

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE

R02C0050

DÉRAILLEMENT

DU TRAIN NUMÉRO A-442-51-08

DU CANADIEN NATIONAL

AU POINT MILLIAIRE 52,1, SUBDIVISION CAMROSE

PRÈS DE CAMROSE (ALBERTA)

LE 8 JUILLET 2002

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement

du train numéro A-442-51-08
du Canadien National
au point milliaire 52,1, subdivision Camrose
près de Camrose (Alberta)
le 8 juillet 2002

Rapport numéro R02C0050

Sommaire

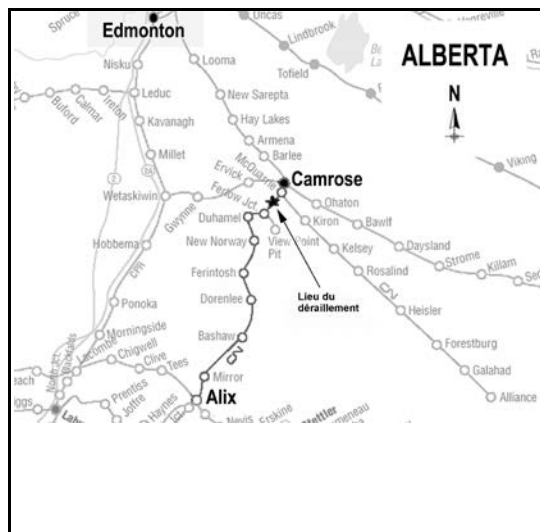
Le 8 juillet 2002, à 13 h 28, heure avancée des Rocheuses, 2 locomotives et 13 wagons du train de marchandises A-442-51-08 en direction sud du Canadien National ont déraillé au point milliaire 52,1 de la subdivision Camrose, près de Camrose (Alberta). L'accident n'a pas causé de déversement de marchandises dangereuses. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

1.0 Autres renseignements de base

1.1 L'accident

Le 8 juillet 2002, le train de marchandises A-442-51-08 (le train) du Canadien National (CN) part d'Edmonton (Alberta) à destination de Calgary (Alberta) vers 10 h 40, heure avancée des Rocheuses (HAR)¹. La figure 1 montre une carte du secteur. Le train se compose de 146 wagons chargés, de 6 wagons vides et de 2 wagons-citernes contenant des résidus de gaz de pétrole liquéfié (UN 1075). Le groupe de traction est constitué de trois locomotives de traction, en l'occurrence des locomotives General Motors (GM) de modèles SD60, SD70 et SD75 respectivement, disposant toutes les trois du freinage rhéostatique à effet prolongé. Le train compte aussi deux locomotives GM isolées de modèle GP 9, qui suivent les locomotives de traction. Le train pèse 17 201 tonnes et mesure 9 708 pieds. Le train passe devant deux détecteurs de boîtes chaudes et de pièces traînantes en cours de route, lesquels ne signalent aucune anomalie. Les deux locomotives isolées ne sont pas munies d'attelages à dispositif de centrage².



¹ Toutes les heures sont exprimées en HAR (temps universel coordonné moins six heures).

² Les attelages à dispositif de centrage, dont la plupart des locomotives sont équipées, n'autorisent qu'un mouvement latéral limité quand le train est soumis à des forces de compression longitudinales. Il s'ensuit que les forces latérales transmises à la voie du fait des forces longitudinales sont réduites et que le risque de déraillement est réduit d'autant. Les spécifications des fabricants indiquent que, si le train est soumis à un effort de compression, les attelages à dispositif de centrage peuvent limiter à huit degrés l'angle du bras d'attelage, alors qu'avec les attelages sans dispositif de centrage, l'angle peut atteindre 19 degrés, ce qui accroît le décalage des attelages entre les locomotives et les wagons.

Le temps est clair et calme et la température est de 20 °C. Alors qu'il aborde une courbe de six degrés au point milliaire 52,1 de la subdivision Camrose, le train descend une pente de 0,7 %. Le frein rhéostatique³ des trois locomotives de tête est actionné et limite la vitesse du train à 25 mi/h. Toutes les forces exercées dans le train sont équilibrées.

Bien que ce renseignement ne soit pas enregistré par le consignateur d'événements, on a déterminé que le frein rhéostatique génère un effort retardateur de plus de 600 ampères⁴.

À 13 h 28, pendant que les locomotives roulent dans la courbe, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale se déclenche. Les deux wagons-trémies couverts placés immédiatement derrière le groupe de traction déraillent du côté haut de la courbe alors que les deux locomotives menées déraillent mais restent à la verticale.

Un wagon plat vide passe à côté des wagons-trémies couverts, se met en portefeuille en travers de la voie et heurte la locomotive menée.

Après avoir pris les mesures d'urgence nécessaires, l'équipe constate que le bogie arrière de la quatrième locomotive, la cinquième locomotive, deux wagons-trémies couverts vides, cinq wagons plats intermodaux chargés et six wagons intermodaux à plates-formes multiples (19 plates-formes)⁵ ont déraillé. À l'endroit où les deux wagons-trémies couverts vides ont déraillé, du côté haut de la courbe, le rail est s'est renversé du côté extérieur et le rail ouest est resté à la verticale, mais non retenu au sol, sur une distance de quelque 250 pieds. Les deux rails se sont renversés du côté extérieur sous la cinquième locomotive (CN 7271) et le bogie arrière de la quatrième locomotive (CN 7036). Au total, le déraillement a affecté 900 pieds de voie, des wagons ayant déraillé du côté haut de la courbe ou s'étant mis en portefeuille en travers de la voie. Les derniers wagons déraillés transportaient deux conteneurs chargés de marchandises dangereuses, mais il n'y a pas eu de fuite.

1.2 Renseignements consignés

Le consignateur d'événements de la locomotive de tête, CN 5687, indique que le train a été en mode de freinage rhéostatique à une vitesse constante de 25 mi/h pendant environ cinq minutes (deux milles). Les freins à air n'étaient pas serrés. Entre 13 h 28 min 26 s et 13 h 28 min 28 s, la vitesse du train a diminué de 7 mi/h, passant de 25 mi/h à 18 mi/h, et la pression dans la conduite générale est passée de 84 à 14 livres au pouce carré (lb/po²), ce qui correspond à un serrage d'urgence des freins du train. Le frein direct a été serré deux secondes plus tard, à 13 h 28 min 30 s. Les locomotives se sont immobilisées après 22 secondes, à 13 h 28 min 50 s, ayant parcouru 250 pieds après le serrage d'urgence des freins.

³ Le frein rhéostatique est un système électrique de freinage de la locomotive qui utilise les moteurs de traction pour freiner les essieux moteurs de la locomotive. De l'énergie est produite sous forme d'électricité et est dissipée sous forme de chaleur par l'entremise des résistances du système de freinage rhéostatique. Ce frein peut fonctionner isolément ou peut être combiné au circuit de freinage à air du train.

⁴ Rapport LP 114/2002 du Laboratoire technique du BST, section 3.0, « Calculation of DB and Longitudinal Force ».

⁵ Un wagon à plates-formes multiples est un wagon intermodal portant au moins deux plates-formes qui sont munies d'un jeu de bogies intérieurs ou qui sont reliées entre elles par des bras d'attelage rigides.

Même si le consignateur d'événements était conforme aux exigences de la réglementation existante, il n'enregistrait pas les données sur la queue du train, sur l'accélération des locomotives ou sur le niveau de freinage rhéostatique. Certains modèles de consignateurs d'événements fournissent cette information⁶.

1.3 *Dommages au matériel roulant et à la voie*

Les deux locomotives qui ont déraillé ont subi des dommages mineurs. Les wagons déraillés ont tous été détruits. La voie ferrée a été détruite sur une distance d'environ 860 pieds.

1.4 *Renseignements sur l'équipe*

L'équipe du train se composait d'un chef de train et d'un mécanicien, lesquels répondaient aux exigences de leurs postes respectifs et satisfaisaient aux exigences en matière de repos et de condition physique. Le train était le plus long et le plus lourd que l'équipe avait jamais conduit dans cette subdivision.

1.5 *Voie ferrée*

Dans la subdivision Camrose, la voie principale est simple et elle va d'Edmonton (Alberta), point milliaire 0,0, à Mirror (Alberta), point milliaire 95,1. La circulation des trains est régie par la régulation de l'occupation de la voie, en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et elle est surveillée par un contrôleur de la circulation ferroviaire posté à Edmonton. La vitesse maximale autorisée pour les trains de marchandises entre le point milliaire 49,2 et le point milliaire 58,4 était de 25 mi/h.

Dans le secteur où le déraillement a eu lieu, la voie était faite de longs rails soudés de 115 livres qui reposaient sur des selles à double épaulement et qui étaient retenus aux traverses de bois dur par deux crampons auxiliaires et par deux crampons de maintien de l'écartement à chaque selle de rail. Les rails étaient encadrés par des anticheminants à toutes les deux traverses. Le ballast était constitué de pierre concassée, les cases étaient garnies et les banquettes mesuraient 16 pouces. Dans le sens d'avancement du train, la voie descendait une pente de 0,7 % et décrivait une courbe de six degrés vers la gauche. La voie était en bon état et elle était conforme aux exigences des circulaires sur les méthodes normalisées du CN et à celles du *Règlement sur la sécurité de la voie* approuvé par Transports Canada.

Une voiture de détection des défauts de rails a inspecté la voie le 31 mai 2002 et n'a décelé aucun défaut interne. La voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie du CN a contrôlé le secteur le 10 juin 2002, et n'a relevé aucun défaut nécessitant des réparations prioritaires ou urgentes à cette occasion. Vers 9 h le 8 juillet 2002, le contremaître d'entretien de la voie a fait une inspection visuelle de la voie dans le secteur du déraillement et n'a pas relevé d'anomalie.

⁶ Les spécifications des consignateurs d'événements sont établies par l'acheteur du système. L'enregistrement de données plus détaillées, comme l'accélération des locomotives, le niveau de freinage rhéostatique et les données sur la queue du train, est une fonction facultative.

1.6 *Contrôle de la vitesse du train*

On utilise la manette des gaz, le circuit de freins à air du train et le système de freinage rhéostatique des locomotives pour régler la vitesse des trains. Le circuit de freinage à air est le système principal à sécurité intégrée, conçu pour faire ralentir ou arrêter le train grâce au serrage des freins à air des locomotives et de tous les wagons du train. L'utilisation appropriée des freins à air permet une répartition plus uniforme de la force de ralentissement sur toute la longueur du train.

Le système de freinage rhéostatique des locomotives crée une force de ralentissement qui n'est appliquée que par les locomotives. Cette force est transmise à chaque wagon, de l'avant à l'arrière du train. Le freinage rhéostatique est un système de freinage supplémentaire qui permet de régler la vitesse lorsqu'on descend une longue pente. Le freinage rhéostatique peut être combiné au serrage des freins à air quand la force de freinage rhéostatique est insuffisante pour limiter la vitesse. L'usage du frein rhéostatique est reconnu comme étant un moyen de freinage économique. Donc, les mécaniciens sont encouragés à l'utiliser chaque fois qu'il est possible de le faire. Rien n'indique que le frein rhéostatique de l'une ou l'autre des trois locomotives ne fonctionnait pas.

1.7 *Forces exercées dans le train*

Des forces de compression longitudinales s'exercent quand un effort de freinage s'exerce à partir de la tête du train au cours du freinage rhéostatique. Quand il n'y a ni accélération ni décélération, les forces de compression sont proportionnelles à la vitesse acquise du train. Quand le matériel roule sur une voie en alignement droit et que les attelages restent alignés, les forces de compression longitudinales sont transmises d'un wagon au wagon suivant le long de l'axe central des wagons, en passant par les attelages. De par sa conception, la structure de la voie comporte un dévers dans les courbes, qui fait en sorte que les forces exercées dans le train restent près de l'axe central des wagons, au-dessus du centre de la voie. Toutefois, quand le matériel roule dans une courbe, chaque attelage forme un angle par rapport à l'axe central des wagons, ce qui fait qu'un effort latéral s'exerce perpendiculairement au rail à la hauteur des roues.

Quand un train est soumis à un effort de compression dans une courbe, les caisses des wagons et les attelages sont soit alignés d'un côté, soit en position de mise en portefeuille⁷ (voir la figure 6). On dit que la caisse d'un wagon est alignée d'un côté quand les deux bogies du wagon sont en appui contre le même rail, soit le rail du côté haut ou celui du côté bas de la courbe, tandis que la caisse est dite en position de mise en portefeuille quand les deux bogies du wagon s'appuient contre des rails opposés. Dans le cas de deux attelages, on dit qu'ils sont alignés d'un même côté quand le bogie arrière d'un wagon et le bogie avant du wagon adjacent prennent appui sur le même rail, que ce soit le rail du côté haut ou celui du côté bas, alors que deux attelages sont en position de mise en portefeuille quand les deux bogies prennent appui sur des rails opposés. Dans les deux cas de mise en portefeuille, l'axe central de la caisse du wagon n'est pas parallèle à l'axe central de la voie.

Lorsque les attelages sont en position de mise en portefeuille, l'angle des barres d'attelage est plus prononcé que lorsque les caisses des wagons sont en position de mise en portefeuille, étant donné que la distance entre les points d'articulation est beaucoup plus réduite. Quand des attelages soumis à des forces de compression se trouvent en position de mise en portefeuille, l'angle du bras d'attelage fait l'objet de contraintes dues au dispositif de centrage des attelages et à la tension exercée par les roues contre les rails. Une telle transformation

⁷ Les caisses des wagons adjacents tendent à se replier les unes contre les autres, un peu comme un portefeuille, quand les wagons sont soumis à des forces de compression des attelages. Les attelages atteignent alors l'angle maximal permis par le pylône de choc.

d'une force longitudinale en un effort latéral peut causer un déplacement de la voie à l'endroit où les bogies se trouvent et accentuer la tendance à la mise en portefeuille ainsi que l'angle des bras d'attelage. Seules la limitation de l'oscillation rendue possible par les attelages munis de dispositif de centrage ou de butées de traverse danseuse ou la résistance de la voie à la limite de son déplacement latéral peuvent limiter l'accentuation de l'angle des bras d'attelage. Un déraillement consécutif au chevauchement du rail, au renversement de wagons ou au renversement du rail peut s'ensuivre.

1.8 *Instructions d'exploitation de la compagnie*

Les renvois ci-après, tirés du *Locomotive Engineer Operating Manual* (manuel d'exploitation à l'intention des mécaniciens) et des Instructions générales d'exploitation (IGE) du CN, portent sur le contrôle de la vitesse des trains grâce au freinage rhéostatique.

La section F7.4.1 du *Locomotive Engineer Operating Manual* stipule que :

[Traduction]

Dans un groupe de traction de trois locomotives ou plus, les locomotives disposant d'une grande capacité de freinage rhéostatique devraient être limitées à un maximum de 500 ampères lorsque la tête du train entre dans un branchement, une liaison ou une courbe, et ce jusqu'à ce qu'au moins la moitié du train ait franchi le passage en question.

Voici un extrait de la section F7.4.2 du *Locomotive Engineer Operating Manual* :

[Traduction]

Cela s'avère particulièrement important quand on utilise uniquement le freinage rhéostatique pour contrôler la vitesse du train et quand le train est composé de wagons vides ou légers à l'avant et de wagons chargés et lourds à l'arrière.

Dans ces conditions, la combinaison d'une compression brusque des attelages et d'un passage dans une courbe peut occasionner des efforts latéraux considérables ou causer un déraillement ou des dommages à la structure de la voie.

À la section H1.1, article 5, du *Locomotive Engineer Operating Manual*, on lit notamment :

[Traduction]

On doit se servir le plus possible du freinage rhéostatique pour assurer l'effort de freinage initial. L'utilisation du frein rhéostatique réduit l'usure des pièces du matériel roulant ou leur cause moins de dommages, et elle permet en outre des économies de carburant.

Voici un extrait de la section H1.4 du *Locomotive Engineer Operating Manual* :

[Traduction]

La prudence s'impose quand on utilise le frein direct ou le frein rhéostatique pour faire ralentir ou immobiliser le train sans serrer les freins du train, surtout quand le groupe de traction compte trois locomotives ou plus.

La section 6.4 des IGE du CN stipule en partie :

Il faut faire preuve de beaucoup de prudence s'il est nécessaire de ralentir ou d'arrêter le mouvement avec les attelages comprimés, et tenir compte des caractéristiques de la voie (pente, courbes) ainsi que de la répartition du tonnage dans le train.

Les précautions ci-dessus sont très importantes, surtout quand :

- a) le groupe de locomotives comprend des locomotives non munies d'attelages à rappel dans l'axe;
- d) les wagons qui précèdent les locomotives sont vides ou qu'ils sont de longueur variable (wagons longs, wagons courts).

La section 6.8 a) des IGE du CN se lit comme il suit :

Lorsqu'on opère un freinage planifié et qu'une ou plusieurs locomotives du groupe possèdent un système de frein rhéostatique opérationnel, on doit se servir de ce moyen de freinage pour contrôler la vitesse du train.

À la section 6.8 b) des IGE du CN, on lit :

Les groupes de locomotives comptant trois locomotives ou plus dotées d'un système de frein rhéostatique peuvent produire un effort de freinage très puissant qu'il faut utiliser judicieusement dans les pentes, les courbes prononcées et les liaisons, ainsi qu'aux branchements.

Le mécanicien doit demeurer vigilant à ces endroits et s'assurer que l'effort du freinage n'est pas intense.

Le CN fournit à ses mécaniciens un guide sur les pratiques recommandées de conduite des trains (*Best Practices Train Handling Guide*) qui reflète les règles optimales de conduite des trains dans les subdivisions de son corridor principal, afin d'aider ses mécaniciens à choisir la meilleure façon de régler la vitesse des trains. Toutefois, pour la subdivision Camrose, on n'avait pas remis de guide de ce genre aux mécaniciens pour les aider dans la conduite des trains.

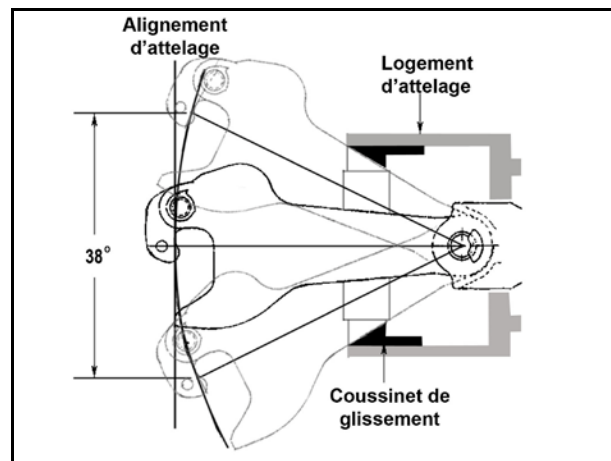
Le 10 juillet 2002, à la suite de l'événement à l'étude, le CN a émis le bulletin d'exploitation 129, intitulé *New Instruction: Yard Service Locomotives Handled on Trains* (nouvelle instruction relativement aux locomotives de manoeuvre intégrées à des trains). Le bulletin dresse la liste des locomotives sans attelages à dispositif de centrage et donne les consignes suivantes :

[Traduction]

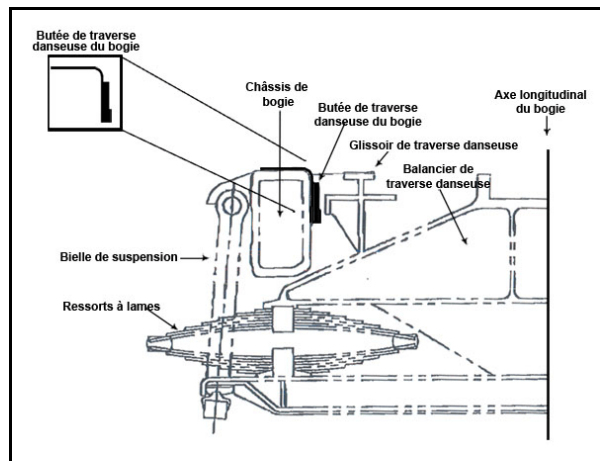
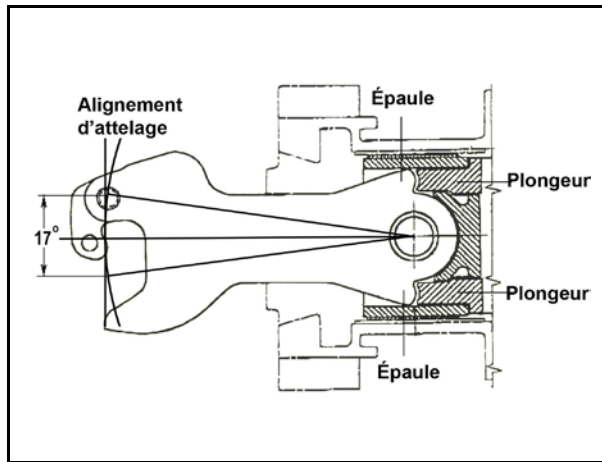
Quand l'une ou l'autre des locomotives énumérées dans la liste est affectée au service en ligne derrière le groupe de traction ET quand le tonnage remorqué est supérieur à 4 000 tonnes, aucune autre des locomotives figurant dans la liste ne doit être placée derrière la locomotive de commande, à quelque endroit que ce soit.

1.9 Pratiques en vigueur au CN quant au placement des locomotives

Le groupe de traction est parti de l'atelier diesel du triage Walker avec deux locomotives isolées qui étaient placées derrière les locomotives de commande. Ces deux locomotives isolées avaient fait l'objet de travaux d'entretien à l'atelier diesel du triage Walker, à Edmonton, et elles étaient régulièrement transférées au train 442 pour travailler au triage Sarcee, à Calgary. Les deux locomotives étaient des locomotives polyvalentes (GP 9) affectées au service marchandises, et servaient aux manoeuvres dans le triage et sur les voies industrielles. Ces deux locomotives n'étaient pas munies d'attelages à dispositif de centrage ou de butées de traverse danseuse⁸ (voir les figures 2, 3 et 4). Les locomotives sans attelages à dispositif de centrage ou de butées de traverse danseuse permettent un plus grand débattement des attelages dans les courbes serrées des triages et des voies industrielles. La formation du groupe de traction du train s'est faite conformément au *Locomotive Engineer Operating Manual* et aux IGE du CN, lesquels exigent que les locomotives isolées ou hors de service soient placées immédiatement derrière les locomotives de commande.



⁸ Les butées de traverse danseuse sont des blocs amovibles qui empêchent le mouvement latéral des traverses danseuses et limitent les mouvements latéraux de la caisse du wagon.



1.10 Pratiques de l'industrie quant à la formation des groupes de traction

L'Association of American Railroads (AAR), le fabricant des locomotives et d'autres compagnies ferroviaires recommandent les pratiques exposées ci-après pour éviter que des trains subissent des déraillements par mise en portefeuille lorsque le groupe de traction compte un ou des locomotives sans attelages à dispositif de centrage.

Voici un extrait d'un rapport de recherche de l'AAR portant sur la dynamique des trains aux fins de l'amélioration du rendement des trains de marchandises⁹, intitulé *Track Train Dynamics to Improve Freight Train Performance* :

[Traduction]

⁹ Association of American Railroads, *Track Train Dynamics to Improve Freight Train Performance*, AAR R-185, section 3, « Train Make-Up », article 3.4, « Motive Power », 3-9 (1979).

Afin d'atténuer les risques de mise en portefeuille, les locomotives sans attelages à dispositif de centrage ou autres dispositifs de prévention des mises en portefeuille, qui font partie d'un groupe de traction de plusieurs locomotives, devraient être placées, dans la mesure du possible, à au moins quatre locomotives du wagon le plus rapproché.

Dans un rapport ultérieur de l'AAR¹⁰, portant sur la formation des trains et intitulé *Train Make-up Manual*, on lit :

[Traduction]

Les locomotives sans attelages à dispositif de centrage peuvent poser des problèmes car elles ont tendance à se mettre en portefeuille si elles sont placées derrière d'autres locomotives capables de générer une force de freinage rhéostatique considérable.

En date du 26 octobre 1981, General Motors, fabricant des locomotives, a publié un recueil de conseils sur la conduite des locomotives, intitulé *Locomotive Pointers*, dans lequel on fait la recommandation suivante :

[Traduction]

Sur les locomotives équipées d'attelages à goupilles et sans dispositif de centrage, on doit appliquer les butées de traverse danseuse de façon que les locomotives puissent fonctionner dans un groupe de traction dans lequel des locomotives sont capables de générer un effort considérable de freinage rhéostatique (qui n'excède toutefois pas 200 000 livres).

On doit appliquer des butées de traverse danseuse sur les locomotives de types GP et « F » qui sont dépourvues de dispositif de centrage associé à leurs attelages à goupilles, avant que ces locomotives ne soient soumises aux forces de compression considérables consécutives à une application vigoureuse du frein rhéostatique.

Les présentes recommandations s'appliquent, peu importe que les locomotives de type GP ou « F » exercent une traction ou qu'elles soient isolées.

Pour prévenir la possibilité de mise en portefeuille des locomotives et des wagons voisins de la locomotive, les IGE du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP), à la section 15, article 5.3, préconisent les pratiques suivantes :

- a) Lorsque les première et/ou deuxième locomotives d'un groupe de traction sont dépourvues de dispositifs de centrage des attelages ou de butées de traverse danseuse et que toutes les autres en ont, la conduite n'est soumise à aucune instruction spéciale.
- b) Lorsque le groupe de traction comporte trois locomotives ou plus sans dispositifs de centrage des attelages ni butées de traverse danseuse, ces locomotives doivent être classées devant celles qui en sont équipées. Il faut éviter d'utiliser le frein direct dans les courbes.

¹⁰ Association of American Railroads, *Train Make-up Manual*, rapport n° R-802, section 8.2 (janvier 1992), page 45.

- c) Lorsque les locomotives sans dispositifs de centrage des attelages ni butées de traverse danseuse ne sont pas classées selon les instructions énoncées en a) ou b) ci-dessus, il faut éviter d'utiliser le frein rhéostatique ou le frein direct dans les courbes.

Voici un extrait des *Air Brake and Train Handling Rules*¹¹ (règles sur l'utilisation des freins à air et la conduite des trains) de la Burlington Northern Santa Fe Railroad :

[Traduction]

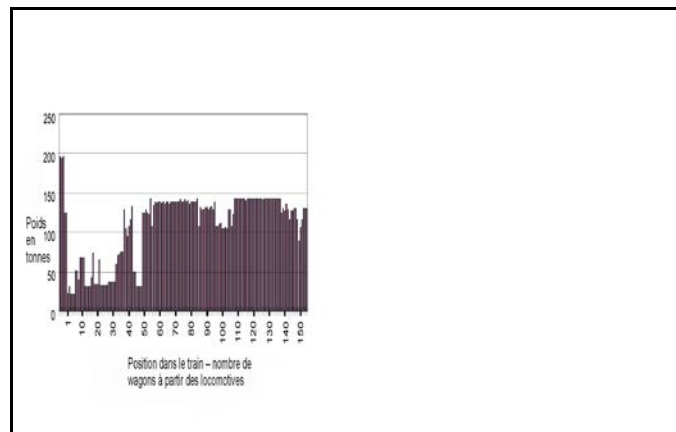
Les locomotives sans attelages à dispositif de centrage ne doivent pas servir de locomotives d'appoint ou être placées à l'avant d'une rame de plus de 5 000 tonnes lorsque le groupe de traction compte plus de 18 essieux moteurs / essieux de freinage rhéostatique, à moins :

- qu'une locomotive équipée d'attelages à dispositif de centrage ne soit attelée directement au train.
- qu'on n'attelle pas ensemble deux locomotives sans attelages à dispositif de centrage.

1.11 Pratiques du CN concernant la formation des trains

Le plan de service ferroviaire du CN concernant le train 442 indiquait une longueur maximale de 6 000 pieds pour le train et n'imposait aucune restriction quant au tonnage. Les plans de service ferroviaire servent à préciser la puissance de traction, le tonnage et la longueur du train. Ni la compagnie ni la réglementation n'exigent que la conduite des trains soit conforme à ce plan.

Le 8 juillet 2003, lors de la formation du train 442, on a placé des wagons vides et des wagons peu chargés, pesant au total 2 480 tonnes, immédiatement derrière le groupe de traction et devant une rame de wagons chargés qui pesaient au total 13 885 tonnes (voir la figure 5).



¹¹ Burlington Northern Santa Fe Railroad, *Air Brake and Train Handling Rules*, n° 2, page 34, révisées le 2 avril 2000, article 102.14.3, « Alignment Control Couplers ».

En vertu de la pratique de formation des trains qui est en vigueur au CN, on accorde la priorité au placement des wagons en fonction de leur destination, une pratique appelée communément lotissement. En règle générale, les wagons destinés à des endroits situés le plus près de la gare d'origine du train étaient classés le plus près possible des locomotives, de façon à pouvoir les laisser plus facilement à la gare d'arrêt et à améliorer ainsi l'efficacité de l'exploitation. Conformément à cette pratique, les deux wagons-trémies couverts vides que le train 442 devait laisser à Trochu (Alberta) ont été placés immédiatement derrière les locomotives. Les 152 wagons suivants devaient se rendre à Calgary. Les wagons à plates-formes multiples ont été placés ensemble à l'avant du train, de façon qu'en arrivant au triage Calgary, on puisse les diriger vers la voie du service intermodal du triage Calgary.

1.12 Pratiques de l'industrie concernant la formation des trains

Dans une étude sur la formation des trains, l'AAR a présenté notamment la conclusion suivante :

[Traduction]

Il est possible de réduire la probabilité d'interactions indésirables voie / train en plaçant les wagons lourds le plus près possible du groupe de traction (quelle que soit sa position) et les wagons plus légers le plus loin possible du groupe de traction.¹²

Les IGE du CFCP, à la section 7, article 2.6, se lisent comme il suit :

Afin de réduire les risques d'interactions voie/train indésirables, on suivra les consignes ci-après relativement à la formation des trains, sous réserve des exigences de lotissement selon la destination :

- a) Les wagons lourds doivent être attelés le plus près possible de la tête du train et les wagons légers, de la queue.
- b) Il ne faut pas ajouter un grand nombre de wagons lourds en queue du train, à moins que la plupart des wagons précédant ce lot ne soient aussi lourds.
- c) Il ne faut pas incorporer des wagons vides en tête des longs trains, à moins que la plupart des wagons placés derrière ne soient eux-mêmes vides ou d'un poids brut relativement faible.

¹²

Association of American Railroads, *Track Train Dynamics to Improve Train Performance*, AAR R-185, section 3, « Train Make-Up », section 3.2.2, « Drawbar Forces in Trains », recommandation 3-2.

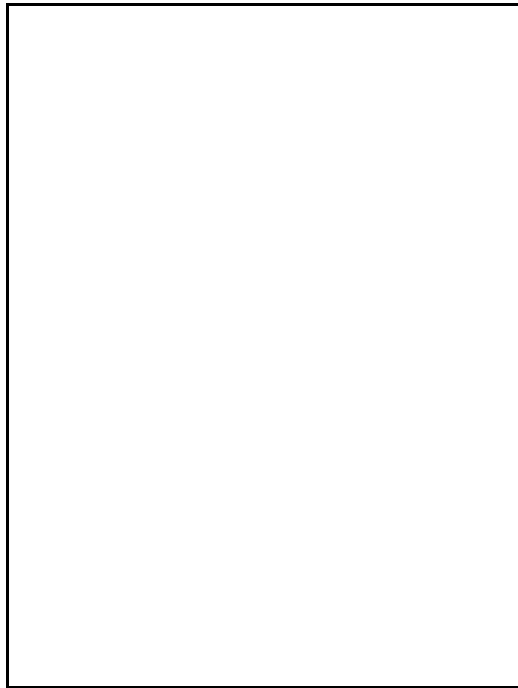
1.13 Rapport du Laboratoire technique du BST

Le Laboratoire technique du BST a examiné les forces dynamiques en cause dans le déraillement (rapport LP 114/2002) et a tiré les conclusions suivantes :

- Le déraillement a été causé par une combinaison de facteurs : angles prononcés des bras d'attelage en raison du fait que l'attelage de la locomotive menée était dépourvu de dispositif de centrage, forces de compression considérables produites par une application vigoureuse du frein rhéostatique, et poids à vide (tare) extrêmement faible du wagon-trémie en aluminium.
- Le premier wagon derrière les locomotives a déraillé après avoir été renversé sous la poussée par l'effort latéral dû à la compression des attelages consécutive au freinage rhéostatique.
- Le faible poids à vide (vertical) du wagon-trémie en aluminium a été insuffisant pour compenser l'effort latéral transformé, de sorte que le rapport latéral/vertical (L/V) a atteint la valeur de renversement.
- Les attelages entre la locomotive menée, CN 7271, et le premier wagon-trémie couvert, CNWX 106549, étaient en position de mise en portefeuille, ce qui a accentué l'effort latéral transformé (voir la figure 6).
- L'autre locomotive isolée, CN 7036, qui n'avait pas d'attelages à dispositif de centrage et qui précédait la locomotive menée, a joué un rôle secondaire pour ce qui est de la transformation de l'effort latéral exercé sur le premier wagon-trémie couvert qui a déraillé.

Dans son analyse, le Laboratoire technique du BST a aussi estimé qu'immédiatement avant le déraillement, l'attelage sans dispositif de centrage qui était à l'arrière de la locomotive menée était à un angle de 9,2 degrés à 10,3 degrés. Dans ces conditions, l'effort latéral transformé qui en résultait a excédé le critère de prévention des déraillements.

Les attelages entre les deux locomotives menées étaient en position de mise en portefeuille, mais la charge verticale des locomotives était suffisamment lourde pour faire en sorte que l'effort latéral transformé n'excède pas le critère de déraillement (rapport L/V = 0,82). L'effort latéral transformé a causé le renversement du rail quand la force a dépassé la résistance latérale de la voie. Les locomotives étaient beaucoup plus lourdes et le rapport L/V des locomotives était très inférieur à celui du wagon-trémie adjacent, ce qui fait que ce wagon a été le premier à dérailler. Bien que cela ait occasionné un changement d'angle des bras d'attelage à l'autre bout de la locomotive CN 7271, on a déterminé que ce changement d'angle était faible, si bien que la position de mise en portefeuille des deux locomotives n'aurait pu occasionner qu'un changement léger de l'angle des bras d'attelage à l'avant du premier wagon-trémie couvert.



2.0 *Analyse*

Le déraillement s'est produit alors qu'on utilisait le frein rhéostatique pour régler la vitesse du train, que les locomotives entraient dans une courbe et que le train descendait une pente. Au moment de la formation du train, on a attelé deux wagons vides à une locomotive sans attelages à dispositif de centrage, à l'avant d'un train très lourd. On considère que l'état de la voie et du matériel roulant n'a pas contribué à l'accident. L'analyse se concentrera donc sur les forces exercées dans le train, sur la conduite du train, sur le placement des locomotives et sur la formation du train.

2.1 *Forces exercées dans le train*

Tandis que le train s'engageait dans la courbe et qu'il subissait une compression des attelages des wagons par suite du freinage rhéostatique, les forces longitudinales ont commencé à se transformer en efforts latéraux. Les attelages entre la locomotive menée et le wagon-trémie couvert vide se sont trouvés en position de mise en portefeuille. À la transformation des forces longitudinales en efforts latéraux se sont ajoutés le balancement latéral accru que l'attelage sans dispositif de centrage exerçait sur la locomotive menée et le fait que les attelages entre la locomotive menée et le wagon-trémie couvert étaient en position de mise en portefeuille. Même si les attelages entre les deux locomotives menées étaient aussi en position de mise en portefeuille, cela n'a que peu contribué à la transformation générale des forces longitudinales en efforts latéraux derrière des locomotives. À la limite, ces efforts latéraux ont été appliqués perpendiculairement au rail au point d'interface roues/rail, et se sont avérés supérieurs à la charge verticale due au poids du matériel roulant, ce qui a donné lieu au déraillement.

Même si le balancement latéral attribuable à l'attelage sans dispositif de centrage a excédé de peu la valeur maximale de jeu d'un attelage muni d'un dispositif de centrage, il a accentué considérablement l'effet dû à la transformation de l'effort latéral. Le fait que les attelages entre la locomotive menée et le premier wagon étaient en position de mise en portefeuille et le mouvement latéral de l'attelage sans dispositif de centrage, entre 9,2 et 10,3 degrés, ont fait en sorte que l'effort latéral transformé excède les critères de résistance au déraillement.

Après que le premier wagon-trémie couvert s'est renversé à côté de la voie et que le second wagon-trémie couvert a déraillé du côté haut de la courbe, les wagons qui suivaient ont foncé sur la locomotive menée et l'ont heurtée. Puisque le frein rhéostatique était en service et que le freinage d'urgence a été consécutif à la séparation du train, les forces longitudinales se sont concentrées encore davantage derrière les locomotives. Le renversement du rail intérieur sous le poids de la locomotive menée a résulté soit de la mise en portefeuille des locomotives menées au moment où le wagon-trémie couvert vide se renversait à côté de la voie, soit du choc de la collision entre le train et les locomotives, ou d'une combinaison de ces événements.

2.2 *Conduite du train*

Les forces longitudinales se sont concentrées surtout derrière les locomotives. Le fait que les locomotives sans attelages à dispositif de centrage aient été placées à l'arrière du groupe de traction, près de wagons vides dont la capacité d'absorber un effort latéral transformé était limitée, et qu'on ait placé à l'arrière des wagons d'un tonnage très lourd, a fait en sorte de créer un maillon faible dans la chaîne. Ce maillon s'est avéré très vulnérable aux effets des efforts latéraux transformés, si bien que la conduite sûre du train en a été compromise.

Les IGE de la compagnie ferroviaire insistaient sur la nécessité d'être prudents lorsqu'on fait un arrêt en compression et, à plus forte raison, quand on conduit des locomotives sans attelages à dispositif de centrage. Les IGE imposaient aussi des limitations quant à la puissance de freinage rhéostatique que des locomotives de grande puissance pouvaient générer pendant le passage dans des courbes. Rien ne permet d'affirmer que le respect d'instructions données aurait pu prévenir l'accident, mais il convient de noter que l'intensité estimative de la force de freinage rhéostatique qui était appliquée pendant que le train s'engageait dans la courbe était de beaucoup supérieure à la valeur recommandée. Comme le modèle de consignateur d'événements dont la locomotive de tête était équipée n'enregistrait pas les données sur l'intensité du freinage rhéostatique, il a été impossible de valider cette hypothèse à partir des données téléchargées. Toutefois, les calculs du Laboratoire technique du BST indiquent que l'application du frein rhéostatique a dépassé de plus de 20 % la valeur recommandée par la compagnie.

Le train 442 était le plus long et le plus lourd que l'équipe avait conduit dans la subdivision. Bien que les membres de l'équipe aient sans doute conduit par le passé des trains dont la conduite exigeait une prudence particulière, ils ont sous-estimé le danger dû à la présence de la locomotive sans attelages à dispositif de centrage, attelée à des wagons vides suivis de wagons chargés d'un fort tonnage, et ils ont choisi d'appliquer une force de freinage rhéostatique supérieure à la valeur recommandée.

2.3 *Placement des locomotives*

Après l'accident, le CN a émis une instruction dans laquelle il exigeait qu'on n'utilise pas plus d'une locomotive sans attelages à dispositif de centrage lorsqu'il y a un tonnage de plus de 4 000 tonnes en queue de train. Bien que cette mesure constitue une amélioration par rapport aux directives existantes, l'enquête a permis de déterminer que la présence de plus d'une locomotive sans attelages à dispositif de centrage dans le groupe de traction avait eu une importance secondaire dans le cas à l'étude. C'est plutôt le fait qu'on ait placé une locomotive sans attelages à dispositif de centrage à l'arrière du groupe de traction qui a fait augmenter considérablement le risque de déraillement.

L'AAR et certaines des compagnies ferroviaires qui en font partie proposent qu'on ne place pas de locomotives sans attelages à dispositif de centrage à l'arrière d'un groupe de traction. Pour sa part, le CN n'impose aucune restriction au placement de locomotives sans attelages à dispositif de centrage à l'arrière d'un groupe de traction et il ne décourage pas cette pratique.

2.4 *Formation du train*

Afin d'améliorer la dynamique voie/train, les lignes directrices de l'AAR recommandent que les wagons lourds soient placés près des locomotives et que les wagons vides soient placés à la queue du train. La plupart des compagnies ferroviaires d'Amérique du Nord se conforment à cette politique, sous réserve du lotissement, lequel permet aux compagnies d'assurer un transport rapide des expéditions ferroviaires.

En règle générale, l'expérience et la formation des mécaniciens leur permettent de conduire la plupart des trains de façon à atténuer le plus possible les forces exercées dans le train. Toutefois, il arrive que, dans certaines circonstances, les mesures prises par un mécanicien bien formé ne puissent pas compenser la condition dangereuse latente créée par le lotissement et, dans le cas du train en cause dans l'accident, la façon dont le groupe de traction a été formé.

2.5 *Consignateur d'événements*

Le consignateur d'événements du train a indiqué que les locomotives étaient en mode de freinage rhéostatique, mais il n'a pas enregistré l'intensité réelle de la force de freinage rhéostatique qui était appliquée. L'obligation d'enregistrer des données critiques comme l'accélération et la décélération des locomotives, la pression dans la conduite générale en queue de train et l'intensité de la force de freinage rhéostatique appliquée rendrait possible une analyse plus exacte des événements ferroviaires et aiderait à déterminer en temps voulu les mesures de sécurité qui permettraient d'atténuer les risques.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Le déraillement s'est produit après que des efforts latéraux transformés excessifs ont renversé du train un wagon-trémie couvert léger et déchargé.
2. L'effort latéral transformé a dépassé les critères de déraillement par suite d'une combinaison de nombreux facteurs :
 - le fait qu'on ait placé une locomotive sans attelages à dispositif de centrage à l'arrière du groupe de traction;
 - le fait qu'on ait placé un wagon vide à l'avant du train;
 - le tonnage considérable en queue du train;
 - le fait que les attelages entre l'arrière de la locomotive menée et le premier wagon aient été en position de mise en portefeuille;
 - un serrage du frein rhéostatique excédant l'intensité recommandée;
 - le fait que la partie avant du train se soit engagée dans une courbe pendant l'application du frein rhéostatique.
3. Le fait qu'on ait formé le train 442 en tenant compte uniquement des priorités liées à la destination (lotissement) a créé une condition dangereuse latente qui compromettait la sécurité.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. L'absence de contraintes quant au placement de wagons vides / légers derrière un groupe de traction et devant des wagons chargés a représenté un risque accru de déraillement.

3.3 *Autres faits établis*

1. Le modèle de consignateur d'événements dont le train était équipé n'enregistrait pas tous les renseignements critiques qui auraient permis de confirmer la méthode de conduite du train avant l'événement, et la réglementation n'exigeait d'ailleurs pas qu'il les enregistre.
2. La présence de la première locomotive sans attelages à dispositif de centrage derrière les locomotives de commande a joué un rôle secondaire dans le déraillement.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

Le 10 juillet 2002, le Canadien National (CN) a émis le bulletin d'exploitation 129, intitulé *New Instruction: Yard Service Locomotives Handled on Trains*, qui donne de nouvelles instructions sur les locomotives de manoeuvre intégrées à des trains (voir l'annexe A).

Le 27 mai 2003, Transports Canada a entrepris des discussions avec l'Association des chemins de fer du Canada au sujet de la mise en oeuvre d'un système de formation des trains qui tiendrait compte du tonnage et de la longueur des trains. De plus, Transports Canada a indiqué qu'il y aurait lieu de rédiger des instructions sur la conduite des trains afin d'aider les mécaniciens dans leur travail.

Le 29 juillet 2003, le BST a publié le rapport d'enquête R99T0017 portant sur un incident survenu le 19 janvier 1999 lors duquel le train de voyageurs n° 52 de VIA Rail Canada Inc. a franchi un signal d'arrêt absolu à la gare de Trenton Junction, à Trenton (Ontario). Dans le rapport, le BST a notamment recommandé que :

Le ministère des Transports, en collaboration avec l'industrie ferroviaire, établisse, en matière de rendement des enregistreurs de données de locomotive, des normes nationales exhaustives qui précisent les exigences relatives à un dispositif d'enregistrement des conversations de cabine combiné aux systèmes de communication de bord. (R03-02)

Transports Canada a répondu le 1^{er} octobre 2003, faisant savoir que :

Transports Canada travaillera de concert avec l'industrie ferroviaire canadienne, le BST et la Federal Railroad Administration (FRA), y compris le National Transportation Safety Board, afin de discuter et définir des options et déterminer l'avantage de l'établissement potentiel des éléments suivants :

- 1) normes nationales exhaustives qui aborderont la capacité de survie des consignateurs d'événements;
- 2) spécifications de rendement quant au type de données enregistrées, qui pourrait comprendre les capacités d'enregistrement audio, et aux options technologiques offertes à l'industrie afin de les combiner aux systèmes de communication de bord.

Les consultations avec la FRA se poursuivront également, car l'harmonisation avec les dispositions réglementaires des États-Unis, lorsqu'elle est possible, facilite le transport ferroviaire transfrontalier de façon importante.

En guise de suivi à sa réponse à la recommandation R03-02, Transports Canada met actuellement la dernière main à la préparation du mandat d'une équipe de projet qui verra à la mise au point de normes nationales sur la survie des consignateurs d'événements. L'équipe comptera des représentants de Transports Canada, de l'industrie ferroviaire canadienne et de la FRA des États-Unis.

Le projet vise à établir les options possibles et à présenter des conseils concernant l'établissement éventuel de normes nationales exhaustives, et pourrait inclure :

- la définition des exigences réglementaires actuelles concernant les consignateurs d'événements, y compris la pérennité des données et les spécifications concernant le type de données qui sont consignées au Canada et aux États-Unis;
- la définition des exigences réglementaires actuelles et futures concernant les consignateurs d'événements, y compris les capacités d'enregistrement audio, tant au Canada qu'aux États-Unis;
- l'identification des technologies actuelles et futures liées aux consignateurs d'événements qui sont ou seront à la disposition de l'industrie, notamment en ce qui a trait à la pérennité des données, au type de données qui peuvent être enregistrées, aux capacités d'enregistrement audio et aux interfaces avec les systèmes de communication de bord;
- la rédaction d'un rapport final dans lequel on présentera les options retenues et on conseillera Transports Canada et l'industrie ferroviaire sur la possibilité d'établir des normes nationales exhaustives au sujet des consignateurs d'événements;
- l'élaboration par l'industrie de normes nationales exhaustives portant sur les consignateurs d'événements.

Le projet devrait débuter en janvier 2004. On prévoit pour septembre 2004 la présentation d'un rapport préliminaire qui sera examiné par l'équipe de projet. La fin des travaux de l'équipe est prévue pour décembre 2004.

4.2 Préoccupations liées à la sécurité

Le Bureau est préoccupé par le fait que la nouvelle politique du CN, voulant qu'on ne place pas plus d'une locomotive sans attelages à dispositif de centrage derrière le groupe de traction d'un train, ne permet pas de réduire de façon sensible le risque de déraillements similaires.

En outre, bien que certaines compagnies ferroviaires aient choisi d'employer des consignateurs d'événements à capacité étendue, on n'a pas encore mis à jour la réglementation fédérale qui régit l'utilisation de ces appareils au Canada de façon qu'on puisse profiter des nouvelles données relatives à la sécurité qui sont maintenant disponibles.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 13 juillet 2004.

Visitez le site Web du BST (www.bst.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A – Bulletin d'exploitation 129 du Canadien National intitulé New Instruction: Yard Service Locomotives Handled on Trains

[Traduction]

À la suite d'un déraillement récent dû à la « mise en portefeuille » de deux locomotives de manoeuvre de faible puissance qu'on avait placées à l'arrière du groupe de traction d'un train de fort tonnage qui ralentissait en utilisant le freinage rhéostatique, la marche à suivre exposée ci-après doit être mise en oeuvre :

- 1) Les locomotives de manoeuvre suivantes ne sont PAS équipées d'attelages à dispositif de centrage :
CN 1401-1402-1403-1404-1405-1406-1412
CN 4118-4119-4121-4122-4124-4125
CN 7024-7030-7036-7061-7073-7077-7078-7079-7080-7081-7082-7083
CN 7217-7236-7242-7271-237 (limace)
GTW 4600 à 4635
- 2) Quand l'une ou l'autre des locomotives ci-dessus est affectée au service en ligne derrière le groupe de traction ET quand le tonnage remorqué est supérieur à 4 000 tonnes, aucune autre des locomotives figurant au paragraphe 1) ne doit être placée derrière la locomotive de commande, à quelque endroit que ce soit. NOTA : Cette restriction ne s'applique pas quand les locomotives en question constituent le groupe de traction ou quand elles sont placées à l'avant du groupe de traction.
- 3) Quand l'une ou l'autre des locomotives ci-dessus est affectée au service en ligne, les mécaniciens doivent prendre des précautions particulières pour prévenir les risques de mise en portefeuille, surtout quand ils serrent le frein rhéostatique / frein direct pendant que le train est en mouvement ou quand ils utilisent la manette des gaz pour pousser contre une rame de wagons.

Prière de se conformer à ces instructions. En cas de doute quant aux restrictions visant l'une ou l'autre des locomotives de manoeuvre énumérées dans la présente liste, veuillez communiquer avec le contrôleur de la circulation ferroviaire – Mécanique pour obtenir plus de précisions.