



Recommandation R22-02 du BST

Réduction du risque de mouvements non contrôlés par la mise en œuvre de la technologie de frein d'immobilisation en stationnement

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada recommande que le ministère des Transports exige que les chemins de fer de marchandises canadiens dressent et mettent en œuvre un échéancier d'installation de freins d'immobilisation en stationnement sur les wagons de marchandises, en priorisant l'installation en rattrapage sur les wagons utilisés dans les trains-blocs de marchandises en vrac exploités en terrain montagneux.

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport ferroviaire	R19C0015
Date à laquelle la recommandation a été émise	31 mars 2022
Date de la dernière réponse	Juin 2022
Date de la dernière évaluation	Août 2022
Évaluation de la dernière réponse	Attention en partie satisfaisante
État du dossier	Active

Résumé de l'événement

Le 4 février 2019, le train de marchandises numéro 301-349 de la Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique (CP), exploité par une équipe de relève, a déraillé sur Field Hill, près de Field (Colombie-Britannique), sur une section de voie de 13,5 milles présentant une pente descendante abrupte (pente moyenne de 2,2 %) et plusieurs courbes prononcées. Les 3 membres de l'équipe—un mécanicien de locomotive, un chef de train et un chef de train stagiaire—ont été mortellement blessés.

Justification de la recommandation

Le problème des mouvements non contrôlés d'équipement ferroviaire n'est pas nouveau. Le BST souligne la nécessité de moyens de défense robustes pour empêcher les mouvements non contrôlés depuis 1996. Le 12 août de cette année-là, les 3 occupants de la cabine d'exploitation d'une locomotive ont été mortellement blessés lorsque leur train est entré en collision de face

avec une rame de 20 wagons à la dérive près d'Edson (Alberta)¹. Dans son rapport d'enquête, le BST a indiqué que les faits entourant cet événement soulevaient des préoccupations, notamment en ce qui concerne les moyens de défense secondaires contre les mouvements non contrôlés.

Ce problème est revenu à l'avant-plan en 2013 lorsque, le 6 juillet, un train à la dérive a déraillé au centre de la ville de Lac-Mégantic (Québec), détruisant le centre-ville et le principal quartier d'affaires et causant la mort de 47 personnes². Dans son rapport d'enquête, le BST a indiqué que les cas de matériel parti à la dérive sont peu probables et peuvent avoir des conséquences extrêmement graves, et que le coût en matière de vies humaines et de répercussions sur nos communautés peut être incalculable. Pour cette raison, le Bureau avait recommandé que

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

Recommandation R14-04 du BST

Depuis, la tendance du nombre de mouvements non contrôlés est en hausse. En 2014, l'année après l'accident de Lac-Mégantic, il y a eu 59 événements; en 2019, il y en a eu 78, y compris l'événement à l'étude. Les mouvements imprévus ou non contrôlés d'équipement ferroviaire demeurent un enjeu d'actualité qui figure sur la Liste de surveillance 2020 du BST, une liste d'enjeux qu'il faut s'employer à régler pour rendre le système de transport canadien encore plus sûr.

Au cours des années qui ont suivi l'émission de la recommandation R14-04, pour s'efforcer d'aborder ces préoccupations, TC a mis en œuvre plusieurs initiatives visant à renforcer et à clarifier les exigences du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF) qui régissent le serrage des freins à main. Ces initiatives comprenaient une révision de la règle 112 en 2015, qui a donné au secteur un tableau de serrage des freins à main complet pour composer avec diverses situations d'exploitation lors de l'immobilisation de matériel laissé sans surveillance.

Après l'événement survenu à Field, TC a encore une fois modifié le REF en y ajoutant des exigences concernant l'utilisation des freins à main. Il a instauré la règle 66 (Immobilisation du matériel roulant après un serrage d'urgence des freins en déclivité) pour l'immobilisation des trains arrêtés d'urgence dans des pentes raides et en terrain montagneux³. La nouvelle règle comprend également un tableau de serrage des freins à main complet. Elle est entrée en vigueur le 24 juin 2020.

Un frein à main est un dispositif mécanique utilisé pour immobiliser l'équipement ferroviaire et prévenir les mouvements non contrôlés. Des freins à main sont installés sur tout le matériel

¹ Rapport d'enquête ferroviaire R96C0172 du BST.

² Rapport d'enquête ferroviaire R13D0054 du BST.

³ Le CP définit les pentes de 1,0 % à 1,8 %, inclusivement, comme des pentes raides. Les pentes de plus de 1,8 % sont définies comme des pentes en terrain montagneux.

roulant ferroviaire. Ils sont serrés à la main en faisant tourner le volant de frein à main. Cela presse les semelles de frein contre la table de roulement des roues afin de ralentir le mouvement des roues ou de les empêcher de bouger.

Afin de bien retenir un train avec les freins à main, il faut en serrer le bon nombre pour générer la force de freinage nécessaire.

Le tableau de serrage des freins à main de la règle 66 indique le nombre de freins à main qui doivent être serrés sur un train en fonction du tonnage du train et de la pente descendante. Par exemple, compte tenu du poids d'environ 15 000 tonnes du train à l'étude et de la pente moyenne de 2,2 % de Field Hill, pour respecter les exigences de la règle 66, il aurait fallu serrer 75 freins à main sur le train après qu'il se fut arrêté d'urgence.

Plusieurs facteurs peuvent toutefois réduire l'efficacité des freins à main, en particulier un faible couple de serrage (la quantité de force exercée par l'opérateur sur le volant de frein à main), l'usure et la réduction du coefficient de frottement des semelles de frein par l'état du rail, comme la présence de neige ou de glace. Quand certains des freins à main d'un train ne sont pas pleinement efficaces, il faut serrer plus de freins à main pour obtenir la force de freinage nécessaire pour maintenir le train stationnaire.

En pratique, les opérateurs ne savent pas quelle force ils exercent sur le volant de frein à main, et les freins à main ne fournissent pas ce type de rétroaction. Les opérateurs ne savent pas non plus quel est le coefficient de frottement des semelles de frein ou si l'efficacité d'un frein à main est réduite par l'usure. Le seul moyen disponible pour déterminer si un nombre suffisant de freins à main a été serré est donc de réaliser un essai d'efficacité des freins à main. Cet essai consiste à desserrer les freins à air pour confirmer que le train ne commence pas à rouler. Si le train se met à rouler, il faut serrer davantage de freins à main et refaire l'essai. Dans les scénarios d'exploitation couverts par la règle 66, toutefois, cet essai n'est pas réalisable pour un train arrêté sur une pente raide ou en terrain montagneux. Dans ces circonstances, il serait très risqué de desserrer les freins à air, puisque le train pourrait commencer à rouler très rapidement et il peut ne pas être possible de l'arrêter à nouveau. Par conséquent, les opérateurs doivent se fier au nombre prédéterminé de freins à main exigé par la règle. Si certains des freins à main du train ne sont pas pleinement efficaces, ce nombre peut être insuffisant et il y a un risque de mouvement non contrôlé.

Le serrage des freins à main est une tâche longue et physiquement exigeante. Les opérateurs doivent monter sur le wagon en grimpant à l'échelle latérale, se placer de façon sécuritaire près du volant de frein à main, et faire tourner le volant dans le sens horaire pour tendre la chaîne avant d'exercer une force maximale sur la manivelle. Ils doivent ensuite descendre du wagon, marcher jusqu'au wagon suivant et répéter la manœuvre. Serrer un grand nombre de freins à main exige un effort soutenu sur plusieurs heures. Avec le temps et la fatigue, la force que les opérateurs peuvent exercer sur chaque volant de frein à main peut diminuer; avec un couple moindre, l'efficacité des freins à main diminue, ce qui exige de serrer davantage de freins à main.

Le tableau 1 montre combien de freins à main seraient nécessaires pour tenir un train de 15 000 tonnes sur une pente descendante de 2,2 %, en présumant d'un couple au serrage de 55 pieds-livres (la force que les participants à l'évaluation du rendement humain ont réussi à produire)⁴ et un coefficient de frottement de l'ordre de 0,3 à 0,4. En cas de fuites au cylindre de frein, il faudrait serrer un nombre de plus en plus grand de freins à main à mesure que la pression diminue. D'après ce tableau, les 75 freins à main exigés par la règle 66 seraient suffisants selon un coefficient de frottement de 0,39 et une pression aux cylindres de frein de 10 lb/po².

Comme le montre le tableau, le nombre de freins à main nécessaire pour tenir un train varie considérablement en fonction de plusieurs variables sur lesquelles les équipes de train n'ont aucun contrôle.

Tableau 1. Nombre de freins à main à serrer à un couple de 55 pieds-livres pour tenir un train de 15 000 tonnes sur une pente descendante de 2,2 %, en fonction du coefficient de frottement des semelles de frein et de la pression moyenne aux cylindres de frein*

Coefficient de frottement	Nombre de freins à main requis en fonction de la pression moyenne aux cylindres de frein						
	77 lb/po ² **	65 lb/po ²	50 lb/po ²	35 lb/po ²	25 lb/po ²	10 lb/po ²	0 lb/po ²
0,30	42	40	46	55	67	102	162
0,31	40	39	44	53	64	98	156
0,32	39	37	43	51	62	95	151
0,33	37	36	41	50	60	92	146
0,34	36	35	40	48	58	88	141
0,35	35	34	38	46	56	86	136
0,36	34	33	37	45	54	83	132
0,37	33	32	36	44	52	80	128
0,38	32	31	35	42	51	78	124
0,39	31	30	34	41	49	75	120
0,40	30	29	33	40	48	73	116

* Les chiffres dans ce tableau présumant d'un rapport net de freins à main de 6,5 %.

** Une pression au cylindre de frein de 77 lb/po² correspond à la pression après un serrage d'urgence des freins, lorsqu'il n'y a pas de fuite au cylindre de frein.

Il existe une technologie d'immobilisation des trains approuvée par l'AAR qui permet de retirer la plupart de ces variables de l'équation : les freins d'immobilisation en stationnement pour les véhicules ferroviaires, comme l'Automatic Park Brake (APB) de Wabtec et le ParkLoc de New York Air Brake (NYAB). La technologie de freins d'immobilisation en stationnement a été mise à l'essai et approuvée pour une utilisation sur les chemins de fer nord-américains, mais elle n'a pas été adoptée de façon généralisée.

⁴ Voir Rapport d'enquête sur la sécurité de transport ferroviaire R19C0015 du BST, Annexe E.

Les freins d'immobilisation en stationnement sont des cylindres de frein munis d'un loquet automatique actionné mécaniquement qui verrouille le piston du cylindre au besoin, selon la pression restante dans la conduite générale. Quand la pression dans la conduite générale est épuisée (p. ex. après un freinage de service ou d'urgence), le système verrouille automatiquement le piston du cylindre de frein en position sorti, ce qui permet de conserver la force de freinage. Cela se produit sans intervention ou action particulière de l'équipe de train. Quand la pression dans la conduite générale recommence à augmenter, le système dégage automatiquement le verrou et rétracte le piston du cylindre de frein, ce qui enlève la force de freinage. Les freins d'immobilisation en stationnement peuvent être configurés pour être utilisés aussi bien avec des systèmes de frein montés sur bogie qu'avec des systèmes de frein montés sur châssis, et ils peuvent être installés en rattrapage sur les wagons de marchandises existants sans devoir modifier le système de freins à air.

Parce que les freins d'immobilisation en stationnement verrouillent le piston du cylindre de frein en position sur les wagons, leur efficacité ne dépend pas du couple de serrage et n'est pas affectée par les fuites au cylindre de frein. Les freins d'immobilisation en stationnement peuvent donc tenir un train sur une pente abrupte indéfiniment.

Les mouvements non contrôlés d'équipement ferroviaire, quoique rares, peuvent engendrer des situations très risquées aux conséquences potentiellement catastrophiques. Les enquêtes du BST sur les mouvements non contrôlés ont révélé que la séquence des événements comprend presque toujours une immobilisation inadéquate du train. TC a apporté plusieurs améliorations aux règles régissant le serrage des freins à main. Toutefois, même avec un ensemble complet de règles, il a été démontré au fil des ans qu'il ne suffit pas de compter uniquement sur l'application correcte des règles pour maintenir la sécurité dans un système de transport complexe. Le concept de « défense en profondeur » oriente la réflexion dans le monde de la sécurité depuis de nombreuses années. Le cumul des moyens de défense, ou la redondance en matière de sécurité, s'est avéré une approche fructueuse dans beaucoup de secteurs pour veiller à ce qu'une seule et unique défaillance n'entraîne pas des conséquences catastrophiques.

L'augmentation du nombre et de la qualité des moyens de défense administratifs n'a pas réussi à établir une redondance en matière de sécurité contre les mouvements non contrôlés. Jusqu'à maintenant, le secteur ferroviaire canadien et l'organisme de réglementation n'ont toujours pas cherché à aller au-delà du renforcement d'un moyen de défense administratif comme l'utilisation des freins à main.

Tant que des moyens de défense physiques comme les freins d'immobilisation en stationnement ne seront pas mis en œuvre dans tout le réseau ferroviaire canadien, le risque de mouvements non contrôlés dus à une immobilisation inadéquate des trains subsistera, en particulier sur les pentes abruptes où il est impossible de tester l'efficacité des freins à main.

Par conséquent, le Bureau recommande que le ministère des Transports exige que les chemins de fer de marchandises canadiens dressent et mettent en œuvre un échéancier d'installation de freins d'immobilisation en stationnement sur les wagons de marchandises, en priorisant

l'installation en rattrapage sur les wagons utilisés dans les trains-blocs de marchandises en vrac exploités en terrain montagneux (Recommandation R22-02 du BST).

Réponses et évaluations antérieures

S.O.

Réponse et évaluation les plus récentes

Juin 2022 : Réponse de Transports Canada

Transports Canada (TC) est d'accord avec la recommandation R22-02. Comme il est indiqué dans le rapport du Bureau de la sécurité des transports (BST), les mouvements non contrôlés de l'équipement ferroviaire peuvent créer des situations à risque élevé qui peuvent entraîner des conséquences catastrophiques, et Transports Canada a apporté plusieurs améliorations aux règles et aux règlements pour aider à prévenir ces mouvements non contrôlés. Le rapport du BST souligne également que le maintien de la sécurité dans un réseau de transport complexe exige des couches de sécurité, y compris des défenses physiques supplémentaires comme des freins de stationnement automatiques.

Conformément à la recommandation du BST dans ce domaine, les freins de stationnement automatiques ne nécessitent aucune action de la part de l'équipage de train pour être appliqués. Étant donné que les freins automatiques ne peuvent être relâchés qu'avec une augmentation de la pression d'air de la locomotive, même s'il y a une fuite dans les freins à air, le train restera immobile indéfiniment.

Il est important de noter que les freins de stationnement automatiques ne sont pas actuellement utilisés par les compagnies de transport ferroviaire de marchandises en Amérique du Nord. Bien qu'il y ait un nombre limité d'exemples actuellement disponibles, la technologie des freins de stationnement automatiques n'a pas encore été testée, ni évaluée, pour assurer la sécurité des opérations au Canada. Il convient de noter que la technologie n'a pas encore été approuvée par Transports Canada, par la Federal Railroad Administration des États-Unis ni par l'American Association of Railways. Les freins à main sont plutôt exigés par la réglementation de Transports Canada et de l'Administration fédérale des chemins de fer et constituent une mesure de sécurité essentielle pour prévenir les mouvements non contrôlés. Par conséquent, il sera important d'évaluer soigneusement les répercussions des freins de stationnement automatiques sur l'état de préparation, l'efficacité et la sécurité, surtout dans le contexte des opérations par temps froid.

Dans ce contexte, Transports Canada entreprendra une série de mesures comportant une diligence raisonnable et des essais par temps froid :

- Transports Canada évaluera les répercussions de la technologie du stationnement automatique sur la sécurité en collaborant avec un expert-conseil, Volpe National Transportation Systems Center, qui offre une expertise multidisciplinaire et multimodale en matière de transports au gouvernement et à l'industrie partout dans le monde. En collaboration avec Volpe, le Ministère évaluera l'efficacité de la technologie,

l'opérabilité dans diverses conditions météorologiques, les facteurs de mise en œuvre et les approches réglementaires recommandées. On prévoit qu'un contrat sera en place avec Volpe d'ici septembre 2022, et qu'un rapport final sera terminé d'ici mars 2023.

- Le Ministère effectuera des essais de la technologie de freinage automatique dans une chambre froide de laboratoire afin de vérifier la sécurité et le rendement en terrain montagneux simulé dans des conditions réelles de fonctionnement. Les essais par temps froid commenceront en septembre 2022 et seront terminés d'ici mars 2023.
- Transports Canada formera un groupe de travail avec les compagnies de transport ferroviaire pour examiner les paramètres de conception et de sécurité de la technologie des freins de stationnement automatiques, y compris l'exploration des options pour mettre la technologie à l'essai dans des conditions de fonctionnement sécuritaires (septembre 2022 à juin 2023).
- Transports Canada effectuera également des essais sur le rendement des freins à air par temps froid, ce qui a également été souligné dans le rapport du BST. Ces essais permettront au Ministère et aux compagnies de chemin de fer d'explorer d'autres améliorations au rendement des freins à air par temps froid.

En plus de ces mesures de diligence raisonnable, Transports Canada commencera à mobiliser les intervenants de l'industrie sur une approche progressive pour le déploiement de cette technologie importante. Il est prévu que les travaux de mobilisation commenceront en juillet 2022 et qu'ils seront terminés d'ici juin 2023, ce qui laissera le temps à l'industrie d'examiner l'évaluation de la technologie des freins de stationnement automatiques et d'évaluer tout défi de mise en œuvre. Le calendrier de déploiement de la technologie sera établi en fonction des résultats de la recherche et des consultations.

Août 2022 : Évaluation de la réponse par le BST (attention en partie satisfaisante)

Transports Canada (TC) est d'accord avec la recommandation. TC souligne que la technologie du frein de stationnement automatique (APB) n'est pas actuellement utilisée par les compagnies de transport ferroviaire de marchandises en Amérique du Nord, car le nombre de technologies disponibles est limité. De plus, TC affirme que la technologie APB n'a pas encore été testée, ni évaluée, pour assurer la sécurité des opérations au Canada. La technologie n'a pas non plus encore été approuvée par Transports Canada,⁵ par la Federal Railroad Administration des États-Unis ni par l'Association of American Railroads (AAR).

Au Canada et aux États-Unis, l'AAR élabore des spécifications et fournit une approbation pour tout le matériel roulant utilisé dans le réseau d'interconnexion. L'approbation de l'AAR est un processus en plusieurs étapes. Pour la technologie APB, ce processus comprend un examen

⁵ Toutefois, TC autorise l'utilisation de freins de stationnement comme solution de rechange aux freins à main pour immobiliser le matériel roulant qui est laissé sans surveillance afin d'éviter qu'il ne se déplace involontairement. Voir le REF, qui, à la règle 112 (ii), Immobilisation d'un matériel roulant laissé sans surveillance, précise que « [l]es freins de stationnement sont considérés comme des freins à main ».

détaillé des dessins techniques et des spécifications de la technologie, des essais cycliques et environnementaux en laboratoire et des essais sur le terrain.

L'approbation conditionnelle de l'AAR est accordée une fois que les essais cycliques et environnementaux en laboratoire ont été réussis. Cela permet au fabricant de procéder à des essais sur le terrain, au cours desquels une quantité précise d'unités peut être installée et utilisée sur certains wagons de marchandises opérationnels pendant une période déterminée, conformément à un plan d'essai approuvé.

L'approbation inconditionnelle de l'AAR est accordée après que les essais sur le terrain ont été réussis. Une fois que la technologie APB a obtenu l'approbation inconditionnelle de l'AAR, elle peut être installée sur des wagons de marchandises opérationnels, là où la réglementation le permet ou l'exige.

Bien que la technologie APB n'ait pas encore reçu l'approbation inconditionnelle de l'AAR, deux fabricants (Wabtec et New York Air Brake) ont reçu une approbation conditionnelle de l'AAR⁶. À ce jour, aucun des deux fabricants n'est parvenu à conclure un partenariat avec des compagnies de chemin de fer afin d'effectuer les essais sur le terrain requis pour obtenir l'approbation inconditionnelle de l'AAR.

TC entreprendra une série de mesures destinées à évaluer la technologie APB, y compris des essais par temps froid. Plus précisément, TC s'est engagé à évaluer les répercussions de la technologie APB sur la sécurité en faisant appel à un expert-conseil, le Volpe National Transportation Systems Center, pour évaluer l'efficacité de la technologie, son exploitabilité dans diverses conditions météorologiques, les facteurs de mise en œuvre et les approches réglementaires recommandées. Le rapport final devrait être terminé en mars 2023. De plus, entre septembre 2022 et mars 2023, TC effectuera des essais en chambre froide en laboratoire de la technologie APB et testera également le rendement des freins à air par temps froid. Enfin, entre septembre 2022 et juin 2023, TC formera un groupe de travail avec les compagnies de chemin de fer pour examiner les paramètres de conception et de sécurité de la technologie APB, y compris l'étude d'options permettant de mettre à l'essai la technologie dans des conditions d'exploitation sécuritaires.

Le Bureau juge encourageant le fait que TC reconnaisse et admet que les mouvements incontrôlés de matériel ferroviaire peuvent créer des situations à haut risque qui peuvent avoir des conséquences catastrophiques. TC reconnaît également que le maintien de la sécurité dans un système de transport complexe nécessite plusieurs couches de sécurité, y compris des moyens de défense physiques supplémentaires comme les APB. À cette fin, TC a établi un plan pour évaluer la technologie APB, tester son efficacité par temps froid et évaluer les défis de sa mise en œuvre, s'il y a lieu. Toutefois, l'engagement de réaliser des essais sur le terrain et de mettre en œuvre la technologie APB est tributaire des résultats des mesures prévues par TC, dont la

⁶ La technologie APB de New York Air Brake a été introduite en 2006 pour Wabash National Road-Railer. Plus de 3500 unités étaient en service. Cependant, l'AAR ne reconnaît pas le Road-Railer comme un wagon de marchandises aux fins de satisfaire aux exigences des essais sur le terrain.

consultation des compagnies de chemin de fer visant à étudier les paramètres de conception et de sécurité associés à cette technologie. Par conséquent, le Bureau estime que la réponse de TC dénote une **attention en partie satisfaisante**.

État du dossier

Le BST surveillera les progrès que TC accomplit à l'égard de ses mesures planifiées.

Le présent dossier est **actif**.