas :

[...]

(iii) subit ou provoque un incendie ou une explosion,

[...] ²²

Un examen des incendies signalés au BST au cours des 10 ans précédant l'événement à l'étude a permis de relever 34 incendies de locomotive mettant en cause des locomotives télécommandées en milieu ou en queue de train, dont 3 qui ont été confirmés comme étant à l'origine d'incendies sur l'emprise. Entre la date de l'événement à l'étude et la fin du mois de juin 2023, on a signalé au BST 21 autres incendies de locomotives télécommandées à TR en milieu ou en queue de train.

²² Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, DORS/2014-37 (dernière modification le 23 novembre 2018), partie 1 : Rapports, Rapports obligatoires, Accidents ferroviaires, sous-partie 5(1) : Rapport au Bureau.

2.0 ANALYSE

La conduite du train et l'état de la voie n'ont pas contribué à cet événement. L'analyse portera sur la défaillance du moteur de la locomotive, les incendies de locomotive et en bordure de voie qui en ont résulté, ainsi que l'absence de capacité de surveillance de l'état des locomotives qui permettrait de détecter les incendies sur les locomotives à traction répartie (TR) exploitées en position éloignée dans un train.

2.1 L'événement

Le 8 juillet 2021, le train 880-066 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP) circulait vers l'est dans la subdivision de Cranbrook, près de Caithness, lorsque sa locomotive à TR en milieu de train a subi une défaillance mécanique qui a provoqué l'émission de flammes par la cheminée d'échappement. Il est probable que des braises chaudes ont été émises par la cheminée d'échappement de la locomotive endommagée, enflammant la végétation et provoquant un incendie en bordure de voie près de Caithness.

En raison de la position éloignée de la locomotive dans le train, la situation est passée inaperçue jusqu'à ce qu'elle soit observée par l'équipe d'un train de sens contraire du CP (V09-012) lors d'un croisement sur la voie d'évitement d'Elko, environ 5 milles à l'est de Caithness. L'équipe a remarqué que des flammes sortaient de la cheminée d'échappement de la locomotive au milieu du train en direction est.

2.2 Défaillance de moteur et incendie sur la locomotive CP 9779

Une inspection mécanique de suivi effectuée à Sparwood (point milliaire 17,7 de la subdivision de Cranbrook) a permis de déterminer que l'ensemble de puissance R8 du moteur diesel de la locomotive télécommandée CP 9779 en milieu de train avait subi une défaillance catastrophique.

Un examen mécanique de la locomotive effectué par la suite a permis de découvrir la présence d'un culbuteur brisé sur l'ensemble de puissance R8. On a constaté qu'une soupape d'échappement s'était rompue et que sa tête avait été gravement endommagée, et que les tiges de manœuvre de la soupape d'échappement restante et des 2 soupapes d'admission étaient déformées. L'embout de l'injecteur de carburant était également brisé. On a déterminé qu'une soupape d'échappement, qui présentait des signes de récession du siège de soupape, s'était rompue; sa tête est tombée dans la chambre de combustion alors que le moteur était en marche, ce qui a brisé l'embout de l'injecteur de carburant. Comme le montrent les tiges de manœuvre déformées sur les soupapes restantes, le culbuteur s'est brisé après ou pendant l'impact de sa soupape avec la tête de la soupape d'échappement rompue. Le collecteur d'admission d'air a également été endommagé. Il en est résulté une perte de pression dans l'air fourni aux 8 cylindres du côté droit du moteur diesel; par conséquent, le mélange d'air et de carburant fourni à ces cylindres contenait plus de carburant que la normale. De plus, l'injecteur de carburant brisé a continué d'envoyer du carburant non atomisé dans la chambre de combustion et donc par l'orifice ouvert de la soupape d'échappement.

Le carburant non brûlé a été évacué par les orifices d'échappement vers le collecteur d'échappement, où il a été enflammé par les gaz d'échappement chauds du moteur avant d'être expulsé par la cheminée d'échappement.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Une soupape d'échappement de l'ensemble de puissance R8 de la locomotive télécommandée CP 9779 en milieu de train s'est rompue. La tête de la soupape est alors tombée dans la chambre de combustion, ce qui a endommagé un injecteur de carburant et provoqué la rupture du culbuteur de la soupape d'échappement adjacente pendant que le moteur était en marche. Par conséquent, du carburant non brûlé a pénétré dans le collecteur d'échappement, où il a été enflammé par les gaz d'échappement chauds du moteur avant d'être expulsé par la cheminée d'échappement.

2.2.1 Historique des remplacements des ensembles de puissance sur la locomotive CP 9779

Au CP, les moteurs de locomotive subissent une révision complète à intervalles réguliers, généralement tous les 5 à 7 ans environ. Pour la locomotive CP 9779, une révision est effectuée à chaque intervalle de 28 000 mégawattheures. La dernière révision de la locomotive CP 9779 remonte à la fin de 2017. Les dossiers d'entretien indiquent que 10 des 16 ensembles de puissance de la locomotive CP 9779 ont été remplacés depuis la dernière révision du moteur et que la récession du siège de la soupape d'échappement avait déjà été constatée lors de l'entretien de cette unité par le personnel du CP. Le BST ne recueille pas de données sur les défaillances des ensembles de puissance des locomotives.

Fait établi : Autre

Plus de 60 % des ensembles de puissance de la locomotive CP 9779 ont été remplacés en l'espace d'environ 3,5 ans, ce qui correspond à approximativement la moitié du cycle de révision du moteur.

2.3 Incendie en bordure de voie près du passage à niveau public du chemin Caithness

Lorsque la locomotive en milieu de train circulait dans le secteur du passage à niveau public du chemin Caithness, le manipulateur de son moteur était à une position élevée (de 6 à 8) alors que le train montait une pente de 1 %. Lorsque le manipulateur est à une position élevée, les gaz sortent de la cheminée d'échappement à une pression et à un débit élevés. S'il y a des braises chaudes dans la cheminée d'échappement, elles sont poussées plus loin dans l'air. Lorsqu'elles sont poussées avec suffisamment de force, les braises peuvent être projetées sur le côté de la voie, selon la présence de vents de travers et la turbulence créée par le train en mouvement. Par temps chaud et sec, lorsque le risque d'incendie de forêt est élevé, comme dans l'événement à l'étude, les braises chaudes sont susceptibles d'enflammer la végétation environnante et de provoquer un incendie.

Bien qu'il n'y ait aucune preuve photographique de la présence de braises dans cet événement, en l'absence d'une autre source d'inflammation confirmée, et étant donné que

l'incendie de l'emprise a été signalé peu après le passage du train, il est probable que l'incendie dans la cheminée d'échappement contenait des matériaux à base de carbone qui se sont propagés jusqu'à l'emprise et qui ont déclenché l'incendie.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les flammes et les braises qui sortaient de la cheminée d'échappement de la locomotive en milieu de train ont probablement provoqué la chute de braises chaudes sur la végétation le long de la voie à l'ouest du passage à niveau du chemin Caithness. Le danger d'incendie de forêt était élevé dans le secteur, et les braises ont enflammé la végétation sur l'emprise, provoquant un incendie qui s'est propagé jusqu'au terrain adjacent du côté nord de la voie.

L'incendie près du passage à niveau public du chemin Caithness a été observé et signalé au service 911 en temps opportun. Cela a permis au service d'incendie local d'intervenir rapidement. Le BC Wildfire Service a également été immédiatement prévenu et est intervenu en apportant un soutien aérien.

Fait établi : Autre

Malgré sa croissance rapide dans des conditions de danger élevé d'incendie, l'incendie a été rapidement maîtrisé et éteint par le service d'incendie local et le BC Wildfire Service.

2.4 Surveillance de l'état des locomotives

La locomotive CP 9779 était une locomotive télécommandée à TR exploitée en milieu de train. Dans un train qui comprend un grand nombre de wagons (le train à l'étude comptait 152 wagons), les locomotives en milieu de train ne sont généralement pas dans le champ de vision de l'équipe de train à partir de sa position dans la cabine de la locomotive de tête.

Sur les systèmes de TR, les renseignements relatifs à la surveillance des défaillances des locomotives télécommandées s'affichent à l'intention du ML dans la locomotive de tête. Il s'agit d'une alerte générique unique, sans renseignements permettant de diagnostiquer la cause de la défaillance. Les incendies sur les locomotives télécommandées ne déclenchent pas l'alerte générique, à moins qu'ils ne conduisent à une défaillance mécanique. Par conséquent, ces incendies peuvent passer inaperçus par les membres de l'équipe.

Bien que les systèmes de TR fournissent des renseignements limités sur la surveillance des défaillances des locomotives exploitées en position éloignée, il existe des solutions de surveillance de l'état plus avancées, telles que la suite PowerView Connect de Progress Rail et la plateforme Violet Edge de Wi-Tronix. Ces systèmes, très répandus en Amérique du Nord, permettent à une compagnie ferroviaire de surveiller à distance la façon dont ses trains sont exploités et peuvent fournir des renseignements techniques utiles sur le rendement des locomotives, y compris celui des moteurs diesel. Toutefois, ces systèmes n'ont pas été conçus pour consigner et transmettre des données propres à la présence d'incendies sur des locomotives télécommandées.

Les locomotives exploitées en position éloignée dans un train ne sont pas munies de capteurs permettant de détecter les types courants d'incendies de locomotive, comme les

incendies dans la salle des machines, les incendies dans la cheminée d'échappement, les incendies dans les moteurs de traction et les incendies dans les compartiments électriques.

À l'heure actuelle, les locomotives ne sont pas équipées de systèmes permettant d'alerter les membres de l'équipe en cas d'incendie de locomotive. Par conséquent, l'industrie se fie actuellement aux inspections de trains qui passent effectuées par les employés des compagnies ferroviaires et aux signalements des membres du public pour repérer les incendies.

Les compagnies de chemin de fer nord-américaines utilisent des systèmes de détection en voie situés à des endroits stratégiques pour surveiller, au passage des trains, certains paramètres essentiels à la sécurité. Ces systèmes surveillent généralement la température des roues et des boîtes chaudes et la présence de pièces traînantes.

Dans le cadre des activités du CP, la distance entre les détecteurs de roues et de boîtes chaudes en voie principale est généralement de 20 à 25 milles, mais ne dépasse pas 40 milles. L'industrie n'a pas encore tiré parti de ces installations pour permettre l'inspection des incendies de locomotive, que ce soit par inspection visuelle avec caméra ou par détection de chaleur avec capteur.

Fait établi quant aux risques

Jusqu'à ce que des technologies soient mises en œuvre pour détecter les incendies sur les locomotives exploitées en position éloignée dans un train, il existe un risque que ces incendies ne soient pas détectés à l'aide des méthodes existantes, ce qui pourrait entraîner des incendies en bordure de voie ou des dommages au matériel roulant.

2.5 Exigences de la compagnie ferroviaire et de la réglementation fondées sur le danger d'incendie

La province de la Colombie-Britannique utilise la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt pour évaluer le danger d'incendie, c'est-à-dire le risque de déclenchement d'un incendie de forêt. Au moment de l'événement, le niveau de danger d'incendie était élevé dans la région d'Elko, où le train circulait, et il est devenu extrême le lendemain.

Les *Instructions générales d'exploitation* du CP fournissent une orientation aux équipes de train sur les pratiques exemplaires à adopter pendant la saison des incendies pour éviter l'émission d'étincelles par une locomotive. Ces instructions exigent que le moteur d'une locomotive soit coupé lorsque l'on se rend compte qu'une locomotive émet des étincelles ou des braises. Toutefois, dans le cas de l'exploitation des trains à TR, les équipes n'ont souvent pas conscience des conditions qui touchent les locomotives exploitées en position éloignée dans un train, jusqu'à ce que des employés en bordure de voie ou des membres du public observent et signalent ces conditions.

Au moment de l'événement, il n'y avait pas de restrictions réglementaires applicables à l'exploitation d'un train ayant des locomotives exploitées en position éloignée en fonction

du danger d'incendie, ni d'exigences propres à la surveillance continue de ces locomotives pour y détecter des incendies.

Fait établi quant aux risques

Dans les secteurs sensibles aux incendies de forêt en raison des conditions météorologiques, s'il n'y a pas de restrictions de la compagnie ferroviaire ou de la réglementation applicables à l'exploitation des trains ayant des locomotives en position éloignée, sur lesquelles des sources d'inflammation peuvent passer inaperçues pendant de longues périodes, il existe un risque accru que ces sources d'inflammation migrent vers le terrain environnant et l'enflamment.

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. Une soupape d'échappement de l'ensemble de puissance R8 de la locomotive télécmandée CP 9779 en milieu de train s'est rompue. La tête de la soupape est alors tombée dans la chambre de combustion, ce qui a endommagé un injecteur de carburant et provoqué la rupture du culbuteur de la soupape d'échappement adjacente pendant que le moteur était en marche. Par conséquent, du carburant non brûlé a pénétré dans le collecteur d'échappement, où il a été enflammé par les gaz d'échappement chauds du moteur avant d'être expulsé par la cheminée d'échappement.
2. Les flammes et les braises qui sortaient de la cheminée d'échappement de la locomotive en milieu de train ont probablement provoqué la chute de braises chaudes sur la végétation le long de la voie à l'ouest du passage à niveau du chemin Caithness. Le danger d'incendie de forêt était élevé dans le secteur, et les braises ont enflammé la végétation sur l'emprise, provoquant un incendie qui s'est propagé jusqu'au terrain adjacent du côté nord de la voie.

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. Jusqu'à ce que des technologies soient mises en œuvre pour détecter les incendies sur les locomotives exploitées en position éloignée dans un train, il existe un risque que ces incendies ne soient pas détectés à l'aide des méthodes existantes, ce qui pourrait entraîner des incendies en bordure de voie ou des dommages au matériel roulant.
2. Dans les secteurs sensibles aux incendies de forêt en raison des conditions météorologiques, s'il n'y a pas de restrictions de la compagnie ferroviaire ou de la réglementation applicables à l'exploitation des trains ayant des locomotives en position éloignée, sur lesquelles des sources d'inflammation peuvent passer inaperçues pendant de longues périodes, il existe un risque accru que ces sources d'inflammation migrent vers le terrain environnant et l'enflamment.

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. Plus de 60 % des ensembles de puissance de la locomotive CP 9779 ont été remplacés en l'espace d'environ 3,5 ans, ce qui correspond à approximativement la moitié du cycle de révision du moteur.

2. Malgré sa croissance rapide dans des conditions de danger élevé d'incendie, l'incendie a été rapidement maîtrisé et éteint par le service d'incendie local et le BC Wildfire Service.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Canadien Pacifique

Afin de se conformer à l'arrêté ministériel (AM) 21-06 du 11 juillet 2021, dans lequel Transports Canada exigeait que les compagnies de chemin de fer mettent en place des mesures visant à accroître leur capacité de détection, de surveillance et d'extinction des incendies, la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP) a mis en œuvre ce qui suit :

- Une mesure garantissant qu'aucune locomotive ne circule dans un secteur où le danger d'incendie est évalué comme « extrême », à moins qu'elle n'ait été inspectée au cours des 15 jours précédents. Cette mesure vise à s'assurer que les passages d'échappement de la locomotive sont exempts de matières combustibles, notamment d'accumulation d'huile et de dépôts carbonés d'une épaisseur supérieure à 1/8 pouce.
- Des plans d'atténuation des risques d'incendie dans des conditions météorologiques extrêmes qui traitent des mesures de détection, de surveillance et d'intervention relatives aux incendies.
- Des mesures renforcées de contrôle de la végétation le long de l'emprise, y compris :
 - Un document d'orientation pour la gestion de la charge de combustible forestier qui peut découler directement des activités de gestion de la végétation.
 - L'enlèvement des débris provenant des travaux effectués sur les arbres et la végétation ou l'élimination des débris par paillage ou déchiquetage mécanique.
 - Des lignes directrices pour la gestion des combustibles à l'intention des entrepreneurs qui assurent des services de gestion de la végétation pour le compte du CP.

4.2 Préoccupation liée à la sécurité

4.2.1 Surveillance des incendies à bord de locomotives exploitées en position éloignée dans un train

Les locomotives de marchandises modernes ne sont pas équipées de capteurs en temps réel pour surveiller, détecter et communiquer automatiquement les incendies de locomotive, comme les incendies dans la cheminée d'échappement, les incendies dans la salle des machines, les incendies dans les moteurs de traction et les incendies dans les compartiments électriques. Par conséquent, l'industrie se fie actuellement aux inspections de trains qui passent effectuées par les employés des compagnies ferroviaires et aux signalements des membres du public pour repérer et signaler une situation d'incendie, en particulier lorsque l'incendie survient dans une locomotive sans conducteur exploitée en position éloignée dans un train. Il y a donc un risque qu'un incendie à bord ne soit pas détecté avant un certain temps et qu'il se propage à l'emprise et au-delà.

De nombreuses compagnies de chemin de fer utilisent de l'équipement tiers intégré aux systèmes de commande et aux systèmes mécaniques de leurs locomotives pour transmettre sans fil certaines données des différentes locomotives d'un train à un centre principal de traitement des données. Ces systèmes, très répandus en Amérique du Nord, permettent à une compagnie ferroviaire de surveiller à distance l'exploitation des locomotives et de suivre en temps réel les renseignements techniques (diagnostics, alertes personnalisables, etc.) sur l'état des locomotives, y compris le rendement des moteurs diesel. Toutefois, ces systèmes n'ont pas été conçus pour détecter la présence d'incendies de locomotive ni pour alerter les équipes de train.

De plus, les compagnies de chemin de fer nord-américaines utilisent des systèmes de détection en voie situés à des endroits stratégiques pour surveiller, au passage des trains, certains paramètres essentiels à la sécurité, comme la température des roues et des boîtes des wagons et la présence de pièces traînantes. Cependant, ces systèmes de détection en voie ne sont pas équipés de caméras ni de capteurs de chaleur permettant de détecter un incendie à bord d'un train qui passe, et plus particulièrement un incendie à bord d'une locomotive exploitée en position éloignée dans un train.

Bien que les incendies à bord de locomotives exploitées en position éloignée dans un train ne soient pas rares, ils ne se propagent pas souvent à l'emprise ferroviaire. Un examen des incendies signalés au BST au cours des 10 ans précédant l'événement à l'étude a permis de relever 34 incendies de locomotive mettant en cause des locomotives télécommandées à TR en milieu ou en queue de train, dont 3 qui ont été confirmés comme étant à l'origine d'incendies sur l'emprise. Entre la date de l'événement à l'étude et la fin du mois de juin 2023, on a signalé au BST 21 autres incendies de locomotives télécommandées à TR en milieu ou en queue de train. Conformément au Règlement sur le BST, les incendies doivent être signalés au BST s'ils sont attribuables à l'exploitation du matériel roulant, tel qu'il est déterminé par la compagnie de chemin de fer; toutefois, il est souvent difficile d'établir un lien causal avec les incendies sur l'emprise. Pour cette raison, la fréquence et le nombre d'incendies sur l'emprise causés par le matériel roulant, y compris les incendies causés par les locomotives télécommandées, pourraient s'avérer plus élevés que ceux signalés au BST. Si de tels incendies se propageaient à l'emprise et au-delà à un moment où le danger d'incendie est élevé ou extrême, les conséquences pourraient se révéler catastrophiques pour les personnes, les biens et l'environnement.

Pour gérer les risques d'incendie pendant les périodes de danger extrême d'incendie, l'industrie ferroviaire a élaboré les *Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire*, qui ont été approuvées par le ministre des Transports. Les nouvelles règles sont entrées en vigueur le 15 juin 2022. Entre autres exigences, ces règles ont pour but de faire en sorte que les compagnies de chemin de fer disposent de « méthodes appropriées afin de détecter et de prévenir le déclenchement

d'incendies pendant les périodes où le niveau de risque d'incendie est extrême²³ ». Ces règles exigent également que chaque compagnie de chemin de fer dispose d'un plan d'atténuation des risques d'incendie en vigueur pendant la saison des incendies et que ce plan comprenne des mesures qui permettront « de détecter et de signaler les incendies le long des emprises, ce qui comprend le signalement, par le public, des incendies sur les emprises des compagnies de chemin de fer²⁴ ».

Le Bureau est encouragé par l'initiative que l'industrie ferroviaire a prise en élaborant les *Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire*, et il espère une meilleure gestion des risques liés aux activités ferroviaires pendant la saison des incendies. Toutefois, les données disponibles sont actuellement insuffisantes pour permettre au BST d'évaluer toutes les incidences des nouvelles règles sur la réduction des incendies à bord et des incendies sur l'emprise.

La détection précoce des incendies de locomotive permettrait d'intervenir rapidement pour éviter que ces incendies ne se propagent à l'emprise. Tant que des technologies ne seront pas mises en œuvre pour détecter les incendies à bord des locomotives en position éloignée dans un train, il y a un risque que ces incendies ne soient pas détectés à l'aide des méthodes existantes, ce qui pourrait entraîner des incendies en bordure de voie qui s'étendent au-delà de l'emprise ou l'endommagement du matériel roulant.

Par conséquent, le Bureau est préoccupé par le fait qu'aucune mesure n'a été prise pour tirer parti des systèmes embarqués existants et étendre leur utilisation pour surveiller les locomotives exploitées en position éloignée dans un train afin de détecter les types courants d'incendies lorsque les trains sont en service.

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 août 2023. Le rapport a été officiellement publié le 24 août 2023.

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.

²³ Transports Canada, *Règles concernant les périodes de chaleur extrême et l'atténuation des risques d'incendie dans le réseau ferroviaire* (15 juin 2022), section 2.0 : Objet.

²⁴ Ibid., section 7.0 : Exigences relatives au plan d'atténuation des risques d'incendie sur les emprises ferroviaires.