



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	Mars 2024
Date de la dernière évaluation	Avril 2024
Évaluation de la dernière réponse	Attention en partie satisfaisante
État du dossier	Actif

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 roulant ferroviaire. Ils sont serrés à la main en faisant tourner le volant de frein à main. Cela

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.

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

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'Association of American Railroads. 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 détaillé des dessins techniques et des spécifications de la technologie, des essais cycliques et environnementaux en laboratoire et des essais sur le terrain.

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 ».

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 reconnaît 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 consultation des compagnies de chemin de fer visant à étudier les paramètres de conception et

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.

de sécurité associés à cette technologie. Par conséquent, le Bureau estime que la réponse de TC dénote une **attention en partie satisfaisante**.

Réponse et évaluation les plus récentes

Décembre 2023 : Réponse de Transports Canada

Transports Canada a investi des ressources considérables pour évaluer rigoureusement l'état de préparation des freins d'immobilisation en stationnement (APB), leur efficacité et leurs répercussions sur la sécurité en 2022/2023, en particulier dans des scénarios de temps froid, afin d'évaluer la sécurité des opérations au Canada⁷.

Transports Canada reconnaît que la technologie joue un rôle essentiel dans la sécurité du système de transport. Toutefois, il est essentiel de reconnaître que ce ne sont pas toutes les avancées technologiques qui sont pleinement matures et prêtes à être mises en œuvre. Il est important de tenir compte du facteur de l'état de préparation avant de chercher à mettre en œuvre et à exploiter une technologie, car il a une incidence directe sur le succès et l'efficacité escomptés.

Pour évaluer l'efficacité des APB et leurs répercussions sur la sécurité, Transports Canada a conclu deux contrats, le premier étant avec une société de conseils en recherche, le Volpe National Transportation Systems Center. Dans le rapport final qu'elle a présenté à Transports Canada en août 2023, la société de conseils soulignait que les technologies APB ne sont pas suffisamment avancées pour être mises en œuvre à l'heure actuelle. Le rapport mettait en évidence plusieurs défis, dont le manque de normalisation et l'absence d'une plateforme technologique pleinement mature. Ces conclusions révèlent qu'il faut poursuivre le développement pour s'assurer que les APB peuvent fonctionner de manière uniforme et fiable dans divers scénarios du monde réel. Il est évident que l'utilisation des APB à ce stade pourrait exposer le réseau ferroviaire canadien à des risques inutiles et à des préoccupations liées à la sécurité.

Le deuxième accord de recherche et d'essais de Transports Canada était centré sur l'évaluation des répercussions des APB pour la sécurité par temps froid et sur la validation de la performance des prototypes de systèmes APB. Les premiers essais ont été réalisés par le Conseil national de recherches Canada (CNRC) dans une disposition de circuit de freins à air simulé sur un système APB équipé d'instruments. La première série d'essais du CNRC a révélé une réduction considérable de l'effort de freinage lors d'essais simulés de freins équipés d'APB, ce qui indique un potentiel manque de fiabilité et de performance dans la technologie. Les observations rapportées lors d'essais menés plus récemment par le CNRC sur un système APB installé sur un wagon semblent indiquer de meilleures mesures de l'effort à la semelle de frein

⁷ Les réponses présentées sont celles des intervenants du BST dans le cadre de communications écrites et sont reproduites intégralement. Le BST corrige sans indiquer les erreurs typographiques et les problèmes d'accessibilité dans le contenu qu'il reproduit, mais utilise des crochets [] pour indiquer d'autres changements ou montrer qu'une partie de la réponse a été omise parce qu'elle n'était pas pertinente

que les mesures effectuées lors des premiers essais. Une analyse complète des données d'essai les plus récentes est en cours de traitement et devrait être communiquée aux intervenants au printemps 2024. Il faut envisager des essais dans des conditions réelles et davantage de consultations avec d'autres fabricants d'APB pour garantir une mise en œuvre sécuritaire des technologies APB au Canada. Il est important de s'assurer que les APB sont capables de fournir un rendement optimal de façon uniforme avant de les intégrer dans un environnement opérationnel. D'autres activités d'essai sont présentement en cours avec le CNRC pour vérifier les effets du temps froid sur les circuits de freins à air conventionnels.

En 2022, un groupe de travail a été mis sur pied avec les compagnies de chemin de fer pour étudier les conceptions d'APB et explorer des approches sécuritaires en matière d'essais et de mise en œuvre. Le groupe de travail s'est réuni sept fois en tout.

Bien que TC comprenne la recommandation R22-02 d'adopter les APB pour améliorer la sécurité dans l'industrie ferroviaire, l'état de préparation et la disponibilité actuels des APB, conjointement avec les défis relevés lors des travaux de recherche, donnent à penser que les fabricants doivent poursuivre leurs travaux de mise au point et d'essais. La faisabilité du déploiement de cette technologie serait évaluée en fonction de l'état d'avancement des essais et de la recherche, alors que Transports Canada cherche à comprendre l'état de préparation, la disponibilité et la fonctionnalité de la technologie APB, ainsi que sa capacité à atténuer les mouvements non contrôlés du matériel ferroviaire, y compris par temps froid.

TC continuera de surveiller activement l'état d'avancement et la mise au point des APB. Ce faisant, nous pourrions rester informés des avancées et nous assurer qu'elles concordent avec le résultat souhaité de la recommandation. Cette approche permet d'atténuer les risques potentiels associés à une mise en œuvre prématurée et de maximiser les chances de déploiement réussi des APB. Entre-temps, et jusqu'à ce que la technologie soit éprouvée, le Ministère continue de travailler sur d'autres mesures relatives à la performance des freins à air et à l'immobilisation en terrain montagneux, comme l'approbation récente des modifications au *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des freins sur les trains de marchandises et de voyageurs*.

Janvier 2024 : Réponse de l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC)

L'industrie a participé au groupe de travail sur les APB établi avec TC. Des rapports ont été présentés et examinés par le groupe de travail, tant de la part du CNRC que du Volpe Center. Un participant important de l'industrie ferroviaire a effectué des essais limités d'APB sur le terrain, qui ont brusquement été interrompus en raison des préoccupations liées à la sécurité découlant des APB, d'après les résultats des essais en laboratoire du CNRC.

La recommandation ne semble être fondée ni sur des évaluations de l'état de préparation des APB, ni sur leur efficacité en tant que niveau de défense physique, ni sur leur viabilité au sein du système ferroviaire complexe de l'Amérique du Nord.

Il est évident que les APB ne sont pas près d'être une technologie efficace, viable, disponible ou sécuritaire pour les opérations ferroviaires de transport de marchandises.

Le 20 décembre 2023, TC a informé l'industrie de ce qui suit [traduction] :

« Même si les travaux de recherche et l'évaluation préliminaires de TC ont indiqué que les technologies APB ne sont pas prêtes à être déployées, nous jugeons que les travaux de recherche futurs devraient inclure des essais sur voie et l'installation d'APB sur des wagons dans le but d'évaluer en profondeur l'état de préparation de la technologie. »

À titre d'information, Sécurité ferroviaire a terminé son volet de recherche et d'essais, et les progrès futurs seraient dirigés par le Centre d'innovation de TC, qui recevrait au besoin le soutien de Sécurité ferroviaire. »

Ainsi, R22-02 devrait être fermée.

Mars 2024 : Réponse de Wabtec

Compte tenu de l'état des réponses de TC et de l'ACFC, le BST s'est adressé à un fabricant d'APB disponibles sur le marché pour une mise à jour sur sa technologie APB afin de mieux comprendre où il en est en ce qui concerne l'obtention de l'approbation inconditionnelle de l'AAR.

Frein d'immobilisation en stationnement (APB) de Wabtec – Échéancier sommaire

- 12/2018 – Achèvement de la conception détaillée du produit
- 12/2019 – Essai de l'effort à la semelle sur le terrain à CSX (Cumberland, Maryland)
- 02/2020 – Demande d'approbation conditionnelle de l'APB par l'AAR
- 09/2021 – Achèvement et publication de la conception de l'APB
- 10/2022 – Installation pour l'essai sur le terrain du CN (dispositifs 4x)
- 12/2022 – Évaluation par TC et le CNRC – 1^{re} ronde (un dispositif)
- 03/2023 – Évaluation par TC et le CNRC – 2^e ronde (deux dispositifs)
- 10/2023 – Évaluation du dispositif retourné par le CNRC (APB2)
- 12/2023 – Essai de l'effort à la semelle sur le terrain à Curry Rail (Holidaysburg, Pennsylvanie) avec l'APB2
- 02/2024 – Observation d'essais sur wagon de l'APB1 au CNRC

Résumé de l'APB de Wabtec

Le concept d'APB de Wabtec est en cours de développement depuis plus de six ans. La conception a suivi une grande partie de notre cadre de développement de produits (une méthodologie normalisée pour les projets de recherche et développement, y compris les itérations de conception, les examens de conception, la vérification et la validation), à un point tel que la conception a évolué vers ce que l'on estime être bien au-delà de la phase de prototype et qu'elle est apte à être évaluée par l'industrie.

L'APB de Wabtec a été validé conformément aux spécifications applicables de l'AAR, comme suit :

- Norme S-400 de l'AAR (Figure 8.2) : Diamètre intérieur de la tige creuse, trous de montage et dimensions de l'enveloppe.
- Norme S-4004 de l'AAR (essais de performance) :
 - Essai de l'effort (section 3; -40/RT/150 °F)
 - Essais de fuite (section 3; -40/RT/150 °F)
 - Essais de vibration (section 4)
 - Essais de cycle (section 5)

L'APB de Wabtec a également été validé au-delà des spécifications AAR ci-dessus, conformément aux lignes directrices internes :

- Banc d'essai sur wagon individuel – Serrages simulés (-40/RT/150 °F)
- Puissance de l'effort et maintien de l'effort
- Essais d'endurance et de validation
- Sur wagon – Serrages et effort à la semelle

D'après ces validations réussies et des essais sur wagon documentés, on estime que l'APB actuel est prêt à être évalué dans le cadre d'autres essais sur le terrain. Plus précisément, on espère que les essais sur wagon de l'APB que le CNRC a récemment menés avec succès entraîneront la reprise des essais de l'APB sur le terrain par le CN. La mise en service effective de cette technologie permettra d'évaluer la durabilité de la conception et d'obtenir des renseignements précieux sur l'exploitation des wagons équipés de l'APB. De plus, les essais de l'APB à MxV Rail devraient commencer en mai.

L'APB de Wabtec apportera des avantages pour l'exploitation et la sécurité :

- L'APB se serre après que la pression dans la conduite générale descend en bas de 20 psi et maintient l'effort à la semelle développé après un serrage d'urgence au cas où la pression du cylindre de frein diminuerait en raison d'une fuite.
- Le serrage de l'APB à la suite d'un serrage d'urgence intempestif, d'une séparation des tuyaux ou d'un serrage d'urgence intentionnel permet d'immobiliser les wagons afin de procéder à une évaluation approfondie de la situation, évitant ainsi une possible situation d'urgence critique où des mesures correctives s'imposeraient.
- Le robinet de la commande pneumatique de l'APB – isolation de la pression dans la conduite générale de l'APB – permet de maintenir l'effort à la semelle pendant que le circuit de freins se rétablit.
- Le robinet de la commande pneumatique de l'APB – l'accès depuis le sol remplace le besoin de serrer les freins à main, éliminant ainsi la tâche physique exigeante de serrage et desserrage des freins à main.
- Un frein d'immobilisation en stationnement est considéré comme une amélioration importante du circuit de freins pour empêcher les mouvements non contrôlés. La

fonctionnalité de base d'un frein de stationnement devient encore plus importante sous l'angle de l'exploitation autonome des trains.

Commentaires liés à l'évaluation de deux APB par le CNRC (Conseil national de recherches Canada) :

Dans une lettre et un rapport datés du 27 février 2024, Wabtec a fourni un rapport détaillé au CNRC; le tout a ensuite été envoyé au BST. Voici un résumé des grandes lignes de ce rapport :

L'APB2 a été envoyé au CNRC à des fins d'essai le 20 janvier 2023. Au cours des essais de performance, le CNRC a observé que l'APB2 produisait occasionnellement une faible puissance d'effort. Le dispositif a été réexpédié à Wabtec pour une évaluation approfondie (Wabtec l'a reçu le 19 octobre 2023). L'APB2 a été soumis à des essais dans l'état où il avait été reçu du CNRC.

Wabtec a été incapable de reproduire les résultats consignés dans le rapport du CNRC.

Le cylindre de l'APB2 retourné s'est avéré être conforme aux exigences de puissance d'effort prévues dans la spécification de la norme S-4004 de l'AAR.

Une comparaison directe de la puissance de l'effort entre un cylindre ABU standard et le cylindre APB2 retourné démontre que la puissance de l'effort de l'APB2 est d'au plus 4 % inférieure, sans simulation avec ressorts et timonerie.

Les essais réalisés avec la configuration de simulation avec ressorts et timonerie de Wabtec sur l'APB2 affichent 107 % à 149 % de la puissance plus faible mesurée par le CNRC sur le cylindre APB2. On croit que le dispositif d'essai du CNRC, simulant la timonerie d'un wagon, peut avoir contribué à la disparité consignée dans les mesures de la puissance de l'effort effectuées lors de la simulation avec ressorts et timonerie du cylindre de l'APB2.

De par sa conception, la cible de maintien de puissance de l'APB consiste à maintenir plus de 80 % de l'effort à la semelle générée par un freinage d'urgence. Le cylindre de l'APB2 retourné a maintenu plus de 80 % de l'effort dans toutes les conditions d'essai.

Les données préliminaires découlant des essais récemment effectués par le CNRC avec l'APB1 démontrent que le frein d'immobilisation en stationnement a produit plus de 90 % de la source de semelle non exploitée générée par le cylindre ABU standard. Ces essais ont été effectués en février 2024 sur un wagon-trémie couvert de 100 tonnes (AVL 003) dans les installations du CNRC (Ottawa, Ontario). Les essais ont été réalisés à l'intérieur et à l'extérieur (température approximative de 15 °F). Ces données semblent corroborer elles aussi les essais internes de Wabtec et les essais sur wagon effectués à Curry Rail.

Comme toujours, Wabtec continuera à aider les organismes de réglementation et les intervenants de l'industrie à développer de nouvelles technologies qui améliorent la sécurité des opérations.

Avril 2024 : Évaluation de la réponse par le BST (attention en partie satisfaisante)

En 2022-2023, Transports Canada (TC) a conclu 2 contrats, un avec le Volpe National Transportation Systems Center (Volpe) et l'autre avec le Conseil national de recherches Canada (CNRC), pour évaluer l'état de préparation, l'efficacité et les conséquences pour la sécurité de la technologie du frein d'immobilisation en stationnement (APB), surtout dans les scénarios par temps froid au Canada.

TC a aussi indiqué qu'un groupe de travail avait été mis sur pied avec les compagnies de chemin de fer pour étudier les paramètres de conception et de sécurité de la technologie APB. Le groupe de travail s'est réuni sept fois en tout. TC a informé l'industrie de la recommandation du BST et a tenu des discussions sur la technologie APB, mais n'est pas parvenu à trouver de chemin de fer partenaire disposé à collaborer avec les fabricants de la technologie APB en vue d'obtenir l'approbation inconditionnelle de l'Association of American Railroads (AAR)⁸.

Dans le rapport final qu'il a présenté à TC en août 2023, le Volpe a souligné que la technologie APB n'est pas suffisamment avancée pour être mise en œuvre à l'heure actuelle. Le Volpe a aussi insisté sur le fait qu'il faut poursuivre les travaux de mise au point pour s'assurer que les APB peuvent fonctionner de manière uniforme et fiable dans divers scénarios du monde réel.

Les essais réalisés par le CNRC pour le compte de TC en 2023 portaient sur l'évaluation des répercussions de la technologie APB sur la sécurité par temps froid. Cependant, les essais réalisés par le CNRC ont révélé une réduction considérable de l'effort de freinage lors des essais de freinage utilisant la technologie APB à l'aide d'un dispositif APB équipé d'instruments et fabriqué par Wabtec. La technologie APB recourt à l'utilisation d'un levier mécanique auquel la température ambiante ne nuit pas, comme l'ont démontré les essais du fabricant. De par sa conception, un APB, une fois activé, maintient un effort de freinage, quelle que soit la température de l'air ambiant jusqu'à ce que la pression dans la conduite générale augmente et que le levier mécanique soit relâché. Le BST fait remarquer que les essais réalisés par le CNRC comprenaient l'utilisation d'un circuit de freinage à air simulé (c.-à-d. un banc d'essai) qui n'avait pas fait l'objet d'une approbation par le fabricant de la technologie APB (Wabtec) et qui a probablement donné lieu à des résultats non valides et à des conclusions erronées sur l'efficacité de la performance du dispositif APB.

Le dispositif APB mis à l'essai par le CNRC a ensuite été réexpédié à Wabtec aux fins d'évaluation. Wabtec n'a relevé aucun problème dans le dispositif et n'a pas été en mesure de reproduire les résultats obtenus par les essais du CNRC en utilisant le banc d'essai. Les essais

⁸ La technologie APB développée par Wabtec et évaluée par le CNRC a reçu l'approbation conditionnelle de l'AAR. Pour obtenir l'approbation inconditionnelle de l'AAR, et donc permettre que la technologie puisse être utilisée par les chemins de fer en service opérationnel, les fabricants de la technologie APB doivent avoir des partenaires de l'industrie qui acceptent de mettre à l'essai la nouvelle technologie en service pendant une période précise et dans un large éventail d'applications et de situations afin de démontrer qu'elle est appropriée pour une utilisation à long terme.

réalisés par Wabtec ont révélé que le dispositif APB fonctionnait comme prévu, en maintenant l'effort de freinage souhaité.

À la suite des essais initiaux, le CNRC, au nom de TC, a effectué d'autres essais d'APB en février 2024 en utilisant un wagon-trémie couvert chargé de 100 tonnes dans les installations du CNRC à Ottawa (Ontario). Les essais ont été réalisés à l'intérieur et à l'extérieur (à une température approximative de -9°C). Les données préliminaires démontrent que le dispositif APB a produit de meilleures mesures de l'effort aux semelles de frein que lors des premiers essais réalisés par le CNRC et que les résultats sont similaires à ceux que Wabtec a rapportés lors de ses essais.

La technologie APB de Wabtec est en développement depuis plus de six ans. Wabtec soutient que la conception a évolué au-delà de la phase de prototype, ayant reçu l'approbation conditionnelle de l'AAR et ayant réalisé de nombreux essais avec succès, et qu'elle est prête à être évaluée par l'industrie dans un environnement opérationnel.

Entre-temps, TC continue de compter sur les améliorations apportées à son cadre réglementaire pour aborder la question de la performance des freins à air et de l'immobilisation des trains en terrain montagneux, comme l'approbation des modifications au *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des freins sur les trains de marchandises et de voyageurs* le 29 septembre 2023, qui entreront en vigueur le 1^{er} décembre 2025. Ces étapes franchies sont positives et devraient améliorer la sécurité. Cependant, comme indiqué dans le préambule de la recommandation, les essais menés par le BST dans le cadre de l'enquête R19C0015 ont démontré que le serrage des freins à main exigé par la règle 66 du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REFC) pourrait être insuffisant pour immobiliser un train dans de nombreuses circonstances, notamment en raison des limites de la performance humaine, entraînant des valeurs de couple minimales plus basses que prévu. Les faits qui précèdent démontrent la nécessité de disposer de dispositifs de sécurité matériels tels que la technologie APB pour renforcer la sécurité et empêcher les mouvements non contrôlés du matériel roulant ferroviaire.

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. Les initiatives lancées à ce jour par TC visaient à évaluer l'état de préparation de la technologie APB, son efficacité et ses répercussions sur la sécurité pour veiller à ce que la technologie APB soit en mesure de fonctionner comme prévu avant d'être intégrée dans un environnement d'exploitation. Toutefois, à moins que TC ne prenne des mesures pour planifier d'autres essais de cette technologie dans un environnement opérationnel, il est peu probable que l'industrie ferroviaire canadienne se porte volontaire pour s'associer aux fabricants d'APB afin de procéder à l'essai de cette technologie en service en vue d'obtenir l'approbation inconditionnelle de l'AAR. TC a indiqué qu'au cours de la prochaine année, ses recherches seraient axées sur les essais des APB, en plus des essais sur les répercussions du temps froid sur les circuits de freins à air conventionnels. Par conséquent, le Bureau estime que la réponse de TC à la recommandation R22-02 dénote une **attention en partie satisfaisante**.

État du dossier

Le BST surveillera les progrès réalisés par TC et l'industrie au chapitre du développement de la technologie APB.

Le présent dossier est **actif**.