



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R24C0012

DÉRAILLEMENT DE TRAIN EN VOIE PRINCIPALE

Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (faisant affaire sous
le nom de CPKC)

Train de marchandises 119-02

Point milliaire 65,8, subdivision de Brooks

Près de Brooks (Alberta)

5 février 2024

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 R24C0012 (publié le 24 février 2026).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4e 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, 2026

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire R24C0012

No de cat. TU3-11/24-0012F-PDF
ISBN 978-0-660-98317-2

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
1.2 Examen du site	10
1.3 Renseignements sur le train.....	11
1.4 Renseignements sur le personnel.....	11
1.4.1 Équipe de train.....	11
1.4.2 Superviseur de la Mécanique (locomotive)	12
1.5 Renseignements sur la subdivision et sur la voie	12
1.6 Renseignements consignés	12
1.6.1 Journal des défaillances de la locomotive KCS 4767	12
1.6.2 Détecteurs de température des roues.....	13
1.7 Examen de l'essieu monté et de l'ensemble du moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767	14
1.8 Inspections de la locomotive KCS 4767 au cours des mois précédant le déraillement	15
1.8.1 Inspection annuelle	15
1.8.2 Inspection avant départ.....	16
1.9 Instructions du CPKC concernant l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse	16
1.9.1 Instructions aux équipes de train.....	16
1.9.2 Instructions au personnel de la Mécanique	17
1.10 Procédures	19
1.11 Fonctions essentielles à la sécurité ferroviaire.....	19
1.12 Personne responsable	20
1.13 Superviseurs de la Mécanique (locomotive).....	20
1.13.1 Rôle et responsabilités.....	20
1.13.2 Programme de formation.....	20
1.14 Continuum de l'apprentissage et des compétences	22
1.15 Poste de spécialiste principal, Locomotives	23
1.15.1 Évaluation des risques liés à la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives	24
1.16 Prise de décision et biais cognitifs	25
1.17 Conception d'interfaces humain-machine	26
1.17.1 Systèmes informatisés de locomotive	26
1.17.2 Moniteur de contrôle sur les locomotives de la série ES44AC	27
2.0 Analyse	32
2.1 L'événement	32
2.2 Formation du superviseur de la Mécanique (locomotive)	34
2.3 Élimination du poste de spécialiste principal, Locomotives.....	36
2.4 Instructions du CPKC relatives à l'isolement des capteurs de vitesse	38

2.5	Conception de l'interface du moniteur de contrôle de locomotive.....	39
2.6	Communication et diffusion de l'information.....	41
3.0	Faits établis	43
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	43
3.2	Faits établis quant aux risques	44
3.3	Autres faits établis.....	44
4.0	Mesures de sécurité	45
4.1	Mesures de sécurité prises	45
4.1.1	CPKC.....	45

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE R24C0012

DÉRAILLEMENT DE TRAIN EN VOIE PRINCIPALE

Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (faisant affaire sous le nom de CPKC)

Train de marchandises 119-02

Point milliaire 65,8, subdivision de Brooks

Près de Brooks (Alberta)

5 février 2024

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. Les pronoms et les titres de poste masculins peuvent être utilisés pour désigner tous les genres afin de respecter la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* (L.C. 1989, ch. 3).

Résumé

Le 5 février 2024, vers 16 h 24, heure normale des Rocheuses, le train de marchandises mixtes 119-02 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique, faisant affaire sous le nom de CPKC, circulait en direction ouest dans la subdivision de Brooks à environ 53 mi/h lorsque la locomotive menée du groupe de traction de tête et 17 wagons intermodaux (41 plateformes) ont déraillé au point milliaire 65,8, près de Brooks (Alberta). Certains des wagons déraillés transportaient des marchandises dangereuses, mais ceux-ci n'ont pas subi de brèche. Il n'y a pas eu de blessés.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 L'événement

En vertu de l'article 28 de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*, les enregistrements de bord sont protégés. Cependant, le BST peut utiliser tout enregistrement de bord lorsque la sécurité des transports l'exige. Pour cette raison, le Bureau peut faire référence à un enregistrement de bord, lorsque nécessaire, pour étayer un fait établi et cerner une lacune de sécurité importante, mais d'autres parties ne pourront pas utiliser les enregistrements de bord protégés ni y avoir accès.

La raison pour laquelle les enregistrements de bord sont protégés se fonde sur le principe que le privilège d'un enregistrement respecte la vie privée du personnel exploitant dont les paroles et actions sont consignées dans cet enregistrement, et aide aussi à s'assurer que ce matériel essentiel est disponible aux fins d'enquêtes sur la sécurité.

Ce rapport fait référence au contenu d'un enregistreur audio-vidéo de locomotive (EAVL), un type d'enregistrement de bord dans le secteur du transport ferroviaire. Pour chaque référence à cet enregistrement, le BST utilise le contenu de l'EAVL comme justification pour certains de ses faits établis et dans le but de cerner les lacunes de sécurité importantes. Dans chaque cas, le matériel a été examiné soigneusement afin de s'assurer que les extraits utilisés sont nécessaires pour déterminer les causes ou les facteurs contributifs de l'événement ou pour cerner des lacunes de sécurité.

Le 2 février 2024, le train de marchandises mixtes 119-02 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique, faisant affaire sous le nom de CPKC, a quitté Montréal (Québec) à destination d'Edmonton (Alberta).

Le 4 février 2024, alors que le train circulait dans la subdivision d'Ignace (Ontario), un contremaître de l'ingénierie de la voie présent en bordure de la voie a remarqué que de la fumée s'échappait d'un moteur de traction de la locomotive menée du groupe de traction de tête (locomotive menée, KCS 4767) et en a informé l'équipe de train.

L'équipe a déterminé que la fumée provenait du moteur de traction n° 4 de la locomotive. Par mesure de précaution, le mécanicien de locomotive (ML) a isolé la locomotive.

Le ML a appelé le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) pour lui signaler la situation et lui demander s'il devait arrêter le train, qui se trouvait sur la voie principale simple. Le CCF a consulté son superviseur immédiat, le directeur des opérations, et il a été décidé que le train devait être arrêté à son emplacement actuel. Le CCF a demandé au ML d'inspecter la locomotive pour détecter toute flamme ou fuite d'huile, de s'assurer que l'essieu ne se bloquait pas et de communiquer avec l'autorité désignée des Services de la mécanique — en

l'occurrence le superviseur de la Mécanique (locomotive), ci-après désigné SML, à Winnipeg (Manitoba)¹.

Le ML a arrêté le train et a inspecté la locomotive conformément aux instructions. Il a ensuite communiqué à nouveau avec le CCF et indiqué qu'il avait tenté de joindre le SML, mais qu'il n'avait reçu aucune réponse.

Environ 5 minutes plus tard, l'équipe a reçu un appel du directeur des opérations, qui lui a indiqué que, tant que le moteur de traction était isolé² et que la fumée se dissipait, on pouvait déplacer le train vers la voie d'évitement suivante (à Charlotte, située à environ 6 milles de là) afin qu'il ne bloque pas la circulation sur la voie principale. Le directeur des opérations a aussi indiqué qu'il demanderait au SML de communiquer avec l'équipe.

Le ML s'est rendu dans la cabine de la locomotive KCS 4767 pour isoler le moteur de traction, ce qui nécessitait de modifier le réglage d'un interrupteur à bascule sur le moniteur de contrôle — les moteurs de traction individuels peuvent être isolés à l'aide d'un interrupteur à bascule TMCO ou SSCO³. Il a réglé les interrupteurs TMCO 4 et TMCO 5 à la position « Out ». Il a ensuite fait basculer plusieurs fois les interrupteurs SSCO 4 et SSCO 5 entre les positions « In » et « Out », mais il les a finalement laissés à la position « In ». Ces opérations ont entraîné l'isolement des moteurs de traction n° 4 et n° 5 (le ML a isolé le moteur de traction n° 5 par mesure de précaution), mais pas de leurs capteurs de vitesse correspondants⁴. Le ML est retourné à la locomotive menante, moment où il a reçu un appel du SML.

Le ML a informé le SML de la situation et a mentionné qu'il avait isolé les moteurs de traction n° 4 et n° 5 et que la fumée se dissipait. Il a également indiqué qu'il avait inspecté la

¹ La section 1.3 des *Instructions générales d'exploitation* du CPKC (révisées le 6 septembre 2018) exige que les mécaniciens de locomotive (ML) informent les installations de la Mécanique des pannes de locomotive et se conforment à leurs instructions.

² Lorsqu'un moteur de traction est isolé, l'alimentation électrique du moteur est désactivée, ce qui rend le moteur incapable de générer un effort de traction ou de freinage dynamique.

³ Les interrupteurs à bascule TMCO, numérotés de 1 à 6 (un pour chaque moteur de traction), contrôlent individuellement le réglage (« In » ou « Out ») de chaque moteur de traction (c.-à-d. que le fait de régler l'interrupteur à bascule TMCO 4 à la position « Out » a pour effet d'isoler le moteur de traction n° 4). Les interrupteurs à bascule SSCO, également numérotés de 1 à 6, contrôlent les réglages des moteurs de traction individuels et de leur capteur de vitesse correspondant, en une seule opération (c.-à-d. que le fait de régler l'interrupteur à bascule SSCO 4 à la position « Out » a pour effet simultané d'isoler le moteur de traction n° 4 et son capteur de vitesse correspondant — il n'est pas possible d'isoler un capteur de vitesse sans isoler également son moteur de traction). Si un interrupteur à bascule SSCO est réglé à la position « Out », le moteur de traction et le capteur de vitesse seront tous deux isolés, quelle que soit la position de l'interrupteur TMCO pour ce moteur de traction. L'interface permettant d'isoler les moteurs de traction et les capteurs de vitesse est décrite plus en détail à la section 1.17.2. Dans le présent rapport, l'isolement d'un capteur de vitesse désigne l'opération consistant à utiliser un interrupteur à bascule SSCO pour isoler un moteur de traction et son capteur de vitesse en une seule opération.

⁴ Un capteur de vitesse sur un moteur de traction est conçu pour surveiller la vitesse de rotation de l'essieu monté et pour prévenir les mécaniciens de locomotive en cas de problèmes potentiels avec l'essieu, tels que le patinage de roue, le lâchage de pignon ou le blocage de l'essieu.

locomotive, qu'il y avait un peu d'huile autour du moteur de traction, que l'essieu ne se bloquait pas et tournait correctement lorsque la locomotive se déplaçait légèrement. Le SML a demandé à l'équipe d'attendre.

Après avoir consulté son superviseur immédiat, le surintendant adjoint, qui se trouvait hors site, le SML a repris la communication téléphonique. Il a confirmé que les mesures prises par le ML étaient correctes, sauf en ce qui concerne l'isolement de la locomotive qui n'était pas nécessaire. Il a aussi indiqué que l'équipe pouvait poursuivre le voyage, mais devait surveiller la situation. Le ML a alors demandé si les capteurs de vitesse devaient également être isolés (c.-à-d. si les interrupteurs à bascule SSCO 4 et SSCO 5 devaient être réglés à la position « Out »); le SML a laissé au ML le soin de prendre la décision. Le ML a dit au SML qu'il les isolerait; le SML n'a pas émis d'objection. La conversation a pris fin et le ML est retourné à la locomotive KCS 4767, a réglé les interrupteurs SSCO 4 et SSCO 5 à la position « Out » et a remis la locomotive en service.

Le ML est revenu dans la locomotive menante et a continué le voyage. Il a appelé le CCF pour l'informer que le train était en route, après avoir reçu l'autorisation de poursuivre sa route de l'autorité désignée des Services de la mécanique.

Afin d'informer les équipes suivantes de la situation, le ML a indiqué sur l'imprimé *Transfert d'informations* qu'il avait isolé les moteurs de traction n° 4 et n° 5, sans toutefois mentionner les capteurs de vitesse. Pour sa part, le SML a créé une entrée dans l'application Interface SAP pour Usagers⁵ afin de consigner le problème des moteurs de traction; dans la description, il a mentionné la fumée et a indiqué que les moteurs de traction n° 4 et n° 5 avaient été isolés, sans toutefois faire mention des capteurs de vitesse.

Le train a poursuivi son trajet vers l'ouest, avec plusieurs changements d'équipe en cours de route. Il est passé devant une installation d'entretien des locomotives à Winnipeg, puis de nouveau à Moose Jaw (Saskatchewan), mais ne s'est pas arrêté pour faire l'objet d'une inspection ou de réparations, car aucun besoin de la sorte n'avait été relevé.

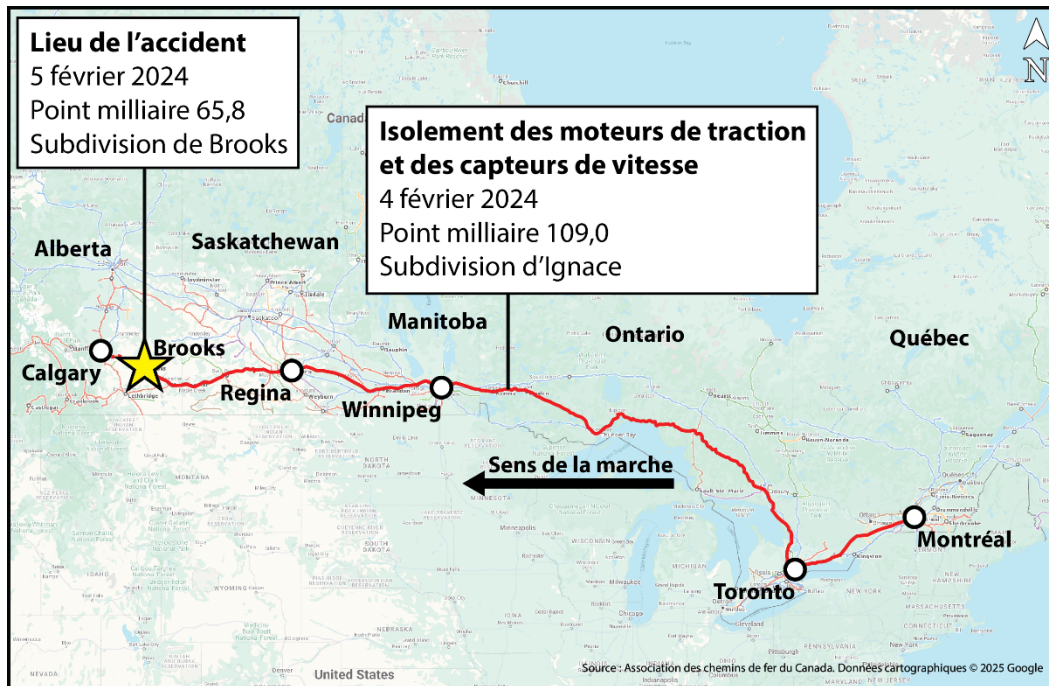
Le 5 février 2024, vers 16 h 24⁶, le train circulait en direction ouest dans la subdivision de Brooks à environ 53 mi/h lorsqu'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché au point milliaire 65,8, près de Brooks (Alberta) (figure 1). Après une inspection, il a été déterminé que la locomotive menée avait déraillé, ainsi que les 17 premiers wagons (tous des wagons intermodaux, représentant un total de 41 plateformes). Certains des wagons déraillés transportaient des marchandises

⁵ L'Interface SAP pour Usagers est une application autonome utilisée principalement pour consigner des renseignements importants sur la mécanique et l'entretien à des fins de tenue de dossiers. Elle est également utilisée par le personnel de l'entretien mécanique pour planifier les travaux de réparation et en assurer le suivi, au besoin. Les renseignements enregistrés peuvent appuyer le personnel d'entretien dans sa prise de décision subséquente; toutefois, ils ne sont pas liés ni intégrés aux systèmes dédiés à la surveillance de la sécurité pendant l'exploitation que la compagnie ferroviaire utilise à des fins opérationnelles (comme les systèmes de détection en voie).

⁶ Les heures sont exprimées en heure normale des Rocheuses.

dangereuses, mais ceux-ci n'ont pas subi de brèche ni déversé leur contenu. L'incident n'a fait aucun blessé.

Figure 1. Carte de la route du train, montrant l'endroit où le train s'est arrêté dans la subdivision d'Ignace en raison de problèmes avec un moteur de traction de la locomotive KCS 4767 et l'endroit où il a déraillé dans la subdivision de Brooks (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas du rail canadien*, avec annotations du BST)



Au moment de l'accident, la température était d'environ -12°C et le ciel était dégagé.

1.2 Examen du site

Les wagons ont déraillé en accordéon (figure 2).

Figure 2. Les wagons déraillés en accordéon (Source : BST).



L'enquête n'a pas permis de déterminer avec certitude la séquence des événements du déraillement. Plusieurs rails rompus ont été observés dans la zone où le train a déraillé. L'inspection menée sur environ 3000 pieds de voie à l'est du lieu du déraillement a révélé des traces de glissement de roue sur la surface du champignon du rail.

Une inspection approfondie du train a révélé que les deux roues de l'essieu monté n° 4 de la locomotive KCS 4767 avaient subi des dommages importants (figure 3) compatibles avec un essieu qui ne tourne pas librement et qui se bloque par intermittence.

Figure 3. Dommages subis par la roue L4 de la locomotive KCS 4767 (Source : BST)



CPKC a retiré l'essieu monté et l'ensemble du moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767 afin de les examiner plus en détail dans son atelier de réparation à Calgary (Alberta).

1.3 Renseignements sur le train

Au moment de l'accident, le train se composait de 3 locomotives (2 en tête et 1 en milieu de train) et de 97 wagons (50 wagons chargés et 47 wagons vides). Il mesurait 9837 pieds de long et pesait 8859 tonnes. La locomotive KCS 4767, la locomotive menée du groupe de traction de tête, était orientée vers l'arrière.

La locomotive KCS 4767 est une locomotive de la série GE ES44AC. Elle a été fabriquée en 2011 à Erie (Pennsylvanie, États-Unis) par GE Transportation. Elle est équipée d'un moteur diesel à 12 cylindres et à 4 temps offrant 4400 chevaux-puissance, et de 6 moteurs de traction électriques à courant alternatif. Ces moteurs de traction, ainsi que les essieux auxquels ils sont associés, sont numérotés de 1 à 6, de la cabine avant à l'arrière de la locomotive.

1.4 Renseignements sur le personnel

1.4.1 Équipe de train

L'équipe qui conduisait le train dans la subdivision d'Ignace, et qui a isolé les moteurs de traction et les capteurs de vitesse de la locomotive KCS 4767 après qu'elle ait connu un

problème de moteur de traction, était composée d'un ML et d'un chef de train. Les 2 membres de l'équipe de train connaissaient bien le territoire.

Le ML avait 20 ans d'expérience de travail au CPKC, dont environ 12 ans à titre de ML qualifié, et avait travaillé principalement dans les subdivisions de Keewatin et d'Ignace.

Le chef de train s'était joint à CPKC en octobre 2022 et avait obtenu sa qualification en février 2023.

Selon les données recueillies au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques, y compris la fatigue, aient nui à la performance de l'équipe.

1.4.2 Superviseur de la Mécanique (locomotive)

Le SML a commencé à travailler à CPKC à Winnipeg le 27 novembre 2023. Au moment de l'événement à l'étude, il occupait ce poste depuis environ 2 mois. Avant son embauche à CPKC, il avait travaillé pendant 1 an à la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada en tant que chef de train. Avant cela, il ne travaillait pas dans le secteur ferroviaire.

Selon les données recueillies au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques, y compris la fatigue, aient nui à la performance du planificateur de l'atelier diesel.

1.5 Renseignements sur la subdivision et sur la voie

La subdivision de Brooks s'étend du point milliaire 0,0 (Medicine Hat) (Alberta) au point milliaire 175,8 (Calgary). Les mouvements de train sont régis par le système de commande centralisée de la circulation, comme l'autorise le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*. Leur répartition est effectuée par un CCF en poste à Calgary.

1.6 Renseignements consignés

1.6.1 Journal des défaillances de la locomotive KCS 4767

Les locomotives modernes utilisent des systèmes automatisés pour effectuer un autodiagnostic des problèmes en cours de route. Les résultats sont enregistrés dans un journal des défaillances. Ces journaux peuvent être consultés hors ligne par le personnel de la Mécanique afin de cerner les défaillances des principaux composants ou de planifier les activités d'entretien.

Certains problèmes cernés par le système d'autodiagnostic sont résolus par une réponse automatisée (comme l'isolement du composant défectueux). D'autres problèmes, comme un essieu bloqué, déclenchent une alarme pour en alerter le ML, tandis que certains incidents n'entraînent pas de réponse, mais sont consignés pour être examinés ultérieurement par le personnel d'entretien.

Dans le cadre de l'enquête, le journal des défaillances de la locomotive KCS 4767 a été examiné. Les données indiquent que la première défaillance liée au moteur de traction n° 4,

une défaillance du relais de terre⁷, a été enregistrée à 12 h 37 le 4 février, 32 heures avant l'accident. En l'occurrence, le moteur a automatiquement été isolé et le niveau de gravité de la défaillance du relais de terre a été enregistré, mais la défaillance n'a pas été signalée au ML.

Les données ont également démontré que, lorsque le train a été arrêté dans la subdivision d'Ignace, les moteurs de traction n° 4 et n° 5 et les capteurs de vitesse correspondants ont été isolés manuellement, puis remis en service à plusieurs reprises à partir de la locomotive KCS 4767 avant d'être laissés en mode d'isolement.

1.6.2 Détecteurs de température des roues

Les compagnies ferroviaires fixent leurs propres seuils pour déterminer si la roue d'un wagon de marchandises est considérée comme froide, chaude ou très chaude, et elles fournissent leurs propres procédures quant à la manière de réagir à chacune de ces conditions. Il n'y a pas de seuils pour les roues des locomotives; toutefois, des températures élevées enregistrées pour les roues d'une locomotive peuvent indiquer qu'un essieu ne tourne pas librement.

L'examen des données provenant des détecteurs de température des roues dans la subdivision de Brooks dans les heures qui ont précédé le déraillement indique que les roues de l'essieu n° 4 de la locomotive KCS 4767 présentaient une température nettement plus élevée que les 10 autres roues de la locomotive (tableau 1). Les températures élevées de l'essieu n° 4 correspondent à un essieu qui ne tourne pas librement et à un blocage des roues.

Tableau 1. Température des roues de la locomotive KCS 4767 à divers emplacements des détecteurs de température de roues dans la subdivision de Brooks

Point milliaire	Température des roues (°F)		
	L4	R4	Autres roues
11,6	284	282	24 à 44
30,8*	126	70	24 à 44
50,7	302	254	14 à 30

* Peu avant de passer devant le détecteur situé au point milliaire 30,8, le train s'était arrêté à Suffield (point milliaire 26,5) durant environ 20 minutes, ce qui explique pourquoi les températures enregistrées des roues L4/R4 étaient plus basses à cet endroit. La température des autres roues n'a pas baissé, car elle était déjà proche de la température ambiante. (Sur un essieu monté en bon état, en l'absence de freinage, la température des roues en mouvement sera légèrement supérieure à la température ambiante en raison de la pression de contact et du frottement qui existent à l'interface entre la roue et le rail.)

⁷ Une défaillance du relais de terre sur une locomotive se produit lorsque le courant électrique circule de manière non intentionnelle d'un circuit vers le châssis mis à la terre de la locomotive. Cette situation peut être attribuable à des défaillances d'isolement, à des câbles endommagés ou à une infiltration d'humidité, et elle présente des risques tels que des décharges électriques, des dommages matériels ou un incendie.

1.7 Examen de l'essieu monté et de l'ensemble du moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767

Le 6 février, CPKC a examiné l'essieu monté et l'ensemble du moteur de traction n° 4 récupérés de la locomotive KCS 4767 dans son atelier de réparation de Calgary. Le BST a ensuite examiné les composants du moteur de traction et passé en revue les constatations de CPKC.

Il a été établi que le carter d'engrenage du moteur de traction n° 4 contenait peu d'huile et présentait des résidus dans sa moitié inférieure. Le joint d'alésage de la tête de pignon du moteur de traction était également pincé. Le fait que le joint soit pincé a entraîné l'épuisement progressif de l'huile du carter d'engrenage, privant de lubrifiant le palier de la tête de pignon — un composant qui supporte le rotor — et provoquant finalement son grippage. La figure 4 montre le palier d'une tête de pignon.

Figure 4. Palier d'une tête de pignon

(Source : CPKC)



Selon le rapport de CPKC, un boulon de fixation du carter d'engrenage de la mauvaise taille était présent sur le moteur de traction (figure 5), ayant probablement été installé après un déraillement à petite vitesse (5,6 mi/h) survenu au Mexique en octobre 2023⁸. Lorsque le boulon de mauvaise taille a été installé, il a pincé le joint et provoqué l'écoulement de l'huile du carter d'engrenage.

⁸ Selon CPKC, lorsqu'une locomotive déraile à une vitesse inférieure à 6 mi/h, un chef, Mécanique (ou une personne responsable désignée par un chef, Mécanique) doit effectuer une inspection complète sur place. Si aucune défectuosité ou anomalie n'est décelée, la locomotive peut être remise en service sans restriction. (Source : CPKC, 3355 V1E, *Formation sur la réglementation relative aux locomotives*, DL 053-09, article II : Déraillement à une vitesse inférieure à 6 mi/h, p. 59)

Figure 5. Mauvais boulon de fixation installé sur le moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767 et bon boulon de fixation à titre de comparaison (Source : CPKC)



Les dossiers du CPKC n'indiquent pas quand le mauvais boulon a été installé. Toutefois, dans sa conclusion, le rapport du CPKC indique que l'installation du mauvais boulon a probablement eu lieu lors des réparations effectuées après le déraillement à petite vitesse survenu en octobre 2023.

1.8 Inspections de la locomotive KCS 4767 au cours des mois précédant le déraillement

1.8.1 Inspection annuelle

La locomotive KCS 4767 a fait l'objet d'une inspection annuelle par le personnel de la Mécanique dédié aux locomotives le 3 novembre 2023, dans une installation d'entretien de locomotives de CPKC située à San Luis Potosi, au Mexique. Cette inspection a eu lieu quelques jours après le déraillement à petite vitesse de la locomotive survenu en octobre 2023.

En ce qui concerne le moteur de traction n° 4, le niveau d'huile présent dans le carter d'engrenage a été vérifié et a été considéré comme étant bas; 3 pintes d'huile (environ 30 %) ont été ajoutées. Rien n'indique que le bas niveau d'huile ait donné lieu à une inspection approfondie du moteur de traction ou que l'on ait établi que le carter d'engrenage présentait une fuite d'huile. L'inspection n'a pas non plus permis de détecter la présence d'un mauvais boulon de fixation sur le carter d'engrenage.

1.8.2 Inspection avant départ

La locomotive KCS 4767 a fait l'objet d'une inspection avant le départ le 2 février 2024 à Montréal, laquelle comprenait une inspection visuelle au sol des bogies et des organes de roulement. Rien n'indique que l'inspection ait révélé une fuite dans le carter d'engrenage du moteur de traction n° 4. Le carter d'engrenage d'un moteur de traction est situé à l'intérieur de celui-ci, derrière les roues, et n'est pas très visible du côté extérieur de la locomotive. Il est donc peu probable qu'une fuite dans le carter d'engrenage soit détectée pendant une inspection avant le départ.

1.9 Instructions du CPKC concernant l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse

1.9.1 Instructions aux équipes de train

Historiquement, les *Instructions générales d'exploitation* (IGE) de CPKC fournissaient aux ML des instructions concernant l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse.

La version de 2009 comprenait des instructions applicables aux locomotives des séries GE AC et EMD SD90MAC (la locomotive KCS 4767 est une locomotive de la série GE AC). Des instructions différentes sont nécessaires, car l'interface utilisée pour isoler les moteurs de traction et les capteurs de vitesse varie selon les modèles de locomotive⁹.

Les instructions applicables aux locomotives GE AC indiquaient, en partie, ce qui suit :

28.4 Protection contre les blocages d'essieu sur les locomotives c.a. de GE - exploitation classique ou à traction répartie

Commutateur d'isolement des moteurs de traction

Si un ou plusieurs moteurs de traction sont **MIS HORS SERVICE** de façon manuelle ou automatique, mais que leurs capteurs de vitesse sont tous **EN SERVICE**, la locomotive peut rester en tête du convoi ou dans le groupe télécommandé même si, dans ce dernier cas, elle est **ISOLÉE**.

[...]

Interrupteur des capteurs de vitesse

Cet interrupteur ne peut être réglé sur la position **CUT-OUT** qu'à la demande du spécialiste principal, Locomotives..

Sa fonction est de mettre hors service un capteur de vitesse défectueux; le moteur de traction correspondant **DOIT** lui aussi être **MIS HORS SERVICE**.

Défaillance d'un capteur de vitesse

[...]

⁹ Bien que l'interface varie selon les modèles de locomotive, la fonctionnalité de base des interrupteurs contrôlant l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse est la même pour toutes les locomotives diesel.

Cependant, si un MT [moteur de traction] est mis hors service, si la locomotive est ISOLÉE ou si le capteur de vitesse est mis hors circuit, la locomotive défectueuse, qui doit être classée dans le groupe de tête pour qu'on puisse l'observer de près, peut être amenée à un établissement de maintenance à une vitesse ne dépassant pas 30 mi/h; le mécanicien doit mettre à jour l'imprimé *Transfert d'informations entre deux équipes*¹⁰.

Ces instructions ont été supprimées de la version suivante des IGE, publiée en 2013. Les IGE en vigueur au moment de l'événement, datant de 2021, ne contenaient pas d'instructions à l'intention des équipes de train sur la manière d'interagir avec le moniteur de contrôle de la locomotive pour isoler les moteurs de traction et les capteurs de vitesse.

En l'absence d'instructions spécifiques au CPKC, lorsqu'ils interagissent avec le moniteur de contrôle de la locomotive, les ML doivent se fier aux renseignements présentés à l'écran pour comprendre les fonctions d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse. De plus amples renseignements sur le moniteur de contrôle et son interface, tels qu'ils figurent sur les locomotives de la série GE ES44AC, sont fournis à la section 1.17.2.

La formation des ML du CPKC fournit des instructions générales sur les moteurs de traction et les capteurs de vitesse correspondants. Les ML ne reçoivent pas d'instructions détaillées sur ces composants; on ne s'attend pas à ce que les ML aient une compréhension approfondie de leur fonctionnement. En cas de panne ou de défaillance de la locomotive, le ML doit informer le personnel de la Mécanique et se conformer à ses instructions.

1.9.2 Instructions au personnel de la Mécanique

Lorsqu'une locomotive présente un problème d'équipement ou une condition anormale sur le terrain, une autorité désignée des Services de la mécanique (dans l'événement à l'étude, le SML à Winnipeg) est disponible pour aider l'équipe du train à dépanner la locomotive. Dans l'exercice de ce rôle, les employés qui agissent à titre d'autorité désignée des Services de la mécanique se fient à leur expérience et à leur connaissance des locomotives et peuvent consulter les documents d'assistance au dépannage disponibles.

Dans les installations d'entretien des locomotives de CPKC, le personnel de la Mécanique a accès à 2 sources principales de renseignements pour le dépannage des locomotives : un document intitulé Locomotive Knowledge Base [base de connaissances sur les locomotives] et des bulletins publiés par CPKC, habituellement désignés sous le nom de règlements d'entretien (ces bulletins ne sont pas des instruments de réglementation).

1.9.2.1 Base de connaissances sur les locomotives

La base de connaissances sur les locomotives est un document volumineux qui rassemble des renseignements provenant de diverses sources. Il fournit des renseignements sur le dépannage de plusieurs composants, tels que les freins à air, les unités de queue de train et

¹⁰ Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CPKC), *Instructions générales d'exploitation* (6 juillet 2009), section 15 : Exploitation des locomotives et trains, sous-section 28.4, pp. 217-218.

le système Optimiseur de parcours; ces renseignements concernent principalement les locomotives des séries GE ES44AC et AC4400CW.

En ce qui concerne les interrupteurs à bascule des moteurs de traction et des capteurs de vitesse des locomotives GE ES44AC, le document fait référence à l'écran « Switches » [Interrupteurs] sur le moniteur. Il indique notamment que

- l'option « Motor Cutout » [Isolement des moteurs] donne accès à l'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse];
- sur l'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse], les interrupteurs à bascule TMC0 1 à TMC0 6 permettent d'isoler les moteurs de traction 1 à 6;
- les interrupteurs à bascule SSC0 1 à SSC0 6 permettent d'isoler les capteurs de vitesse des moteurs de traction 1 à 6 correspondants¹¹.

Aucun autre renseignement n'est fourni au sujet de ces interrupteurs à bascule sur les locomotives de la série ES44AC, tel que leur fonction ou les conséquences d'un changement de réglage.

En revanche, les renseignements fournis pour les locomotives de la série AC4400CW sont plus détaillés et précisent que les capteurs de vitesse ne doivent être isolés qu'en cas de défaillance, et que l'isolement d'un capteur de vitesse supprime la protection contre le patinage des roues et le blocage des essieux pour le moteur de traction correspondant [traduction] :

Interrupteur d'isolement des capteurs de vitesse

Cet interrupteur (31) isole le signal du capteur de vitesse sur tous les moteurs de traction qui ont été isolés. Cet interrupteur ne doit être utilisé que pour isoler les capteurs défectueux; toutefois, assurez-vous que le capteur est défectueux et qu'il n'indique pas un essieu bloqué ou un patinage des roues excessif, etc. Le capteur ne sera isolé (même si l'interrupteur a été actionné) que si l'interrupteur d'isolement des moteurs a été actionné. La protection contre le patinage des roues et le blocage des essieux n'est perdue que pour le moteur de traction qui est isolé¹².

Quelques pages plus loin, le document présente des renseignements supplémentaires sur les fonctions d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse des locomotives AC4400CW. Il indique notamment [traduction] :

REMARQUE : Les capteurs de vitesse n'ont pas à être isolés sur les moteurs isolés. Lorsque l'interrupteur du capteur de vitesse du moteur (élément 31) se trouve à la position CUT-OUT, les signaux de vitesse provenant des capteurs de vitesse de tous les moteurs seront ignorés. [...] ¹³

¹¹ Chemin de fer Canadien Pacifique, *Locomotive Knowledge Base*, section sur le panneau ES44AC du SDIS [écran intelligent intégré] (dernière mise à jour le 29 septembre 2012), p. 43-44.

¹² Ibid., section sur le panneau de disjoncteurs des locomotives de la série AC4400CW (dernière mise à jour le 29 septembre 2012), p. 16-17.

¹³ Ibid., section sur l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse des locomotives de la série AC4400CW (2012), p. 24.

Bien que les fonctions d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse soient similaires sur les locomotives des séries GE ES44AC et GE AC4400CW, le document ne le précise pas.

1.9.2.2 **Réglementation sur l'entretien**

Au CPKC, les bulletins diffusés au personnel de la Mécanique concernant l'entretien des locomotives sont habituellement désignés sous le nom de règlements d'entretien.

Dans le cadre de l'enquête, les bulletins relatifs aux moteurs de traction et aux capteurs de vitesse ont été examinés.

Aucun des bulletins ne mentionne les interrupteurs à bascule.

1.9.2.3 **Instructions suivies par le superviseur de la Mécanique (locomotive)**

Le SML dans l'événement à l'étude n'était pas informé de l'existence de la base de connaissances sur les locomotives ni des règlements d'entretien, et n'a donc pas consulté ces documents de référence lorsqu'il a discuté du problème concernant le moteur de traction de la locomotive avec l'équipe de train.

1.10 **Procédures**

Une procédure est un ensemble d'instructions détaillées pour exécuter une tâche spécifique. Les procédures améliorent la sécurité des opérations, assurent la cohérence d'un travailleur à l'autre, et réduisent le risque d'erreurs et d'omissions. Il est important que les procédures soient adaptées au niveau de connaissance des travailleurs qui doivent effectuer les tâches.

Les procédures peuvent être complétées par des aide-mémoire, des listes de vérification, des avertissements, des rappels et des aides visuelles comme des organigrammes et des images. Ces outils aident les travailleurs à exécuter leurs tâches de manière plus efficace en leur offrant des renseignements concis et faciles d'accès qui appuient les procédures.

1.11 **Fonctions essentielles à la sécurité ferroviaire**

En vertu de l'article 25 du *Règlement de 2015 sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire* (Règlement sur le SGS), les compagnies de chemin de fer doivent établir une liste des fonctions essentielles à la sécurité ferroviaire, ainsi qu'une liste des postes au sein de la compagnie dont relève la responsabilité de l'exercice de ces fonctions. Les compagnies de chemin de fer doivent également s'assurer que tout employé exerçant ces fonctions possède les compétences et les qualifications requises pour y parvenir. En application de l'article 27, une compagnie de chemin de fer doit inclure dans son SGS un plan pour veiller à ce que tout employé exerçant des fonctions essentielles à la sécurité ferroviaire possède les connaissances, les compétences et les qualifications requises.

Conformément à ces exigences, CPKC a déterminé quels postes comportent des fonctions essentielles à la sécurité ferroviaire. Le poste de SML ne figure pas dans cette liste.

1.12 **Personne responsable**

Le *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des locomotives de chemin de fer* définit une personne responsable comme étant une personne accréditée, désignée par une compagnie de chemin de fer pour exécuter de façon sécuritaire une activité quelconque ou diriger le travail d'employés. Ce Règlement ne précise pas quelle formation est exigée ni quelle qualification une personne responsable doit posséder. Au CPKC, les employés ayant rempli avec succès les exigences en matière de certification pour l'inspection de sécurité des locomotives sont considérés comme qualifiés pour exercer le rôle de personne responsable.

1.13 **Superviseurs de la Mécanique (locomotive)**

1.13.1 **Rôle et responsabilités**

Au CPKC, le SML est chargé de planifier et de superviser les opérations liées aux locomotives dans les installations d'entretien et les gares de triage. Ce poste consiste à gérer les locomotives entrantes et sortantes, à traiter les problèmes d'équipement et les conditions anormales qui surviennent sur les locomotives, et à s'assurer que toutes les opérations d'entretien et de réparation sont effectuées de manière sécuritaire et efficace, conformément aux normes de la compagnie et de la réglementation.

Ses principales responsabilités consistent à planifier l'effectif, à répondre aux problèmes liés à l'équipement des locomotives signalés par les équipes de train, et à décider si les locomotives sont prêtes à fonctionner ou si elles nécessitent un entretien supplémentaire. Le SML se charge aussi d'organiser des exposés sur les mesures de sécurité, de consigner les problèmes liés à l'équipement des locomotives et les incidents de sécurité, et d'enquêter sur les mesures correctives.

Le SML doit communiquer avec la direction, travailler avec des employés syndiqués et veiller au respect des conventions collectives.

Bien que CPKC exige qu'une personne occupant ce poste possède une solide compréhension des systèmes de locomotive pour évaluer les besoins opérationnels, il n'est pas demandé à cette personne de posséder une expérience en réparation. Les qualifications essentielles comprennent un diplôme d'études secondaires ou un certificat en métier mécanique, ainsi que la maîtrise des opérations de chemin de fer, la connaissance des systèmes de CPKC et de solides aptitudes pour la mécanique, l'électricité et la planification.

En cas de doute quant à la manière de résoudre un problème spécifique lié à une locomotive, les SML peuvent demander conseil à leur superviseur immédiat ou à d'autres membres du personnel expérimentés.

1.13.2 **Programme de formation**

CPKC a établi un calendrier d'intégration des nouveaux employés dans les installations d'entretien des locomotives. Les nouveaux employés peuvent exécuter les tâches liées à leur poste tout en suivant les modules de formation, à l'exception des tâches nécessitant l'obtention préalable d'un certificat, tels que les certificats relatifs à la sécurité des véhicules

utilitaires, aux inspections de sécurité des locomotives et à la manœuvre de chariots élévateurs. Il n'existe aucune exigence de certification pour répondre aux appels des équipes de train demandant le dépannage de la locomotive en cas de problèmes ou de défaillances.

Pour les nouveaux employés occupant un poste de direction, tel que celui de SML, le calendrier est le suivant :

- Les 2 premières semaines : renseignements généraux d'intégration couvrant des sujets tels que la structure organisationnelle du CPKC, les politiques, la rémunération et le programme « Home Safe »¹⁴.
- Premier mois : 57 modules de formation (combinaison de formation en classe et de cours en ligne) couvrant la sécurité et les bases concernant les installations d'entretien des locomotives, y compris l'utilisation des chariots élévateurs et des grues, les protocoles de sécurité et l'inspection de sécurité des locomotives.
- 1 à 3 mois : formation sur la sécurité et formation sur le leadership axé sur les conséquences.
- 3 à 6 mois : 28 modules (une combinaison de formation en classe et de cours en ligne) sur les divers aspects des locomotives, essentiels pour assumer les responsabilités de dépannage des locomotives associées au poste de SML. Cette partie du programme de formation couvre des sujets tels que les principes mécaniques et électriques propres aux locomotives, les systèmes de freins à air électroniques et les bases concernant les moteurs diesel. Elle comprend également 7 à 8 semaines de formation en cours d'emploi (FCE), qui englobe les éléments suivants :
 - 4 semaines de pratique des fonctions liées à la planification de l'entretien des locomotives (2 semaines dans les fonctions de répartition et 2 semaines dans l'installation d'entretien des locomotives).
 - 1 à 2 semaines avec des gens de métier pour se familiariser avec les divers aspects de l'entretien et de la réparation des locomotives.
 - 1 semaine d'orientation dans une autre installation d'entretien des locomotives.
- 6 à 12 mois : cours sur les loco-commandes, la traction répartie et la commande intégrale des trains, ainsi que davantage de FCE. La FCE comprend ce qui suit :
 - 2 semaines au centre d'exploitation de la voie d'atelier, à l'issue desquelles les stagiaires doivent réussir un test écrit et démontrer qu'ils ont acquis les compétences nécessaires pour conduire de façon sécuritaire des locomotives dans les limites de l'installation d'entretien des locomotives.
 - 1 journée avec un coordonnateur de trains pour une initiation à l'exploitation des trains.
 - 1 journée avec le personnel de l'ingénierie pour une initiation à l'inspection et à l'entretien des voies.

¹⁴ Le programme « Home Safe » du CPKC est une initiative qui encourage à la fois l'engagement en faveur de la sécurité et la rétroaction en inculquant aux employés l'importance d'assumer la responsabilité de leur propre sécurité ainsi que celle de leurs collègues.

Les programmes de mentorat à proprement parler offrent des conseils pratiques et des directives que la formation structurée seule ne peut offrir. Cependant, CPKC n'offre pas de programme de mentorat officiel dans lequel les SML inexpérimentés sont jumelés à des collègues expérimentés.

1.13.2.1 **Formation du superviseur de la Mécanique (locomotive) dans l'événement à l'étude**

La formation du SML a débuté le 27 novembre 2023, son premier jour de travail.

Au départ, il était prévu qu'il suive une formation à temps plein pendant les 3 premières semaines. Cependant, en raison de pénuries de personnel, il n'a suivi sa formation à temps plein que pendant 2 de ces 3 semaines. Au cours de ces 2 premières semaines, il a reçu des renseignements d'intégration généraux et a suivi 30 des 57 modules de formation sur la sécurité et les bases concernant les installations d'entretien des locomotives, y compris la certification requise pour l'inspection de sécurité des locomotives.

Pendant sa troisième semaine, le SML a exécuté les tâches habituelles se rattachant à son poste et était censé continuer à suivre les modules de formation lorsqu'il en avait le temps. Cette semaine-là, il a terminé 9 autres modules.

Pendant les 2 semaines qui ont suivi, le SML a suivi une FCE sur les aspects de ses responsabilités qui étaient liés à la répartition. Il n'a pas suivi de module de formation en salle de classe ou en ligne pendant cette période. Au bout de 1 mois, il avait donc suivi 39 des 57 modules.

Après les 2 semaines de FCE, le SML a exécuté les tâches habituelles se rattachant à son poste et a continué à suivre les modules de formation lorsqu'il en avait le temps.

Le SML a travaillé de façon autonome pour la première fois après 5 semaines de formation. À titre de comparaison, son superviseur immédiat, qui avait suivi sa formation 3 ans avant l'événement à l'étude, avait bénéficié d'environ 4 à 6 mois de FCE avant d'exercer seul les fonctions de SML.

Lorsque le ML a communiqué avec lui la veille de l'accident, le SML avait terminé 39 des 57 modules de formation, couvrant la sécurité et les bases concernant les installations d'entretien des locomotives, et avait seulement suivi deux 2 semaines de FCE.

1.14 **Continuum de l'apprentissage et des compétences**

Il existe plusieurs modèles établis et reconnus pour décrire l'acquisition des compétences. Selon l'un d'eux, le modèle de Dreyfus, lors de l'apprentissage d'un rôle, la compétence se développe selon le continuum suivant, qui compte 5 stades¹⁵ :

1. Débutant : Les apprenants possèdent une expérience limitée ou inexistante de l'environnement de travail. Ils s'appuient fortement sur des règles et des lignes

¹⁵ S. E. Dreyfus et H. L. Dreyfus, *Mind Over Machine, The Power of Human intuition and expertise in the era of the computer* (The Free Press New York, 1986), p. 16 à 51.

directrices pour exécuter leurs tâches. Les débutants ont besoin d'instructions claires et précises pour suivre le processus et peuvent avoir de la difficulté à s'adapter à des situations nouvelles ou imprévues.

2. Débutant avancé : Les apprenants ont acquis une compréhension de base des concepts et des principes fondamentaux. Les débutants avancés peuvent accomplir des tâches avec moins d'encadrement, mais ont encore besoin d'un accompagnement structuré.
3. Compétent : Les apprenants ont acquis une compréhension approfondie de l'environnement de travail. Ils deviennent plus efficaces et mieux organisés dans leur approche, priorisent les renseignements pertinents et prennent des décisions éclairées.
4. Performant : Les apprenants ont une bonne expérience de l'environnement de travail. Ils possèdent une compréhension approfondie des principes et des concepts et peuvent les appliquer sans effort dans divers contextes.
5. Expert : Les apprenants savent quoi faire grâce à des connaissances approfondies et consolidées par la pratique. Les experts ont une compréhension globale de l'environnement de travail, laquelle est souvent caractérisée par une prise de décision intuitive et automatique. Ils peuvent adapter leur approche en fonction des circonstances particulières.

En cheminant dans ce continuum, les apprenants franchissent une série de stades prévisibles où le temps et les efforts nécessaires pour atteindre chaque stade peuvent varier en fonction de l'apprenant et de l'environnement d'apprentissage. Lorsqu'un niveau de compétence minimal a été acquis, les apprenants peuvent avoir atteint un stade leur permettant d'accomplir une tâche de manière efficace, mais sollicitant une part importante de leurs ressources attentionnelles. Lorsque l'apprenant devient performant ou expert, l'exécution des tâches devient plus automatique et exige moins de ressources attentionnelles. La pratique, l'expérience et la rétroaction sont des facteurs importants qui contribuent au développement des compétences et à la progression vers l'expertise.

Dans les 2 mois qui se sont écoulés entre le début de sa formation et l'appel du ML, le SML n'a acquis qu'une expérience opérationnelle très limitée. Il en était encore au stade débutant dans le développement de ses compétences pour résoudre les problèmes avec l'équipement de locomotive.

1.15 **Poste de spécialiste principal, Locomotives**

Historiquement, au CPKC, le dépannage de l'équipement de locomotive incombait au service d'assistance au dépannage des locomotives, un groupe composé de spécialistes principaux, Locomotives. Les spécialistes principaux, Locomotives étaient hautement qualifiés et expérimentés dans tous les aspects techniques de l'exploitation des locomotives, y compris les interactions complexes entre les systèmes de locomotive. Ils étaient compétents en matière de dépannage et comptaient invariablement de nombreuses années d'expérience pratique des locomotives. Ils étaient regroupés dans le centre d'exploitation de la

compagnie ferroviaire et fournissaient un soutien à l'ensemble de son réseau, plutôt que d'être affectés à une région précise.

Au cours de la période 2014-2015, CPKC a supprimé le poste de spécialiste principal, Locomotives. Les responsabilités rattachées à ce poste ont été transférées aux SML, qui sont des employés régionaux principalement responsables de la gestion des locomotives dans les installations d'entretien des locomotives et les gares de triage. Les SML ne sont pas tenus de posséder le même niveau d'expertise ou d'expérience spécifique aux locomotives que les spécialistes principaux, Locomotives. Aucune formation spécialisée sur les locomotives n'a été dispensée pour combler la différence d'expérience et de connaissances techniques entre les 2 postes.

Le poste de spécialiste principal, Locomotives existe toujours au sein d'autres compagnies ferroviaires.

1.15.1 Évaluation des risques liés à la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives

Les évaluations des risques sont la pierre angulaire d'un système de gestion de sécurité (SGS) pleinement efficace. Un SGS est un cadre reconnu à l'échelle internationale qui permet aux compagnies de cerner les dangers, de gérer les risques et d'améliorer la sécurité de leurs activités, idéalement avant que ne survienne un accident. Un SGS améliore la sécurité en s'appuyant sur les processus existants, en démontrant la diligence raisonnable de la compagnie et en développant la culture de sécurité globale.

Le cadre du SGS fait partie des opérations ferroviaires au Canada depuis 2001, quand la réglementation sur le SGS a été introduite. Cette réglementation exigeait que les compagnies de chemin de fer mettent en œuvre un processus pour déterminer les problèmes et les préoccupations en matière de sécurité, y compris ceux qui sont associés aux modifications d'importance apportées aux opérations ferroviaires, ainsi qu'un processus pour évaluer et classer ces risques au moyen d'une évaluation du risque¹⁶. Le Règlement de 2001 sur le SGS ne précisait pas les circonstances dans lesquelles les évaluations des risques devaient être effectuées. Cependant, en 2010, Transports Canada a publié un guide sur les SGS afin d'aider les chemins de fer à élaborer, mettre en œuvre et améliorer leur SGS¹⁷. Ce guide indiquait notamment que les évaluations de risques doivent être effectuées en cas de modifications importantes aux opérations. Bien que le guide ait fourni des exemples de ce qui constitue une modification importante aux opérations ferroviaires, parmi lesquels figurent les transitions organisationnelles majeures et les

¹⁶ Transports Canada, DORS/2001-37, *Règlement sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire*, art. 2, alinéa (e), à l'adresse <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2001-37/20060322/P1TT3xt3.html> (dernière consultation le 29 janvier 2026).

¹⁷ Transports Canada, TP 15058 F, *Systèmes de gestion de la sécurité ferroviaire : Guide de mise en place et d'amélioration des systèmes de gestion de la sécurité ferroviaire* (novembre 2010), à l'adresse <http://publications.gc.ca/site/fra/9.638266/publication.html> (dernière consultation le 29 janvier 2026).

changements opérationnels d'envergure (comme de nouvelles lignes de banlieue et des modifications de la vitesse), ce terme n'était défini ni dans le guide ni dans le Règlement. D'après ces exemples, la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives n'exigeait pas d'évaluation des risques.

En 2015, le Règlement sur le SGS a été modifié pour exiger explicitement que des évaluations des risques soient effectuées lorsqu'une modification proposée dans l'exploitation ferroviaire peut avoir une incidence sur la sécurité du public, du personnel ou sur la protection des biens et de l'environnement. Les exemples fournis comprenaient les changements apportés aux responsabilités et aux tâches des employés.

La suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives

- a mené au transfert des responsabilités en matière de dépannage, essentielles à la sécurité, d'un petit groupe d'experts hautement spécialisés et dédiés à l'assistance au dépannage des locomotives rassemblés dans un service centralisé, à un groupe plus large d'employés généralistes — des employés qui ne sont pas tenus d'avoir des connaissances approfondies en mécanique des locomotives ou en réparation de celles-ci — répartis sur tout le réseau.

En vertu du Règlement sur le SGS de 2015, ces changements requièrent une évaluation des risques. Toutefois, cette exigence n'a pas d'effet rétroactif, et CPKC n'était donc pas tenu de réaliser une évaluation des risques suite à la décision antérieure de supprimer le poste de spécialiste principal, Locomotives.

1.16 Prise de décision et biais cognitifs

La prise de décision en général est un processus cognitif qui consiste à déterminer et à choisir un plan d'action parmi plusieurs options¹⁸. La prise de décision peut être définie comme la correspondance entre l'information et la réponse¹⁹, et ce processus se déroule en 4 étapes : la collecte d'information, le traitement de cette information, la prise de décision en fonction des options possibles et la mise en application de cette décision. Plusieurs facteurs peuvent influencer sur la prise de décision : par exemple, l'information recueillie peut être inexacte ou incomplète; des tâches concurrentes peuvent entraver la collecte et le traitement de l'information; ou les décideurs peuvent être influencés par des biais cognitifs au moment de traiter cette information. Ces facteurs peuvent entraîner un choix qui n'est pas idéal.

Les biais cognitifs sont des erreurs de raisonnement inconscientes et systématiques qui surviennent lorsque les personnes traitent et interprètent l'information dans leur

¹⁸ American Psychological Association, APA Dictionary of Psychology, à l'adresse <https://dictionary.apa.org/decision-making> (dernière consultation le 1er octobre 2025).

¹⁹ C. D. Wickens et J. G. Hollands, *Engineering Psychology and Human Performance*, troisième édition (Psychology Press, 1999), p. 294.

environnement, et qui influencent leurs décisions et leur jugement²⁰. L'un de ces biais cognitifs, appelé biais d'autorité, est la tendance à accorder une plus grande exactitude ou crédibilité à l'opinion d'une figure d'autorité, indépendamment de la validité intrinsèque de ce qu'elle affirme²¹. Ce biais peut aussi se manifester lorsqu'une personne est perçue comme une figure d'autorité ou comme crédible en raison de son titre, de sa tenue vestimentaire ou du contexte dans lequel elle présente ses informations²². Lorsqu'une personne est perçue comme étant crédible, les autres peuvent automatiquement se fier à son opinion sans évaluer celle-ci de manière approfondie, surtout lorsque le temps et les ressources sont limités.

1.17 Conception d'interfaces humain-machine

La conception d'interfaces humain-machine consiste à mettre au point des systèmes qui facilitent l'interaction entre les humains et les machines. Cela implique l'élaboration à la fois de commandes physiques, telles que des boutons, des leviers et des interrupteurs, et d'interfaces informatiques qui permettent aux opérateurs de recevoir de l'information et d'utiliser l'équipement.

1.17.1 Systèmes informatisés de locomotive

Dans le domaine des technologies de l'information des locomotives, l'interface humain-machine sert de lien entre les systèmes de locomotive et l'opérateur de ces systèmes. Elle comprend des interfaces informatiques conçues pour surveiller et gérer la locomotive. Ces interfaces présentent de l'information sur la performance et les diagnostics concernant la locomotive, et les communications, permettant aux opérateurs de prendre des décisions éclairées et de gérer les tâches opérationnelles.

Le rapport *Human Factors Guidelines for Locomotive Cabs*²³, produit par la Federal Railroad Administration des États-Unis, est un guide exhaustif visant à améliorer les conditions de travail et la sécurité dans les cabines de locomotive. Élaboré à la suite de recherches approfondies et de consultations auprès de l'industrie, le rapport met l'accent sur les aspects de la conception à prendre en considération qui sont liés aux facteurs humains et sur les questions opérationnelles liées à l'environnement de la cabine de locomotive, couvrant des sujets tels que le chauffage, le bruit, les vibrations, les sièges, la visibilité et l'intégration des technologies de l'information.

²⁰ S. Da Silva, R. Gupta and D. Monzani, "Editorial: Highlights in psychology: cognitive bias, *Frontiers in Psychology*, Vol. 14 (02 July 2023).

²¹ J. E. Korteling and A. Toet, "Cognitive biases" in *Encyclopedia of Behavioural Neuroscience*, second edition. (Elsevier, 2022), pp. 610–619.

²² R. B. Cialdini, *Influence: The psychology of persuasion* (Harper Collins, 2009), pp. 157–177.

²³ J. Multer, R. Rudich, et K. Yearwood, *Human Factors Guidelines for Locomotive Cabs*, U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, rapport DOT/FRA/ORD-98/03 (novembre 1998), à l'adresse https://railroads.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/3291/Reports2011-2013.pdf (dernière consultation le 1er octobre 2025).

La section 5 du rapport précise les lignes directrices suivantes pour la conception des systèmes informatiques qui tient compte des facteurs humains [traduction] :

- L'affichage du système doit correspondre à la manière dont l'opérateur conceptualise le fonctionnement du système. Le fait d'adapter la représentation du système à la manière dont l'opérateur traite l'information facilite l'apprentissage.
- Dans le cas des systèmes offrant de nombreux choix, le concepteur doit décider s'il convient d'afficher tous les éléments sur un seul écran ou d'organiser les informations sur plusieurs écrans. Plusieurs principes peuvent guider le concepteur, y compris l'organisation par regroupement logique et fréquence d'utilisation, l'ordre chronologique et l'importance des éléments.
- Il faut réduire au minimum la quantité d'informations, en n'affichant que celles dont l'opérateur a besoin.
- La mise en évidence est une méthode efficace pour attirer l'attention de l'opérateur sur les éléments critiques. Diverses techniques peuvent être employées pour coder les informations et faire varier l'importance accordée à ces informations. Les données critiques, anormales ou mises à jour doivent être mises en évidence à l'aide du soulignement, du clignotement, de couleurs, de la forme, de la taille ou de la luminosité.
- Le système doit être conçu pour prévenir des erreurs autant que possible. Le système doit réduire au minimum les conséquences des erreurs en les rendant difficiles à commettre et en facilitant leur correction lorsqu'elles se produisent. Le système doit détecter l'erreur et proposer des méthodes simples et compréhensibles pour la traiter.
- Les messages d'erreur doivent être spécifiques (axés sur la tâche), aussi concis que possible et rédigés du point de vue de l'opérateur. Un langage que l'opérateur comprendra doit être employé. Le format visuel et l'emplacement, ainsi que la forme grammaticale, les termes et les abréviations doivent être cohérents dans l'ensemble du système. La voix active doit être utilisée pour indiquer à l'opérateur ce qui doit être fait.
- La cohérence est un élément essentiel d'une conception ergonomique rigoureuse. Une conception cohérente facilite l'apprentissage et la mémorisation du fonctionnement du système, réduit le risque d'erreurs et améliore la rapidité d'exécution. Une conception cohérente permet à l'opérateur de mieux comprendre le fonctionnement du système et de maintenir une conscience situationnelle en regard de ce que fait le système.

1.17.2 Moniteur de contrôle sur les locomotives de la série ES44AC

Les locomotives de la série ES44AC, comme la locomotive KCS 4767, sont équipées d'un moniteur de contrôle. Pour accéder à la fonction permettant de gérer l'isolement d'un moteur de traction et de son capteur de vitesse sur ce moniteur, les opérateurs doivent d'abord naviguer vers l'écran « Switches » [Interrupteurs] (figure 6).

Sur l'écran « Switches » [Interrupteurs], une option intitulée « Motor Cutouts » [Isolement des moteurs] permet d'accéder à la fonctionnalité d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse. Pour sélectionner cette option, l'opérateur doit appuyer sur le chiffre 8 du clavier (la touche physique 8). Il accède alors à un écran intitulé « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse] (figure 7).

Figure 6. Moniteur de contrôle et clavier sur les locomotives de la série ES44AC; le moniteur affiche l'écran « Switches » [Interrupteurs] et un cercle indique l'emplacement de la touche physique 8 (Source : BST)



Figure 7. Moniteur de contrôle et clavier sur les locomotives de la série ES44AC; le moniteur affiche l'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse], avec un cercle entourant les interrupteurs à bascule SSCO 4 et TMCO 4 (Source : BST)



L'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse] affiche l'état des interrupteurs à bascule d'isolement du moteur sur une ligne et l'état des interrupteurs à bascule d'isolement du moteur et du capteur de vitesse sur une

autre ligne. La ligne supérieure montre les interrupteurs à bascule pour chacun des 6 capteurs de vitesse (SSCO 1 à SSCO 6), tandis que la ligne inférieure montre les interrupteurs à bascule pour chacun des 6 moteurs de traction (TMCO 1 à TMCO 6). La position d'un interrupteur indique l'état du composant qu'il représente : un interrupteur pointant vers le haut à la position « In » indique que le composant est en service, tandis qu'un interrupteur pointant vers le bas à la position « Out » indique que le composant est isolé. Dans la figure 7 ci-dessus, les interrupteurs du capteur de vitesse n° 4 et du moteur de traction n° 4 correspondant sont orientés vers le bas, ce qui indique qu'ils ont été isolés.

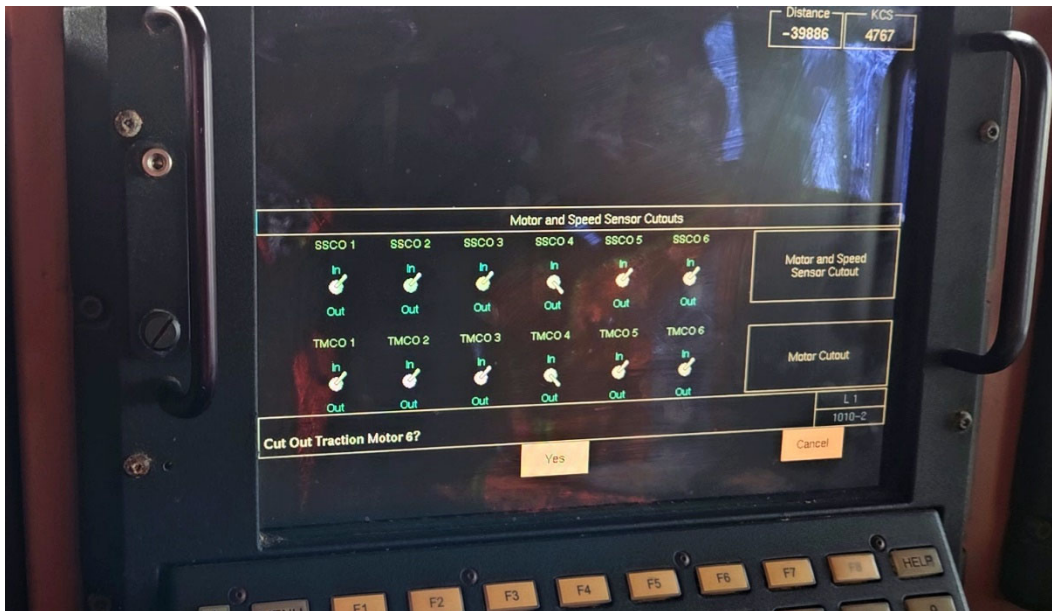
À droite de chaque ligne d'interrupteurs à bascule, une zone de texte fournit des renseignements supplémentaires. La zone de texte à droite des interrupteurs SSCO indique « Motor and Speed Sensor Cutout » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse], tandis que la zone de texte à droite des interrupteurs TMCO indique « Motor Cutout » [Isolement des moteurs]. Cela indique que les moteurs de traction peuvent être isolés indépendamment des capteurs de vitesse, mais que l'isolement d'un capteur de vitesse entraîne automatiquement l'isolement du moteur de traction correspondant.

La procédure à suivre pour isoler un moteur de traction, ou un capteur de vitesse avec le moteur de traction correspondant, est la suivante [traduction] :

- Pour isoler un moteur de traction, appuyez sur la touche numérotée qui correspond au moteur de traction. Par exemple, appuyez sur la touche physique 4 pour isoler le moteur de traction n° 4.
- Pour isoler un capteur de vitesse (et donc le moteur de traction correspondant), appuyez sur la touche numérotée précédée d'un « F » qui correspond au capteur de vitesse. Par exemple, appuyez sur la touche physique F4 pour isoler la combinaison du capteur de vitesse n° 4 et du moteur de traction n° 4.

Le système affichera un message de confirmation; par exemple, le message de confirmation de l'isolement du moteur de traction n° 6 est « Cut out Tractor Motor 6? » [Isoler le moteur de traction n° 6? »] (figure 8). En réponse, l'opérateur doit appuyer sur la touche physique F4 pour répondre « oui » (ou sur F8 pour annuler l'opération).

Figure 8. Écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse] sur une locomotive de la série ES44AC, affichant un message de confirmation de l'isolement d'un moteur de traction (Source : BST)



L'opérateur peut alors consulter l'écran pour confirmer que le composant sélectionné a bien été isolé.

1.17.2.1 Renseignements contextuels et avertissements

Les avertissements doivent être formatés de manière unique et affichés avant que l'action associée ne soit exécutée²⁴. Sur les écrans « Switches » [Interrupteurs] et « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse], les messages et les avertissements sont présentés dans une zone de texte au bas de l'écran, sans autre mise en évidence visuelle pour attirer l'attention de l'opérateur. L'avertissement « Locked Axle Protection Reduced Due To Speed Sensor Cutout » [Protection contre les blocages d'essieux réduite en raison de l'isolement du capteur de vitesse], qui informe l'opérateur des conséquences potentielles de l'isolement d'un capteur de vitesse, s'affiche en continu dans la zone de texte. La seule exception se produit lorsque le système affiche un message de confirmation pour une opération d'isolement. Pour que l'avertissement soit efficace, il doit être présenté en même temps que le message.

Les avertissements doivent utiliser la voix active et des instructions impératives négatives pour que la communication soit claire²⁵. Or, la formulation de l'avertissement est ambiguë. Elle peut être interprétée à tort comme signifiant que le capteur de vitesse a été isolé et que, par conséquent, la protection contre le blocage des essieux est réduite, alors qu'en réalité, il

²⁴ D. Wieringa, C. Moore, et V. Barnes, *Procedure Writing, Principles and Practices*, deuxième édition (Battelle Press, 1998), p. 151 à 160.

²⁵ Ibid.

s'agit d'une information indiquant que l'isolement d'un capteur de vitesse réduit la protection contre le blocage des essieux. L'avertissement utilise la voix passive et n'avertit pas explicitement l'opérateur que les capteurs de vitesse ne doivent pas être isolés en cas de problèmes ou de défauts du moteur de traction sans rapport avec le fonctionnement du capteur de vitesse.

De plus, l'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse] ne fournit aucune information contextuelle ni aucun message servant à informer les opérateurs de cas précis nécessitant l'isolement d'un capteur de vitesse. Il n'existe pas non plus de mesure de protection pour restreindre l'accès et empêcher la désactivation involontaire de la protection contre le blocage des essieux montés — une fonction essentielle à la sécurité qui est désactivée lorsque le capteur de vitesse d'un moteur de traction est isolé.

2.0 ANALYSE

Le train (train de marchandises mixtes 119-02 du Chemin de fer Canadien Pacifique, faisant affaire sous le nom de CPKC) était exploité conformément à la réglementation en vigueur et aux instructions de la compagnie. Aucun défaut de voie n'a été constaté à proximité du lieu de l'événement comme pouvant être une cause ou un facteur contributif.

L'inspection effectuée après l'événement a permis de déterminer que l'essieu monté L4/R4 de la locomotive de tête (KCS 4767) s'était bloqué, causant des dommages aux roues. La protection contre le blocage des essieux est assurée par un capteur de vitesse présent sur chaque moteur de traction; ces capteurs assurent la surveillance de la vitesse de rotation des essieux et sont conçus pour alerter les mécaniciens de locomotive (ML) en cas de blocage d'un essieu.

Le 4 février 2024, la veille du déraillement, le train a dû être arrêté dans la subdivision d'Ignace (Ontario) en raison de la fumée émanant du moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767. Parmi les mesures prises en réponse à cet événement, le capteur de vitesse du moteur de traction n° 4 a été isolé. Par conséquent, lorsqu'un essieu s'est bloqué plus tard sur la locomotive, aucune alarme ne s'est déclenchée.

L'analyse portera sur les points suivants :

- les facteurs ayant influencé la performance du superviseur de la Mécanique (locomotive), ci-après désigné SML, et du ML lorsqu'ils ont agi en réponse à la fumée émanant de la locomotive KCS 4767 alors que le train circulait dans la subdivision d'Ignace;
- le programme de formation des SML;
- la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives;
- l'absence d'instructions sur l'isolement des capteurs de vitesse des locomotives de la série GE ES44AC;
- l'efficacité de la conception de l'interface du moniteur de contrôle de la locomotive;
- les communications et la diffusion des renseignements opérationnels.

2.1 L'événement

Le 5 février 2024, le train circulait vers l'ouest dans la subdivision de Brooks lorsque la locomotive menée du groupe de traction de tête et les 17 premiers wagons du train ont déraillé aux alentours du point milliaire 65,8, près de Brooks (Alberta).

Après l'événement, il a été déterminé que l'essieu n° 4 de la locomotive KCS 4767 s'était bloqué, causant des dommages importants aux roues, ce qui a entraîné une défaillance de la voie et le déraillement. Sur la base de l'examen des lieux, les enquêteurs n'ont pas pu déterminer avec certitude la séquence du déraillement.

L'examen ultérieur de l'essieu monté et du moteur de traction n° 4 a permis de déterminer qu'un mauvais boulon pinçait le joint d'alésage de la tête de pignon du moteur de traction. Le fait que le joint soit pincé a entraîné l'épuisement progressif de l'huile du carter d'engrenage, privant de lubrifiant le palier de la tête de pignon. Cette perte de lubrification a

fini par provoquer le grippage du palier, conduisant au blocage de l'essieu. Il n'a pas été possible de déterminer pourquoi un mauvais boulon avait été installé.

Un examen de l'historique des réparations de la locomotive a révélé que celle-ci avait été impliquée dans un déraillement à petite vitesse survenu en octobre 2023 au CPKC au Mexique. Il est probable qu'un boulon de mauvaise taille ait été installé sur le moteur de traction n° 4 lors des réparations effectuées après ce déraillement. Après ces réparations, la locomotive a été remise en service sans restrictions. Son inspection annuelle a été effectuée quelques jours plus tard. Bien que l'inspection se soit déroulée conformément aux exigences, le boulon de mauvaise taille n'a ni été repéré ni remplacé.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'essieu monté n° 4 locomotive menée (KCS 4767) du train 119-02 du CPKC s'est grippé; les dommages causés à l'essieu monté ont entraîné une défaillance de la voie et un déraillement au point milliaire 65,8 de la subdivision de Brooks, près de Brooks (Alberta).

À la suite d'un déraillement à petite vitesse de la locomotive KCS 4767 au Mexique en octobre 2023, un mauvais boulon a été installé sur le carter d'engrenage du moteur de traction n° 4, ce qui a pincé le joint du carter d'engrenage et a entraîné une perte de lubrification du palier de la tête de pignon, provoquant son grippage.

Afin de prévenir le blocage des essieux, chaque moteur de traction est équipé d'un capteur de vitesse. Ces capteurs sont conçus pour alerter les ML de problèmes potentiels liés à un essieu, tels que le patinage des roues, le lâchage de pignon ou le blocage des essieux. Lorsqu'un capteur de vitesse est isolé, il ne déclenche pas ces alarmes.

Dans l'événement à l'étude, le moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767 avait montré des signes de problèmes mécaniques lorsque le train circulait dans la subdivision d'Ignace (Ontario) le 4 février. Un contremaître de l'ingénierie de la voie présent en bordure de la voie a remarqué que de la fumée s'échappait d'un moteur de traction et en a informé l'équipe de train. En réponse, après que l'équipe a confirmé que la fumée provenait du moteur de traction n° 4, le ML a informé le contrôleur de la circulation ferroviaire. Après en avoir discuté plus longuement avec le directeur des opérations, le ML a arrêté le train et s'est rendu au moniteur de contrôle de la locomotive KSC 4767 pour isoler le moteur de traction. Pour ce faire, il a fallu modifier le réglage d'un interrupteur à bascule — les moteurs de traction individuels peuvent être isolés à l'aide d'un interrupteur à bascule TMC0 (qui isole uniquement le moteur de traction) ou d'un interrupteur à bascule SSC0 (qui isole à la fois le moteur de traction et son capteur de vitesse correspondant). Il a réglé les interrupteurs à bascule TMC0 4 et TMC0 5 à la position « Out ». Il a ensuite fait basculer plusieurs fois les interrupteurs SSC0 4 et SSC0 5 entre les positions « In » et « Out ». Ne connaissant pas la bonne marche à suivre, le ML a laissé les interrupteurs à bascule SSC0 à la position « In » jusqu'à ce qu'il puisse en discuter avec l'autorité désignée des Services de la mécanique (dans cet événement, le SML à Winnipeg, au Manitoba).

La formation des ML du CPKC fournit des instructions générales sur les moteurs de traction et les capteurs de vitesse correspondants. Les ML ne reçoivent pas d'instructions détaillées sur ces composants; on ne s'attend pas à ce qu'ils aient une compréhension approfondie de

leur fonctionnement. Les instructions du CPKC destinées aux ML ne contiennent pas de renseignement sur l'utilité des capteurs de vitesse ni sur la manière de modifier leurs réglages. Selon les *Instructions générales d'exploitation* du CPKC, lorsqu'une locomotive présente un problème d'équipement, les ML doivent communiquer avec l'autorité désignée des Services de la mécanique et se conformer à ses instructions.

Une fois en contact avec le SML, le ML a indiqué qu'il avait isolé les moteurs de traction n° 4 et n° 5 et que la fumée se dissipait. Le SML, qui occupait ce poste depuis peu, a consulté son superviseur immédiat, le surintendant adjoint, avant de confirmer la validité de la marche à suivre. Il a aussi indiqué que l'équipe pouvait poursuivre son trajet, mais qu'elle devait surveiller la situation.

Le ML a ensuite demandé si les capteurs de vitesse devaient également être isolés (c.-à-d. si les interrupteurs SSCO des moteurs de traction n° 4 et n° 5 devaient être réglés à la position « Out »). Cette fois, le SML n'a pas consulté son superviseur, laissant plutôt le ML prendre la décision finale. Le ML a dit au SML qu'il les isolerait; le SML n'a pas émis d'objection. La conversation a pris fin et le ML s'est rendu au moniteur de contrôle de la locomotive KCS 4767 et a réglé les interrupteurs SSCO 4 et SSCO 5 à la position « Out », ce qui a isolé les moteurs de traction n° 4 et n° 5 et leurs capteurs de vitesse.

Lorsque le temps et les ressources sont limités, les gens ont tendance à accorder une confiance excessive à l'opinion des personnes perçues comme crédibles sans effectuer une évaluation approfondie. En l'occurrence, le SML estimait que le ML possédait une connaissance directe et pratique des procédures d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse. En conséquence, il n'a pas sollicité davantage de directives auprès de son superviseur, d'autant plus qu'il n'avait pas été avisé précédemment de l'importance des capteurs de vitesse ni des conditions dans lesquelles ils devaient rester opérationnels.

L'isolement des capteurs de vitesse a supprimé une ligne de défense importante contre le blocage des essieux. Cependant, ni le ML ni le SML n'ont pleinement compris les conséquences de cette action. Lorsque le ML a consigné le problème du moteur de traction sur l'imprimé *Transfert d'informations*, il n'a fait aucune mention des capteurs de vitesse. De même, lorsque le SML a créé une entrée dans l'Interface SAP pour Usagers afin de consigner le problème des moteurs de traction, il a omis de mentionner les capteurs de vitesse.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les capteurs de vitesse des moteurs de traction n° 4 et n° 5 de la locomotive KCS 4767 — conçus pour surveiller la rotation des essieux et pour fournir un avertissement en cas d'essieu bloqué — avaient été isolés la veille du déraillement. Par conséquent, aucune alarme n'a été déclenchée lorsque le palier de la tête de pignon du moteur de traction n° 4 s'est grippé et que l'essieu s'est bloqué.

2.2 Formation du superviseur de la Mécanique (locomotive)

Le poste de SML n'a pas été désigné par le CPKC comme un poste dont les fonctions sont essentielles aux opérations ferroviaires; par conséquent, les articles 25 et 27 du *Règlement de 2015 sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire* ne s'y appliquaient pas.

Le Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des locomotives de chemin de fer ne précise pas quelles formation ou qualification sont exigées pour une personne responsable, mais le CPKC considère les employés ayant obtenu la certification pour l'inspection de sécurité des locomotives comme qualifiés pour exercer ce rôle.

CPKC a établi un calendrier d'intégration des employés nouvellement nommés à des postes de direction, dont les SML font partie, qui définit la séquence et la durée des formations requises. Dans l'événement à l'étude, la formation du SML a été affectée par une pénurie de main-d'œuvre, ce qui a eu pour effet de limiter la formation à temps plein à seulement 2 semaines au lieu des 3 semaines prévues. À la fin du premier mois, le SML avait terminé 39 des 57 modules couvrant la certification relative à l'inspection de sécurité des locomotives et les bases concernant les installations d'entretien des locomotives, mais il n'avait pas encore commencé les modules sur les aspects mécaniques des locomotives, qui couvrent des renseignements essentiels au dépannage des locomotives. Il n'avait suivi que 2 semaines de formation en cours d'emploi (FCE) pour les aspects relevant de ses responsabilités qui étaient liés à la répartition. Il en était donc encore au stade débutant du développement de ses compétences et avait une expérience opérationnelle limitée lorsque le ML l'a appelé la veille de l'accident.

Le SML a travaillé de manière autonome pour la première fois après 5 semaines de formation. À titre de comparaison, son superviseur immédiat, qui avait suivi sa formation 3 ans avant l'événement à l'étude, avait bénéficié d'environ 4 à 6 mois de FCE avant de travailler seul.

Dans les installations d'entretien des locomotives du CPKC, le personnel de la Mécanique a accès à 2 sources principales de renseignement pour le dépannage des locomotives : un document intitulé *Locomotive Knowledge Base* [Base de connaissances sur les locomotives] et des bulletins publiés par CPKC, habituellement désignés sous le nom de règlements d'entretien (ces bulletins ne sont pas des instruments de réglementation). Le SML n'était pas au courant de l'existence de ces ressources et ne les a pas consultées lorsqu'il a discuté avec le ML du problème relatif au moteur de traction de la locomotive.

En raison de la formation limitée qu'il avait reçue, le SML n'était pas suffisamment préparé pour prendre des décisions autonomes et éclairées. Il se fiait donc aux conseils ponctuels de membres du personnel plus expérimentés. Compte tenu de son arrivée récente dans ce poste et de sa connaissance limitée de la fonction essentielle à la sécurité des capteurs de vitesse, le SML n'a pas été en mesure d'anticiper les conséquences potentielles de l'isolement.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le SML ne possédait pas de connaissances approfondies ni de formation sur les capteurs de vitesse, qui constituent une fonction essentielle à la sécurité. L'absence de ces connaissances techniques spécifiques l'a empêché de mesurer les conséquences potentielles de l'isolement des capteurs de vitesse.

Afin de garantir que le personnel ferroviaire chargé de résoudre les problèmes techniques des locomotives possède les connaissances et les compétences nécessaires à un dépannage

sécuritaire, il est essentiel qu'il suive intégralement le programme de formation et acquière de l'expérience dans le cadre du programme de FCE. Le programme d'intégration du CPKC est structuré de manière à offrir un apprentissage progressif sur 12 mois, couvrant les bases sur les installations d'entretien des locomotives, les systèmes de locomotive et la FCE. Toutefois, les nouveaux employés peuvent effectuer les tâches liées à leur poste tout en suivant leur formation. Étant donné que les SML peuvent répondre directement aux appels pour le dépannage des locomotives, ceux qui n'ont pas suivi les modules clés, tels que les modules portant sur les aspects mécaniques des locomotives, peuvent éprouver des difficultés dans la prise de décisions et ne pas être suffisamment préparés pour intervenir efficacement.

De plus, l'absence d'un programme de mentorat officiel ne fait que limiter davantage le transfert de connaissances et le soutien, ce qui augmente la probabilité d'erreurs opérationnelles et les risques pour la sécurité. Les programmes de mentorat officiels offrent des éclaircissements et des consignes pratiques que la formation structurée à elle seule ne peut offrir. Sans ce soutien continu, les SML pourraient avoir de la difficulté à gérer des situations complexes ou à prendre des décisions éclairées. De plus, la tâche consistant à fournir un soutien technique sur les systèmes de locomotive essentiels à la sécurité nécessite des connaissances et une expérience de niveau expert. Bien que la formation et le mentorat puissent réduire l'écart de connaissances chez les nouveaux employés, il n'est peut-être pas raisonnable de s'attendre à ce que les employés inexpérimentés exécutent cette tâche de façon sécuritaire en toutes circonstances.

Pour atténuer ces risques, il est impératif que la priorité soit accordée à la réalisation des modules de formation, qu'un programme de mentorat structuré soit mis en place et que les progrès des nouveaux employés fassent l'objet d'un suivi tout au long de leur formation. Il est particulièrement important que les SML suivent les modules de formation portant sur les aspects clés des locomotives et la FCE correspondante avant de commencer à dépanner les problèmes observés par les ML en cours de route.

Fait établi quant aux risques

Si les employés responsables du dépannage des systèmes de locomotive ne reçoivent pas de formation sur tous les systèmes applicables avant d'assumer leurs responsabilités, ils risquent d'apporter un soutien technique et des directives incorrects ou inadéquats, augmentant ainsi le risque d'accident.

Fait établi : Autre

Même s'ils ont suivi une formation sur tous les principaux aspects concernant les locomotives, les employés doivent également acquérir de l'expérience par l'intermédiaire d'une FCE afin d'atteindre le niveau de compétence requis pour fournir un soutien technique éclairé sur les systèmes de locomotive essentiels à la sécurité.

2.3 Élimination du poste de spécialiste principal, Locomotives

Historiquement, la résolution des problèmes rencontrés par les ML en cours de route au CPKC relevait de la responsabilité des spécialistes principaux, Locomotives. Ces spécialistes

possédaient une connaissance approfondie de tous les principaux systèmes de locomotives et de nombreuses années d'expérience pratique en dépannage et en réparation.

Lorsque le poste de spécialiste principal, Locomotives a été supprimé en 2014-2015, les SML ont repris bon nombre des responsabilités de ces spécialistes. Cependant, le rôle des SML est plus large, puisqu'il englobe la supervision de la gestion des locomotives dans les installations d'entretien et les gares de triage. Bien que les SML doivent posséder une aptitude générale à la mécanique, ils ne sont pas censés posséder le même niveau d'expertise ou d'expérience spécifique aux locomotives que les spécialistes principaux, Locomotives. Leur formation englobe les opérations générales dans les installations d'entretien de locomotives, les modules de sécurité et les systèmes de base de locomotive, mais ne leur permet pas d'atteindre le même niveau de compétence que celui acquis par les spécialistes principaux, Locomotives au fil de leurs années d'expérience sur le terrain. Aucune formation spécialisée sur les locomotives ni aucune mesure transitoire n'ont été mises en place pour combler cette lacune.

Sans les spécialistes principaux, Locomotives, le personnel moins expérimenté devait résoudre les problèmes de défaillance qu'il n'était pas entièrement outillé à reconnaître, souvent alors que le temps pressait. Il s'agissait d'un changement opérationnel qui a touché directement les responsabilités du personnel et les décisions qu'il était censé prendre.

Fait établi quant aux risques

Lorsque les fonctions d'un spécialiste sont transférées à un poste occupé par une personne non spécialisée dans ces fonctions, à moins que de la formation technique, du mentorat et de l'expérience pratique ne viennent combler les écarts qui existent entre ces 2 postes, il existe un risque accru que ces fonctions ne soient pas exercées au niveau requis pour garantir des opérations ferroviaires sécuritaires.

Le cadre réglementaire du système de gestion de la sécurité (SGS) ferroviaire fait ressortir la nécessité d'effectuer des évaluations des risques lors de transitions organisationnelles ou de changements opérationnels. Le Règlement sur le SGS de 2001 exigeait que les compagnies de chemin de fer disposent d'un processus pour cerner les enjeux et les préoccupations liés à la sécurité, y compris ceux concernant les changements importants apportés aux opérations ferroviaires, ainsi qu'un processus pour évaluer et classer ces risques au moyen d'une évaluation des risques. Bien que le Règlement sur le SGS de 2001 n'ait pas explicitement défini ce qui constitue une « modification d'importance », le document d'orientation publié par Transports Canada en 2010 (*Guide de mise en place et d'amélioration des systèmes de gestion de la sécurité ferroviaire*) a fourni des exemples de modifications d'importance nécessitant un processus d'évaluation des risques, incluant les transitions organisationnelles majeures et les changements opérationnels d'envergure (comme de nouvelles lignes de banlieue et des modifications de la vitesse). D'après ces exemples, la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives n'exigeait pas d'évaluation des risques.

Lorsque le Règlement sur le SGS ferroviaire a été mis à jour en 2015, les circonstances dans lesquelles les chemins de fer doivent réaliser une évaluation des risques ont été énoncées

explicitement. Le règlement modifié exige une évaluation des risques lorsqu'un changement proposé aux opérations ferroviaires peut avoir une incidence sur la sécurité du public ou du personnel ou sur la protection des biens et de l'environnement. Parmi les exemples explicites, on trouvait les changements apportés aux responsabilités des employés. La suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives et la réaffectation de ses responsabilités constituaient clairement un changement dans les responsabilités des employés. Toutefois, l'obligation de réaliser une évaluation des risques n'était pas rétroactive, et CPKC n'était donc pas tenu de réaliser une évaluation des risques concernant la décision antérieure de supprimer le poste de spécialiste principal, Locomotives.

Faits établis : Autre

Le Règlement sur le SGS adopté en 2001 ne définissait pas ce qui constituait une modification d'importance des opérations justifiant une évaluation des risques.

CPKC n'a pas jugé que la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives constituait une modification d'importance de ses opérations et n'a donc pas réalisé d'évaluation des risques.

2.4 Instructions du CPKC relatives à l'isolement des capteurs de vitesse

Des instructions écrites claires et complètes sont essentielles à une compréhension et à une exécution cohérentes des tâches. Sans ces instructions, le personnel ne dispose d'aucune information faisant autorité sur la manière de gérer des situations particulières. Cette absence peut entraîner des pratiques incohérentes et une dépendance au jugement individuel plutôt qu'à des procédures normalisées, ce qui augmente le risque d'erreurs.

Dans l'événement à l'étude, ni le ML ni le SML n'ont pleinement compris les conséquences de l'isolement des capteurs de vitesse, et aucun d'eux n'avait accès à des instructions claires pour guider leur décision.

Historiquement, les *Instructions générales d'exploitation* (IGE) du CPKC fournissaient aux ML des instructions concernant l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse. Cependant, ces instructions ne figuraient plus dans les IGE en vigueur au moment de l'événement. En l'absence d'instructions spécifiques au CPKC, les ML doivent plutôt se fier à l'interface utilisateur pour l'entretien des locomotives pour interagir avec les fonctions d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse. Cependant, cette interface ne fournit aucun renseignement contextuel ni message-guide expliquant quand l'isolement d'un capteur de vitesse doit être effectué, ni les conséquences opérationnelles pouvant en découler.

Dans les installations d'entretien des locomotives du CPKC, le personnel de la Mécanique, y compris les SML, se fie principalement à 2 sources d'information pour le dépannage des locomotives : la base de connaissances sur les locomotives et les bulletins diffusés par la compagnie, habituellement désignés sous le nom de règlements d'entretien.

- La base de connaissances sur les locomotives rassemble des renseignements provenant de diverses sources, mais fournit peu de renseignements sur les tâches

liées aux capteurs de vitesse des locomotives de la série GE ES44AC, telles que la locomotive à l'étude. Bien qu'il mentionne les interrupteurs à bascule TMCO et SSCO, le document n'explique pas quand ces interrupteurs doivent être utilisés, ni leurs conséquences opérationnelles. Il comprend des renseignements plus détaillés sur l'isolement des capteurs de vitesse pour les locomotives de la série AC4400CW, indiquant, par exemple, que la protection contre le blocage des essieux est perdue lorsque le capteur de vitesse est isolé. Cependant, il n'explique pas si ces instructions s'appliquent également aux locomotives de la série GE ES44AC, malgré les similitudes fonctionnelles des deux types de locomotives.

- De même, les bulletins qui font partie des règlements d'entretien ne mentionnent pas les interrupteurs à bascule TMCO et SSCO, leur finalité ou leur utilisation.

L'absence d'instructions claires sur l'isolement des capteurs de vitesse des locomotives de la série GE ES44AC n'a pas aidé le ML et le SML à prendre une décision éclairée. Par conséquent, ils ne savaient pas que l'isolement des capteurs de vitesse désactiverait la protection contre le blocage des essieux, une fonction essentielle à la sécurité qui détecte et alerte l'équipe lorsqu'un patinage de roue, un lâchage de pignon ou un blocage des essieux survient.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les documents de référence du CPKC relatifs au dépannage des locomotives ne fournissaient pas d'instructions claires sur la finalité des capteurs de vitesse ni sur les conséquences de leur isolement. Par conséquent, ni le ML ni le SML ne disposait des renseignements nécessaires pour prendre une décision éclairée lorsque la locomotive KCS 4767 a connu des problèmes liés au moteur de traction alors qu'elle circulait dans la subdivision d'Ignace.

2.5 Conception de l'interface du moniteur de contrôle de locomotive

La conception de l'interface d'un moniteur de contrôle de locomotive influence l'efficacité avec laquelle les opérateurs peuvent gérer les systèmes de locomotive et interagir avec eux. Une interface optimale doit faciliter des interactions claires et intuitives, en fournissant aux équipes de train les renseignements contextuels nécessaires pour prendre des décisions éclairées. Cela inclut un affichage clair des avertissements et des instructions à suivre pour exécuter les procédures opérationnelles, telles que l'isolement des capteurs de vitesse.

En ce qui concerne l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse, l'interface varie en fonction du modèle de locomotive. Pour les locomotives de la série GE AC, telles que la locomotive KCS 4767, on accède à cette fonction à partir d'un moniteur de contrôle. La procédure consiste à naviguer vers l'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse] sur le moniteur, puis à appuyer sur la touche physique associée au moteur ou à la combinaison du moteur de traction et du capteur de vitesse à isoler. Par exemple, pour isoler le moteur de traction n° 4, l'opérateur appuierait sur la touche physique numérotée 4; pour isoler le moteur de traction n° 4 et son capteur de vitesse correspondant, l'opérateur appuierait plutôt sur la touche physique F4.

Dans l'événement à l'étude, lorsque la locomotive a connu des problèmes en cours de route dans la subdivision d'Ignace, le ML a accédé au moniteur de contrôle, a isolé les moteurs de traction en appuyant sur les touches physiques numérotées, puis a appuyé plusieurs fois sur les touches physiques numérotées précédées d'un « F », ce qui a eu pour effet d'isoler et de remettre en service les moteurs de traction et leurs capteurs de vitesse correspondants. Les interactions du ML indiquent qu'il n'était pas certain que l'isolement des capteurs de vitesse soit la bonne marche à suivre.

Lorsque le ML a ensuite demandé au SML s'il fallait isoler les capteurs de vitesse et que ce dernier lui a laissé le soin de prendre la décision, il a choisi de les isoler. L'isolement d'un capteur de vitesse sur un moteur de traction désactive la protection contre le blocage des essieux montés (une fonction essentielle à la sécurité); cependant, l'écran n'a pas fourni de renseignements contextuels ni de message-guide pour informer les opérateurs des cas spécifiques nécessitant l'isolement d'un capteur de vitesse, et il n'a pas non plus averti les opérateurs de ne pas isoler le capteur de vitesse en cas de défaillance d'un moteur de traction. De plus, il n'a pas limité l'accès à la fonction essentielle à la sécurité, par exemple en exigeant que l'opérateur saisisse un mot de passe. En conséquence, l'interface ne prévoyait aucune mesure de protection pour empêcher que le ML ne désactive par inadvertance la protection contre le blocage des essieux.

Selon le rapport *Human Factors Guidelines for Locomotive Cabs* [lignes directrices sur les facteurs humains dans les cabines de locomotive] publié par la Federal Railroad Administration des États-Unis, l'interface du moniteur de contrôle d'une locomotive doit être conçue de manière à prévenir les erreurs dans la mesure du possible, à les rendre difficiles à commettre et à réduire au minimum leurs répercussions en offrant des mécanismes clairs de détection et des méthodes simples de récupération.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'interface permettant d'isoler les capteurs de vitesse sur la locomotive KCS 4767 ne fournissait ni renseignement contextuel ni mesure de sécurité pour empêcher la désactivation involontaire de la protection contre le blocage des essieux. Par conséquent, l'interface n'a pas aidé le ML à prendre une décision éclairée concernant l'isolement du capteur de vitesse, ni empêché la désactivation involontaire de cette fonction essentielle à la sécurité.

L'enquête a permis d'identifier d'autres problèmes concernant la conception de l'interface du moniteur de contrôle de la locomotive qui augmentent le risque d'erreurs opérationnelles. Un problème notable est la mise en évidence inefficace des avertissements; par exemple, l'avertissement « Locked Axle Protection Reduced Due To Speed Sensor Cutout » [Protection contre le blocage des essieux réduite en raison de l'isolement du capteur de vitesse] est affiché au bas de l'écran, est rédigé à la voix passive et utilise la même couleur et la même taille de police que les renseignements moins importants. La visibilité et l'efficacité de l'avertissement en sont donc réduites, ce qui augmente le risque que les équipes de train ne le remarquent pas. Les renseignements essentiels devraient être placés avant l'étape applicable et être mis en évidence à l'aide de clignotements, de

couleurs, de tailles ou de luminosité différentes afin d'attirer efficacement l'attention des ML et de les amener à prendre les mesures nécessaires.

De plus, la disposition de l'écran « Motor and Speed Sensor Cutouts » [Isolement des moteurs et des capteurs de vitesse] est telle que les interrupteurs à bascule servant à isoler les capteurs de vitesse se situent sur la ligne supérieure, au-dessus de ceux servant à isoler les moteurs de traction. Étant donné que les capteurs de vitesse doivent rester fonctionnels lorsque les moteurs de traction sont isolés pour des raisons de sécurité, cette disposition est incompatible avec la logique opérationnelle. La disposition doit correspondre à la compréhension qu'a le ML du fonctionnement du système en organisant les renseignements de manière logique, en fonction de leur fréquence d'utilisation, de leur chronologie et de leur importance, tout en limitant le contenu au strict nécessaire.

En outre, la cohérence dans la conception permet de renforcer l'apprentissage, de réduire les erreurs et d'améliorer la rapidité d'exécution, tout en permettant aux ML de se concentrer sur leurs tâches plutôt que sur le fonctionnement de l'interface. Cependant, l'existence de plusieurs séries de locomotives, chacune dotée d'une interface unique pour accéder à la fonction d'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse, vient compliquer les transitions entre les systèmes pour les ML, en plus d'augmenter la charge cognitive.

Pour atténuer ces problèmes, il est essentiel d'intégrer les facteurs humains dans la conception des moniteurs de contrôle des locomotives. La conception d'interfaces adaptées aux capacités cognitives et perceptives humaines peut réduire la probabilité d'erreurs, améliorer l'efficacité des opérateurs et renforcer la sécurité globale.

Fait établi quant aux risques

Si les interfaces des moniteurs de contrôle dans les locomotives ne sont pas conçues conformément aux lignes directrices sur la conception qui tiennent compte des facteurs humains, il existe un risque que le temps de réponse de la part des opérateurs soit allongé et que les erreurs potentielles en situation critique augmentent.

2.6 Communication et diffusion de l'information

Une communication efficace de l'information est essentielle dans les opérations ferroviaires pour assurer la gestion des risques. Si les dangers et les conditions qui ont une incidence sur la sécurité ne sont pas communiqués clairement, les employés peuvent ne pas en être conscients et être incapables d'atténuer adéquatement les risques. Après tout incident, il est essentiel de communiquer les risques existants et les mesures d'entretien nécessaires afin d'assurer la sécurité des opérations et d'éviter de compromettre la sécurité ferroviaire.

Afin d'informer les équipes suivantes du problème survenu avec la locomotive KCS 4767 alors que le train se trouvait dans la subdivision d'Ignace, le ML a écrit sur l'imprimé *Transfert d'informations* qu'il avait isolé les moteurs de traction n° 4 et n° 5, mais il n'a pas mentionné, ni verbalement ni par écrit, que les capteurs de vitesse correspondants avaient également été isolés. Sans ce renseignement, les ML suivants n'étaient pas au courant de la mise hors service des capteurs de vitesse, qui sont essentiels pour surveiller le

fonctionnement des moteurs de traction et détecter le blocage des essieux. Par conséquent, les ML suivants n'ont pas été prévenus de l'aggravation du problème avec le moteur de traction.

De même, lorsque le SML a créé une entrée dans l'Interface SAP pour Usagers afin de consigner le problème lié au moteur de traction, il n'a pas mentionné que les capteurs de vitesse avaient été isolés. Par conséquent, il n'a pas été déterminé que la locomotive KCS 4767 devait faire l'objet d'une inspection ou de réparations, et le train n'avait donc pas à s'arrêter dans l'une des installations d'entretien de locomotives situées le long de son itinéraire.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Ni le ML ni le SML n'ont indiqué que les capteurs de vitesse avaient été isolés lorsqu'ils ont consigné les mesures prises en réponse au problème lié au moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767 la veille du déraillement. Cette omission a entraîné une lacune critique dans la transmission des renseignements aux ML et au personnel de la Mécanique suivants, ce qui a finalement eu une incidence sur les mesures de suivi prises pour gérer le problème de la locomotive.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des facteurs qui ont causé l'événement ou qui y ont contribué.

1. L'essieu monté n° 4 de locomotive menée (KCS 4767) du train 119-02 de CPKC s'est grippé; les dommages causés à l'essieu monté ont entraîné une défaillance de la voie et un déraillement au point milliaire 65,8 de la subdivision de Brooks, près de Brooks (Alberta).
2. À la suite d'un déraillement à petite vitesse de la locomotive KCS 4767 au Mexique en octobre 2023, un mauvais boulon a été installé sur le carter d'engrenage du moteur de traction n° 4, ce qui a pincé le joint du carter d'engrenage et a entraîné une perte de lubrification du palier de la tête de pignon, provoquant son grippage.
3. Les capteurs de vitesse des moteurs de traction n° 4 et n° 5 de la locomotive KCS 4767 — conçus pour surveiller la rotation des essieux et pour fournir un avertissement en cas d'essieu bloqué — avaient été isolés la veille du déraillement. Par conséquent, aucune alarme n'a été déclenchée lorsque le palier de la tête de pignon du moteur de traction n° 4 s'est grippé et que l'essieu s'est bloqué.
4. Le superviseur de la Mécanique (locomotive) ne possédait pas de connaissances approfondies ni de formation sur les capteurs de vitesse, qui constituent une fonction essentielle à la sécurité. L'absence de ces connaissances techniques spécifiques l'a empêché de mesurer les conséquences potentielles de l'isolement des capteurs de vitesse.
5. Les documents de référence du CPKC relatifs au dépannage des locomotives ne fournissaient pas d'instructions claires sur la finalité des capteurs de vitesse ni sur les conséquences de leur isolement. Par conséquent, ni le mécanicien de locomotive ni le superviseur de la Mécanique (locomotive) ne disposait des renseignements nécessaires pour prendre une décision éclairée lorsque la locomotive KCS 4767 a connu des problèmes liés au moteur de traction alors qu'elle circulait dans la subdivision d'Ignace.
6. L'interface permettant d'isoler les capteurs de vitesse sur la locomotive KCS 4767 ne fournissait ni renseignement contextuel ni mesure de sécurité pour empêcher la désactivation involontaire de la protection contre le blocage des essieux. Par conséquent, l'interface n'a pas aidé le mécanicien de locomotive à prendre une décision éclairée concernant l'isolement du capteur de vitesse, ni empêché la désactivation involontaire de cette fonction essentielle à la sécurité.
7. Ni le mécanicien de locomotive ni le superviseur de la Mécanique (locomotive) n'ont indiqué que les capteurs de vitesse avaient été isolés lorsqu'ils ont consigné les mesures prises en réponse au problème lié au moteur de traction n° 4 de la locomotive KCS 4767.

la veille du déraillement. Cette omission a entraîné une lacune critique dans la transmission des renseignements aux mécaniciens de locomotive et au personnel de la Mécanique suivants, ce qui a finalement eu une incidence sur les mesures de suivi prises pour gérer le problème de la locomotive.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des facteurs dans l'événement qui présentent un risque pour le système de transport. Ces facteurs peuvent ou non avoir causé l'événement ou y avoir contribué, mais ils pourraient présenter un risque dans le futur.

1. Si les employés responsables du dépannage des systèmes de locomotive ne reçoivent pas de formation sur tous les systèmes applicables avant d'assumer leurs responsabilités, ils risquent d'apporter un soutien technique et des directives incorrects ou inadéquats, augmentant ainsi le risque d'accident.
2. Lorsque les fonctions d'un spécialiste sont transférées à un poste occupé par une personne non spécialisée dans ces fonctions, à moins que de la formation technique, du mentorat et de l'expérience pratique ne viennent combler les écarts qui existent entre ces 2 postes, il existe un risque accru que ces fonctions ne soient pas exercées au niveau requis pour garantir des opérations ferroviaires sécuritaires.
3. Si les interfaces des moniteurs de contrôle dans les locomotives ne sont pas conçues conformément aux lignes directrices sur la conception qui tiennent compte des facteurs humains, il existe un risque que le temps de réponse de la part des opérateurs soit allongé et que les erreurs potentielles en situation critique augmentent.

3.3 Autres faits établis

Ces faits établis règlent une controverse, révèlent des circonstances atténuantes ou soulignent un élément notable de l'événement.

1. Même s'ils ont suivi une formation sur tous les principaux aspects concernant les locomotives, les employés doivent également acquérir de l'expérience par l'intermédiaire d'une formation en cours d'emploi afin d'atteindre le niveau de compétence requis pour fournir un soutien technique éclairé sur les systèmes de locomotive essentiels à la sécurité.
2. Le *Règlement sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire* adopté en 2001 ne définissait pas ce qui constituait une modification d'importance des opérations justifiant une évaluation des risques.
3. CPKC n'a pas jugé que la suppression du poste de spécialiste principal, Locomotives constituait une modification d'importance de ses opérations et n'a donc pas réalisé d'évaluation des risques.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 CPKC

Le 7 février 2024, le Chemin de fer Canadien Pacifique, faisant affaire sous le nom de CPKC, a diffusé un bulletin de mécanique des locomotives destiné à toutes les installations ferroviaires. Ce bulletin explique le rôle essentiel que jouent les capteurs de vitesse des moteurs de traction dans la surveillance des fonctions des moteurs et la détection du blocage des essieux, précisant que les capteurs de vitesse ne doivent pas être isolés lorsqu'il faut gérer des problèmes liés aux moteurs de traction.

Le bulletin indique en outre que les capteurs de vitesse des moteurs de traction ne peuvent être désactivés que dans des cas précis, par exemple lorsqu'un essieu monté de service (c.-à-d. un essieu sans le moteur) a été installé à cet endroit, ou lorsque le pignon du moteur de traction a été coupé et que le capteur de régime a été déconnecté ou retiré.

Les locomotives concernées doivent faire l'objet d'une surveillance afin de s'assurer que les roues tournent bien et ne produisent aucun bruit anormal, et l'imprimé *Transfert d'informations* doit être mis à jour au besoin.

Par ailleurs, le bulletin décrit l'utilisation des interrupteurs à bascule pour l'isolement des moteurs de traction et des capteurs de vitesse, accessibles au moyen du moniteur de contrôle de la locomotive, et recommande de ne désactiver les capteurs de vitesse que sous supervision de la Mécanique.

De plus, CPKC a mis en place un service d'assistance aux mécaniciens de locomotives, une équipe dédiée de 5 personnes composée de coordinateurs de soutien aux opérations, qui a repris les responsabilités de dépannage des locomotives auparavant assurées par les superviseurs de la Mécanique (locomotive). La seule responsabilité de cette équipe est de répondre aux appels concernant une interruption de service de locomotive provenant du Canada et des États-Unis. Ce changement est entré en vigueur en avril 2024.

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 21 janvier 2026. Le rapport a été officiellement publié le 24 février 2026.

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.