



RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R09T0092



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE
DU TRAIN NUMÉRO M36231-20
EXPLOITÉ PAR LE CANADIEN NATIONAL
AU POINT MILLIAIRE 247,20 DE LA SUBDIVISION KINGSTON
À BRIGHTON (ONTARIO)
LE 21 MARS 2009



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 en voie principale

du train numéro M36231-20

exploité par le Canadien National

au point milliaire 247,20 de la subdivision Kingston
à Brighton (Ontario)

le 21 mars 2009

Rapport numéro R09T0092

Résumé

Le 21 mars 2009 vers 5 h 40, heure normale de l'Est, 6 wagons du train de marchandises M36231-20 du Canadien National ont déraillé au point milliaire 247,20 de la subdivision Kingston, près de Brighton (Ontario), pendant que le train roulait vers l'est à une vitesse d'environ 50 mi/h. Au nombre des wagons déraillés, il y avait trois wagons-citernes de marchandises dangereuses chargés de naphthalène en fusion (ONU 2304). Il n'y a pas eu de déversement de produit, et personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

1.0	Renseignements de base	1
1.1	L'accident	1
1.2	Examen des lieux	2
1.3	Renseignements sur la voie	3
1.4	Renseignements sur le train	3
1.5	Pratiques en vigueur au Canadien National en matière de composition des trains	4
1.6	Autres pratiques en matière de composition des trains.....	5
1.7	Forces s'exerçant sur les trains.....	6
1.8	Étude du Canadien National sur les séparations de trains dans la subdivision Kingston	7
1.9	Simulation de la dynamique des trains	7
1.10	Renseignements sur les mâchoires d'attelage	8
1.10.1	Normes de fabrication.....	8
1.10.2	Examen de la mâchoire d'attelage brisée	9
1.11	Événements causés par des ruptures de mâchoires d'attelage	10
1.12	Autres événements connexes mettant en cause les forces s'exerçant sur les trains.....	10
2.0	Analyse.....	13
2.1	Introduction.....	13
2.2	L'accident.....	13
2.3	Gestion des forces s'exerçant sur les trains durant un freinage d'urgence	14
2.4	Surveillance réglementaire	15
2.5	Effet de la modification de la composition du train en cause dans l'événement.....	15
2.6	Gestion des forces s'exerçant sur les trains au Chemin de fer Canadien Pacifique.....	16
3.0	Conclusions	17
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	17
3.2	Fait établi quant aux risques	17
3.3	Autres faits établis	18

4.0	Mesures de sécurité	19
4.1	Mesures prises.....	19
4.1.1	Transports Canada	19
4.1.2	Canadien National.....	20
4.2	Préoccupations liées à la sécurité	21
4.2.1	Gestion des forces s’exerçant sur les trains	21

Annexes

Annexe A - Autres événements connexes mettant en cause les forces s’exerçant sur les trains	23
Annexe B - Sigles et abréviations	26

Figures

Figure 1	Endroit où l’accident est survenu	1
Figure 2	Diagramme montrant le lieu de l’accident.....	2
Figure 3	Profil du tonnage du train en relation avec l’élévation de la voie et le point de déraillement	5

1.0 Renseignements de base

Le 21 mars 2009 vers 2 h 25¹, le train de marchandises M36231-20 (le train) du Canadien National (CN)² part de Toronto (Ontario) et roule vers l'est dans la subdivision Kingston, à destination de Montréal (Québec). Le train est tiré par un groupe de traction de trois locomotives placées en tête, et il compte 137 wagons (75 chargés et 62 vides). Il mesure environ 8850 pieds et pèse quelque 11 845 tonnes. L'équipe est composée d'un mécanicien et d'un chef de train. Les deux membres de l'équipe connaissent bien la subdivision, se conforment aux normes en matière de repos et de condition physique et répondent aux exigences de leurs postes respectifs.

1.1 L'accident

À 5 h 40, tandis que le train roule en direction est à une vitesse de 50 mi/h sur la voie principale sud, avec les freins desserrés et la manette des gaz à la position cinq, un serrage d'urgence intempestif (SUI) des freins se déclenche en provenance de la conduite générale. Pendant que le train s'immobilise, le frein direct de locomotive n'est pas purgé de façon continue.

Le train s'immobilise au point milliaire 247,20, près de Brighton (Ontario) (voir la figure 1). L'équipe applique les procédures d'urgence nécessaires et détermine que six wagons, du 98^e au 103^e, ont déraillé. Au nombre des wagons déraillés, il y a trois wagons-citernes de marchandises dangereuses (les 98^e, 102^e et 103^e wagons) chargés de naphthalène en fusion (ONU 2304), dont un est renversé sur le côté. Il n'y a pas eu de déversement de produit et personne n'a été blessé.

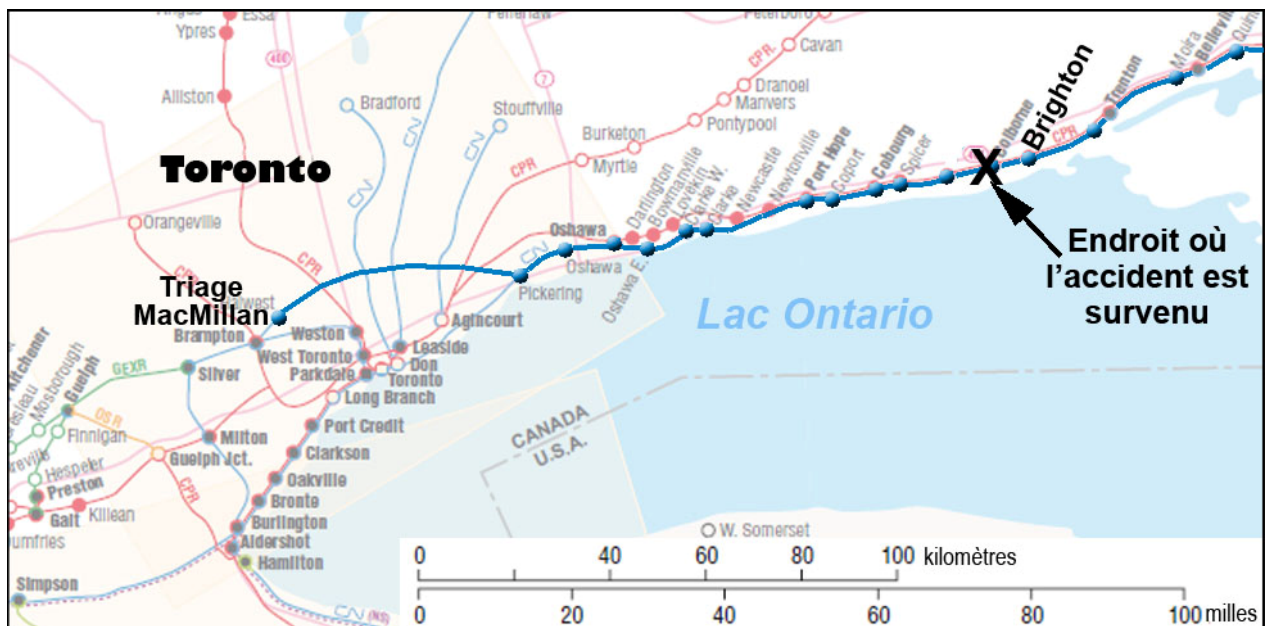


Figure 1. Endroit où l'accident est survenu (source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

¹ Toutes les heures sont en heure normale de l'Est.

² Voir l'Annexe B pour la signification des sigles et abréviations.

Lors de l'événement, la température était de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, le ciel était dégagé et un vent léger soufflait du nord.

1.2 Examen des lieux

Après avoir déraillé, les wagons se sont arrêtés au bas d'un affaissement³ d'une portion de voie ondulée⁴. Le premier wagon à dérailler a été le PLCX 221245 (le 98^e wagon), dont les deux roues du côté sud du bogie avant et toutes les roues du bogie arrière ont déraillé. Les 99^e et 100^e wagons étaient des wagons plats longs qui étaient vides. Ils sont restés sur leurs roues et se sont mis en portefeuille du côté nord et du côté sud de la voie, respectivement. Le 101^e wagon s'est immobilisé sur le côté, tandis que son bogie avant a été poussé vers le côté sud de la voie. Les 102^e et 103^e wagons sont parallèles à la voie, le 102^e wagon étant renversé sur le côté et le bogie avant du 103^e wagon ayant déraillé au sud de la voie (voir la figure 2). Les dispositifs de traction des wagons qui n'ont pas déraillé sont comprimés. Sur certains wagons, la saillie d'arrêt de la tête d'attelage était en contact avec la face pylône de choc de la longrine centrale. Aucun défaut préexistant n'a été constaté sur les wagons déraillés.

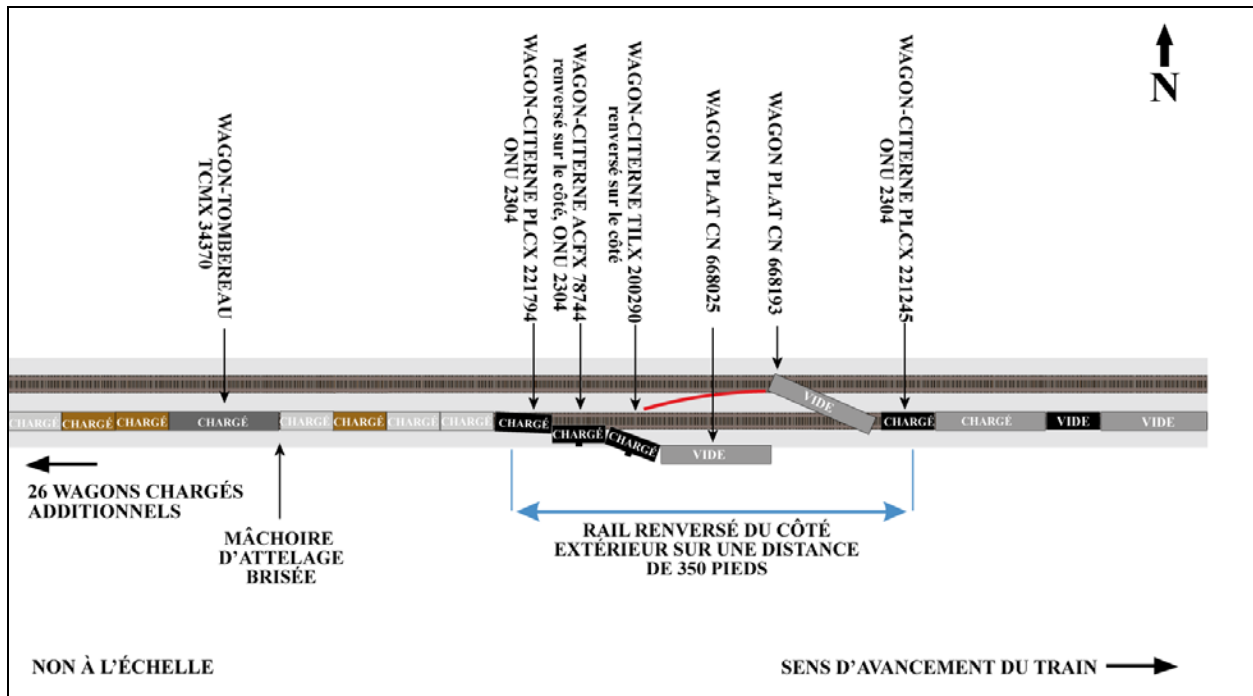


Figure 2. Diagramme montrant le lieu de l'accident

³ Une diminution de la pente suivie d'une augmentation de la pente qui est suffisante pour causer un accroissement de la réaction d'attelage, ce qui fait augmenter les forces s'exerçant sur le train.

⁴ Un profil de la voie où la pente change si souvent qu'un train moyen compte certains wagons qui gravissent des rampes et descendent des pentes en alternance trois fois et plus. Des réactions d'attelage se produisent du fait que les wagons descendant une pente ont tendance à rouler plus vite que ceux qui gravissent une rampe.

Les quatre wagons-citernes mesuraient entre 48 et 53 pieds de longueur et étaient munis de dispositifs de traction standard à friction et d'attelages de type F. Les deux wagons plats mesuraient 93 pieds de longueur chacun et étaient munis d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon et d'attelages à bras long de type E. On a observé une mâchoire d'attelage brisée au bout est du 108^e wagon, TCMX 34370, ce qui indiquait qu'une séparation du train avait eu lieu. Lors de l'accident, la portion arrière du train a continué sur sa lancée et a heurté la portion avant. La face de traction de la mâchoire d'attelage s'est brisée et n'a pas été retrouvée. La partie restante de la mâchoire d'attelage brisée a été envoyée pour analyse au Laboratoire du BST.

Des mâchoires d'attelage brisées et des axes d'attelage d'événements ferroviaires antérieurs ont été retrouvés de part et d'autre de l'emprise. L'inspection de la voie a révélé que des crampons avaient été soit arrachés, soit cisailés. D'ouest en est, du 103^e wagon au 98^e wagon, les deux rails avaient été renversés vers l'extérieur (sur une distance d'environ 350 pieds). À l'endroit où le renversement des rails débutait, on a relevé des marques d'impact de roues sur les traverses, à environ six pouces vers l'intérieur, du côté intérieur du rail nord.

1.3 Renseignements sur la voie

La subdivision Kingston est un tronçon où la voie principale est double et qui va de Dorval (Québec), point milliaire 10,3, à Toronto, point milliaire 333,8. Il s'agit d'un couloir principal utilisé pour le transport de voyageurs et de marchandises, y compris des marchandises dangereuses. Environ 42 trains par jour empruntent la subdivision (22 trains de voyageurs et 20 trains de marchandises). La voie est une voie de catégorie 5 au sens du *Règlement sur la sécurité de la voie*, et la vitesse maximale permise est de 100 mi/h pour les trains de voyageurs et de 65 mi/h pour les trains de marchandises. Le mouvement des trains est régi par le système de commande centralisée de la circulation, en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et est surveillé par un contrôleur de la circulation ferroviaire posté à Toronto.

Dans le secteur du déraillement, la voie ferrée est ondulée et en alignement droit, et est orientée dans l'axe est-ouest. Les rails de la voie principale sud sont des longs rails soudés de 132 livres, posés sur des selles de rail de 14 pouces à double épaulement dont chacune était retenue par deux crampons à des traverses de bois dur. Le ballast était fait de pierre concassée. Les cases étaient pleines et les banquettes dépassaient l'extrémité des traverses d'au moins 18 pouces. La voie avait été inspectée conformément aux exigences de la compagnie et de la réglementation, et était en bon état.

1.4 Renseignements sur le train

La portion avant du train (du 1^{er} wagon au 103^e wagon) comptait surtout des wagons vides. Environ la moitié des wagons du train étaient équipés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à bras longs, et la majorité d'entre eux se trouvaient dans la portion avant du train. La portion arrière du train (du 104^e wagon au 137^e wagon) se composait principalement de wagons chargés équipés d'organes de traction conventionnels (standard) à friction.

Les wagons étaient divisés en cinq blocs. Le premier bloc de 21 wagons devait être dételé à Belleville (Ontario). Le deuxième bloc, de 64 wagons, était à destination de Garneau (Québec). Les trois derniers blocs étaient destinés au triage Taschereau, à Montréal, et comptaient respectivement 8 wagons, 15 wagons et 29 wagons.

1.5 *Pratiques en vigueur au Canadien National en matière de composition des trains*

Il n'est pas rare que le CN, au moment de composer le train M362, place en queue de train des wagons chargés qui sont destinés au triage Taschereau. Mise à part la conformité avec le *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* de Transports Canada, la réglementation existante n'impose pas d'exigences en ce qui a trait à la composition des trains ou à la répartition du tonnage à l'intérieur de ceux-ci.

Au CN, on utilise la méthode du lotissement en fonction de la destination pour décider de la composition des trains de marchandises. On place les blocs de wagons dans le train de façon à accélérer leur placement ou leur ramassage le long de l'itinéraire du train. Le CN se sert d'un système informatisé qui signale les méthodes de composition des trains qui dérogent au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* ou aux Instructions générales d'exploitation (IGE) du CN. Bien que les IGE du CN imposent des restrictions quant au placement (par exemple, chargements de dimensions exceptionnelles) et au tonnage remorqué dans le cas de certains types de matériel roulant (par exemple, wagons squelettes et wagons porte-conteneurs articulés), elles n'en imposent pas pour le placement de la plupart des wagons de marchandises, chargés ou vides.

On voit à la figure 3 un profil du tonnage du train, en relation avec l'élévation de la voie et le point de déraillement.

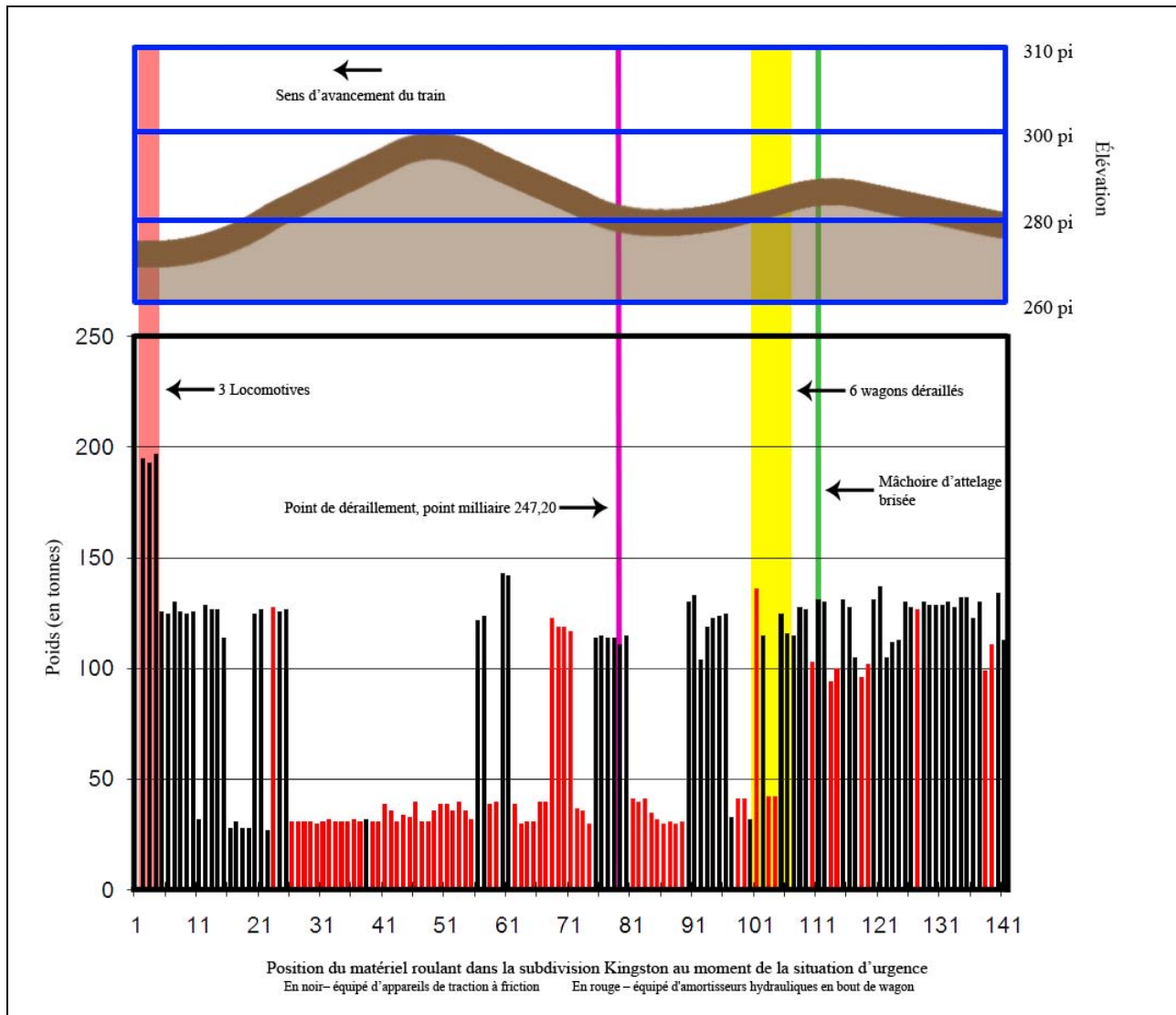


Figure 3. Profil du tonnage du train en relation avec l'élévation de la voie et le point de déraillement

1.6 Autres pratiques en matière de composition des trains

Le Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) tient compte de la répartition du poids dans la composition des trains. Le CFCP a mis au point et mis en œuvre le Train Area Marshalling (TrAM), un système informatisé de composition des trains qui vise à atténuer les forces s'exerçant sur les trains. Les règles du système TrAM comprennent des limites quant au tonnage remorqué dans le cas de types précis de matériel roulant. Les limites varient en fonction du type de wagon, de la longueur du wagon, de son poids (contenu plus tare), de la longueur du wagon adjacent, et de la courbure et de la pente des voies sur lesquelles le wagon va rouler.

Le système tient aussi compte de la présence de wagons munis d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon et de groupes de traction télécommandés et aide au placement de ces wagons. Le système TrAM veut que, dans la mesure du possible, on forme les trains de marchandises en veillant à placer les wagons chargés le plus près possible des locomotives. Pour la formation de

trains mixtes conventionnels (groupe de traction placé en tête), on interdit de placer des blocs de wagons lourds en queue de train, à moins que les blocs qui les précèdent ne soient aussi lourds. Les wagons légers (vides) ou les blocs de wagons légers doivent être placés le plus près possible de la queue du train, sauf si les wagons placés derrière eux sont aussi relativement légers. Bien que le CFCP utilise la méthode de lotissement en fonction de la destination, cette dernière méthode n'a pas préséance sur les restrictions du TrAM pour ce qui est de la composition des trains.

1.7 Forces s'exerçant sur les trains

L'exploitation des trains a connu des changements considérables ces dernières années. Avant le milieu de la décennie 1990, les trains affectés au service en voie principale avaient une longueur moyenne d'environ 5000 pieds et pesaient en moyenne de 6000 à 7000 tonnes. De nos jours, certains trains mesurent plus de 12 000 pieds et pèsent plus de 12 000 tonnes, et certains même jusqu'à 18 000 tonnes. L'augmentation importante de la longueur et du poids moyens des trains s'est accompagnée d'une augmentation des forces s'exerçant normalement sur les trains, dans le cas des trains conventionnels tirés par des groupes de traction placés en tête de train.

Le *Train Make-Up Manual*⁵ (manuel sur la composition des trains) de l'Association of American Railroads (AAR) indique que les wagons équipés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon font augmenter le jeu des attelages et peuvent causer une augmentation considérable des forces s'exerçant sur les trains. Plus spécifiquement, le manuel précise que des blocs de plusieurs wagons équipés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon ne devraient pas être placés devant des blocs de plusieurs wagons chargés équipés d'organes de traction conventionnels.

La Federal Railroad Administration des États-Unis a mené des études⁶ pour évaluer le fonctionnement des freins à air des trains de marchandises. Ces études ont montré que, pendant un freinage d'urgence, l'effet de compression peut générer des forces de compression beaucoup plus élevées lorsqu'un train est composé de wagons vides à l'avant et de wagons chargés à l'arrière, que si son poids était réparti uniformément.

Pour faciliter la gestion des forces s'exerçant sur les trains durant un freinage d'urgence, le CN a pris les mesures suivantes :

- Les mécaniciens du CN apprennent pendant leur formation à purger le frein direct⁷ lorsqu'un SUI se produit. Toutefois, la décision de purger le frein direct est laissée à la discrétion du mécanicien, car il peut y avoir des situations où il est préférable de laisser le frein direct serré.

⁵ Association of American Railroads, Research and Test Department, Report R-802, *Train Make-Up Manual*, janvier 1992 (en anglais seulement).

⁶ Federal Railroad Administration du Department of Transportation des États-Unis, DOT/FRA/ORD-84-16, *Freight Train Brake System Safety Study*, novembre 1984, R-185-Track (en anglais seulement).

⁷ On utilise le dispositif de purge du robinet de frein direct pour réduire le serrage des freins de locomotive ou pour les desserrer.

- Le CN demande aux mécaniciens d'activer l'interrupteur d'urgence à bascule de l'unité d'entrée et d'affichage (UEA), dans la cabine de la locomotive, pour commander manuellement un freinage d'urgence à partir de la queue du train.
- Le CN a équipé une grande partie de son parc de locomotives de grande ligne du dispositif Trainlink-ES, lequel dispose d'une fonction qui déclenche automatiquement un serrage d'urgence commandé par l'unité de détection et de freinage (UDF), en queue du train, dès qu'un freinage d'urgence se produit. Cette fonction atténue les forces de compression excessives qui se manifestent en raison du rattrapage du jeu des attelages pendant le freinage d'urgence. Le train en cause était équipé du dispositif Trainlink-ES.
- Un grand nombre de nouvelles locomotives sont équipées d'un système de contrôle et de freinage en queue (TIBS) amélioré qui inclut un dispositif automatique de freinage d'urgence en queue de train qui est distinct du dispositif Trainlink-ES.

1.8 *Étude du Canadien National sur les séparations de trains dans la subdivision Kingston*

En raison du nombre de séparations de trains qui avaient affecté des trains du CN dans la subdivision Kingston avant cet événement, le CN a retenu les services de Rail Sciences Inc. (RSI). Aux termes de ce contrat, RSI devait réaliser une analyse des ruptures de trains (séparations de trains) survenues dans la subdivision. On a choisi le train M30831-08 du CN (train 308) comme étant un train représentatif des trains longs qui ont été affectés par des problèmes de séparation sur les voies de la subdivision. Le train 308 était composé de 3 locomotives placées en tête de train, de 88 wagons chargés et de 60 wagons vides, pesait 11 504 tonnes et avait une longueur hors tout de 10 536 pieds.

On a procédé à des simulations de la dynamique du train 308 et de cinq autres configurations de trains, en se servant du logiciel appelé Train Operations and Energy Simulator (TOES) pour estimer l'importance des forces longitudinales présentes dans les trains. On a analysé davantage les réactions d'attelage dans le cas du train proprement dit (train long) et d'un train modifié (train court). Pour pouvoir mieux maîtriser les forces s'exerçant sur les trains dans la subdivision Kingston, RSI a proposé de recourir à un groupe de traction placé en tête de train et à une puissance répartie au milieu du train, et de limiter la configuration à une longueur de 8000 pieds et à un poids de 8000 tonnes.

1.9 *Simulation de la dynamique des trains*

Le Laboratoire du BST et RSI ont utilisé le logiciel TOES pour réaliser une simulation de la dynamique des trains. La simulation visait à déterminer les forces longitudinales qui ont affecté le train et qui ont entraîné sa séparation, et les forces de compression qui se sont manifestées lorsque les deux portions du train sont revenues en contact l'une contre l'autre. La simulation a permis de conclure qu'un événement d'étirement des attelages (traction) à la hauteur du 108^e wagon a coïncidé avec la rupture de la conduite générale. La force était de l'ordre de 200 à 250 kips. On considère que des réactions d'attelage de cette ampleur sont un peu plus grandes que d'habitude, mais ne sont pas excessives.

On a réalisé une modélisation additionnelle au moyen du logiciel TOES, pour estimer l'ampleur des forces qui se sont exercées sur le train entre le moment où les deux portions du train sont revenues en contact et le moment où elles se sont arrêtées. À l'aide des données du consignateur d'événements de locomotive, on a réalisé plusieurs simulations afin d'avoir une estimation des forces générées sur le train durant l'événement proprement dit et dans d'autres scénarios.

On a fait d'autres observations après avoir examiné les résultats des simulations :

- Pour le scénario de déraillement pendant lequel le train se sépare à la hauteur du 108^e wagon, la force maximale de compression des attelages⁸ est de 1895 kips et est ressentie quand les wagons lourds placés en queue de train heurtent les wagons plus légers de la partie avant. La force de compression des attelages qui s'exerce sur les wagons qui dérailent est de 1500 kips. Comme les forces s'exerçant sur le train sont extrêmement élevées, le fait de purger le frein direct de locomotive n'a qu'un effet négligeable, réduisant la force de compression maximale à environ 1677 kips.
- Dans le scénario où le train ne se sépare pas et où un SUI se produit à la hauteur du 108^e wagon, la force maximale de compression des attelages du train est de 676 kips.
- Dans le scénario où un SUI se produit dans la moitié avant du train et où le frein direct de locomotive demeure serré, la force maximale de compression des attelages s'établit entre 684 et 775 kips. Le fait de purger le frein direct abaisse la force de compression à des valeurs qui se situent entre 435 et 480 kips.
- Dans le scénario où l'on place en tête de train le bloc de wagons chargés qu'on avait placé en queue (du 109^e wagon au 137^e wagon), une séparation du train à la hauteur du 108^e wagon ne fait pas en sorte que les deux sections du train reviennent l'une contre l'autre. La force de compression maximale est de 219 kips. Le fait de purger le frein direct de locomotive a peu d'effet.
- Dans le scénario où un SUI se produit dans la moitié avant du train sans qu'il y ait séparation du train, le fait de placer en tête de train le bloc de wagons qu'on avait placé à la queue a pour effet de réduire de 70 % les forces de compression maximales des attelages qui s'exercent sur le train.

1.10 Renseignements sur les mâchoires d'attelage

1.10.1 Normes de fabrication

La fabrication des mâchoires d'attelage est régie par la section S du *Manual of Standards and Recommended Practices* (MSRP) de l'AAR. À la section S, la spécification M-211 définit notamment les exigences concernant la fonderie des pièces et l'approbation des mâchoires d'attelage. La spécification précise qu'on doit utiliser un acier trempé et revenu de nuance E, comme on l'indique dans la spécification M-201, pour tous les attelages, les mâchoires

⁸ La force de compression des attelages qui est ressentie durant le rattrapage du jeu des attelages.

d'attelage, les verrous, les étriers d'attelage et les plaques d'appui. La spécification M-201 précise en outre qu'on doit faire des lectures de dureté des pièces d'acier moulé de nuance E à l'extérieur des mâchoires d'attelage, à un des trois points identifiés à l'annexe A de la norme.

La spécification M-201 définit (en partie) les exigences applicables aux pièces d'acier moulé. La sous-section 7.0 énonce les critères ci-après en ce qui a trait aux propriétés mécaniques de l'acier et aux essais :

- Pour les essais de traction sur coupons témoins, la spécification indique qu'au choix du fabricant, les coupons doivent être soit fixés à même la pièce moulée ou produits à partir de blocs à quille et doivent être préparés en conformité avec la désignation A370 de l'American Society for Testing and Materials (ASTM). Les coupons d'acier de nuance E doivent avoir une résistance minimale à la traction de 120 (ksi). Toutefois, des éprouvettes réalisées directement à même les pièces moulées des mâchoires d'attelage (à l'exception des spécimens défectueux) doivent avoir au moins 80 % des propriétés minimales de résistance à la traction, soit l'équivalent de 96 ksi.
- Pour les essais d'impact, la spécification relative à l'acier moulé de nuance E indique qu'on peut déterminer les propriétés de résistance à l'impact en soumettant des éprouvettes de type A à un essai de résilience Charpy V préparé en conformité avec la norme A370 de l'ASTM. Tout comme les coupons servant aux essais de traction, les éprouvettes utilisées pour l'essai Charpy doivent être tirées de coupons fixés à même la pièce moulée ou produits à partir de blocs à quille. L'essai consiste à déterminer l'énergie moyenne qui est absorbée par trois éprouvettes de choc d'une même coulée. Pour l'acier moulé de nuance E, les éprouvettes doivent absorber 20 pieds-livres d'énergie à -40 °C. Il n'y a pas de normes pour les éprouvettes tirées des pièces moulées de la mâchoire d'attelage.
- Les lectures de dureté doivent donner un indice de dureté Brinell (BHN) de l'ordre de 241 à 311 BHN.

1.10.2 Examen de la mâchoire d'attelage brisée

L'examen de la mâchoire d'attelage brisée, qui a été réalisé par le Laboratoire du BST, a révélé ce qui suit :

- Les particularités observées sur la mâchoire d'attelage brisée correspondent à des dommages causés par une rupture fragile instantanée sous tension.
- Le matériau de l'attelage contenait les principaux éléments d'alliage exigés pour les attelages faits d'acier de nuance E.
- Un essai de dureté Brinell a été réalisé en conformité avec la spécification M-201 de l'AAR. L'essai a donné un indice de dureté moyen de 207 BHN.

- On a réalisé un essai de résilience Charpy pour évaluer le rendement du matériau de l'attelage à basse température. À -40 °C, l'essai Charpy a donné une énergie de rupture moyenne de 9,9 pieds-livres, soit environ la moitié des valeurs de résilience exigées par l'essai Charpy pour des coupons tirés de blocs à quille. À la température à laquelle l'événement a eu lieu, c'est-à-dire -8 °C, l'essai de résilience Charpy a donné une énergie moyenne de 9,7 pieds-livres.
- La microstructure des pièces moulées d'acier trempé et revenu de nuance E devrait consister principalement en martensite revenue. La mâchoire d'attelage brisée avait une microstructure de ferrite-perlite, ce qui indique qu'elle n'a pas été soumise à un traitement thermique approprié.

1.11 *Événements causés par des ruptures de mâchoires d'attelage*

De janvier 2007 à juin 2009, le CN a signalé 353 ruptures de mâchoires ou de barres d'attelage dans la subdivision Kingston du CN. La plupart de ces ruptures ont entraîné une séparation du train suivie d'un serrage d'urgence des freins du train.

Par contraste, le CFCP ne signale que 20 ruptures de mâchoires et de barres d'attelage par année dans l'ensemble de son réseau.

1.12 *Autres événements connexes mettant en cause les forces s'exerçant sur les trains*

Le BST a enquêté sur neuf autres déraillements mettant en cause des forces considérables s'exerçant sur des trains longs (voir à l'annexe A un résumé des enquêtes R07D0009, R07T0110, R07T0323, R05C0082, R05V0141, R02W0060, R01M0061, R01T0006 et R00W0106 du BST). Dans chaque cas, le Bureau a déterminé que la composition du train et la gestion des forces s'exerçant sur les trains avaient été des facteurs contributifs. On a formé la plupart des trains en se conformant aux exigences de la compagnie et de la réglementation qui étaient en vigueur lors du déraillement, mais on ne les a pas configurés de manière à assurer une gestion efficace des forces s'exerçant sur les trains.

Durant l'enquête sur le déraillement de 15 wagons dans le canton de Drummond, au Nouveau-Brunswick (rapport d'enquête R01M0061 du BST), le Bureau a déterminé qu'en raison du profil de la voie et de la configuration du train, des forces excessives de compression des attelages ont été générées à la suite d'un SUI, ce qui a entraîné le renversement du rail et le déraillement des wagons. Le Bureau a recommandé que :

Transports Canada encourage les compagnies de chemin de fer à mettre en œuvre des technologies ou des méthodes de contrôle des trains pour assurer que les forces générées lors d'un freinage d'urgence permettent l'exploitation du train en toute sécurité.

(R04-01, émise en avril 2004)

Transports Canada a accepté la recommandation du Bureau et a informé ses intervenants. Transports Canada a noté que le CN avait adopté la technologie Trainlink-ES et qu'environ 500 locomotives de ligne en étaient équipées à la fin de 2006. Le CFCP a adopté une technologie améliorée TIBS, qui déclenche automatiquement un serrage d'urgence en queue du train, et il a modifié 94 % de ses locomotives. Toutes les nouvelles locomotives de ligne qui seront achetées seront équipées de la nouvelle technologie. Le Bureau a estimé qu'une attention entièrement satisfaisante a été accordée à la lacune décrite dans la recommandation R04-01.

En mars 2010, le Bureau a publié sa *Liste de surveillance*, dans laquelle il traite d'un problème de sécurité systémique lié à l'exploitation de trains plus longs et plus lourds. La *Liste de surveillance* indique que « l'exploitation en toute sécurité des trains plus longs et plus lourds peut être compromise en raison de la conduite et la formation inappropriées des trains », et il invite les compagnies ferroviaires à « prendre d'autres mesures pour veiller à la conduite et la formation appropriées des trains plus longs et plus lourds ».

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

La conduite du train s'est avérée conforme aux exigences de la compagnie et de la réglementation. La voie était en bon état, et on n'a relevé aucune déféctuosité préexistante du matériel roulant qui aurait pu contribuer à l'accident. L'analyse portera sur la génération des forces s'exerçant sur les trains et sur les pratiques de composition et de conduite des trains.

2.2 *L'accident*

La simulation de la dynamique du matériel roulant a permis de déterminer que le 108^e wagon a subi des forces inhabituelles d'étirement (traction) des attelages, de l'ordre de 200 à 250 kips, au moment du SUI. Cela indique que, pendant que le train roulait sur des voies ondulées, un étirement modéré des attelages a causé la rupture d'une mâchoire d'attelage entre le 107^e wagon et le 108^e wagon.

La compression des organes de traction des wagons qui sont restés sur la voie et le rail renversé sont des indices qui témoignent d'un déraillement attribuable à des forces considérables de compression des attelages. Toutefois, l'examen de la mâchoire d'attelage brisée du 108^e wagon a révélé qu'elle avait subi une rupture fragile en tension (traction). Le matériau de la mâchoire d'attelage avait une dureté inférieure à celle qui est exigée par la spécification et avait reçu un traitement thermique inapproprié. Bien que les échantillons aient été prélevés à même la pièce moulée d'origine, l'essai de résilience Charpy sur la mâchoire d'attelage comme telle a révélé que la résistance du matériau était inférieure à la moitié de la valeur spécifiée et qu'elle était encore plus faible à la température à laquelle l'événement a eu lieu. Même si la mâchoire d'attelage avait été en service pendant un certain temps sans incident, ces propriétés faisaient en sorte qu'elle était davantage susceptible de se briser subitement sous tension à la température à laquelle l'événement s'est produit et en présence de forces s'exerçant sur le train plus grandes que d'habitude.

Lorsque la conduite générale s'est rompue, un SUI s'est déclenché et le train s'est séparé en deux parties : la portion de tête (du 1^{er} wagon au 107^e wagon) et la portion de queue (du 108^e wagon au 137^e wagon). Les deux portions du train se sont mises en freinage d'urgence et ont commencé à ralentir et à se séparer. Comme la portion de queue, plus lourde, se trouvait dans une pente, son freinage n'a pas été aussi efficace que celui de la portion de tête. La portion de queue, qui roulait plus vite, est alors entrée en collision avec la portion avant, qui roulait plus lentement. Comme les deux portions du train subissaient déjà une compression de leurs attelages, la collision a généré une force de compression estimée à près de 1500 kips. Cette force s'est exercée sur deux wagons plats longs et vides, qui étaient attelés ensemble entre des wagons-citernes plus courts, qui étaient chargés; il s'agit d'une combinaison susceptible de causer un déraillement lorsque des forces considérables de compression des attelages s'exercent. Les wagons plats se sont mis en portefeuille et ont exercé un effort latéral contre le côté intérieur des deux rails, lesquels se sont renversés. Les wagons ont ensuite déraillé.

La composition et la longueur des trains ont une incidence sur l'importance des forces s'exerçant sur les trains. Quand on forme un train en plaçant des wagons légers en tête du train et des wagons lourds à la queue, la tête du train ralentit plus rapidement que la partie arrière, surtout si le frein direct de locomotive demeure serré. Emportés par leur élan, les wagons plus lourds de la queue exercent une poussée sur les wagons de tête qui ralentissent, et génèrent ainsi des forces considérables de compression des attelages. Le jeu des attelages et les forces de compression des attelages augmentent encore davantage quand le train est long et quand il est composé en partie de wagons équipés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à bras longs. Le risque de déraillement augmente encore plus quand des wagons longs et vides sont attelés à des wagons courts chargés (combinaison de wagons longs et de wagons courts). Toutes ces caractéristiques étaient réunies lors de l'événement. Même si l'on avait respecté les exigences du CN et celles de la réglementation au moment de former le train, on n'a pas configuré le train de manière à gérer efficacement les forces s'exerçant sur le train.

2.3 *Gestion des forces s'exerçant sur les trains durant un freinage d'urgence*

La méthode du lotissement en fonction de la destination est une pratique d'exploitation courante en Amérique du Nord. Cette méthode de composition des trains permet notamment d'accroître l'efficacité de l'exploitation et de simplifier la livraison pour le transporteur. Bien que cette approche ne soit pas dangereuse en soi, elle peut ne pas toujours dûment tenir compte de la répartition du poids à l'intérieur du train. Il s'ensuit que des wagons légers peuvent être placés devant des wagons plus lourds, d'où une augmentation des forces s'exerçant sur le train pendant la conduite du train.

Le CN a pris certaines mesures pour gérer les forces s'exerçant sur les trains, notamment en équipant une grande partie de son parc de locomotives de ligne du dispositif Trainlink-ES. Dans le cadre de la formation de ses mécaniciens, le CN leur a enseigné que, durant un freinage d'urgence, ils doivent activer le dispositif de freinage d'urgence en queue de train en même temps qu'ils purgent le frein direct. Aussi, le CN a retenu les services de RSI pour la réalisation d'une étude sur les séparations de trains dans la subdivision Kingston. Toutefois, les suggestions de RSI n'avaient pas été mises en œuvre.

Quand la structure de la voie est en bon état et quand les forces s'exerçant sur les trains sont gérées efficacement, un freinage d'urgence ne devrait pas causer à lui seul le déraillement d'un train. Pourtant, un nombre appréciable d'enquêtes précédentes du BST montrent que des accidents de ce genre continuent de se produire dans le réseau du CN. De plus, le nombre élevé de ruptures de mâchoires d'attelage et d'organes de traction qui affectent des trains du CN dans la subdivision Kingston met en évidence le fait que la compagnie ferroviaire a de la difficulté à bien gérer les forces s'exerçant sur les trains.

Au CN, on se sert d'un système informatisé qui signale les méthodes de composition des trains qui dérogent au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* ou aux IGE du CN. Les IGE imposent des restrictions quant au placement et au tonnage remorqué dans le cas de certains types de matériel roulant, mais elles n'en imposent pas pour le placement de la plupart des wagons de marchandises à l'intérieur des trains. Faute d'un protocole exhaustif de

composition des trains, qui assure une gestion efficace des forces s'exerçant sur les trains et qui tient compte de la répartition du poids à l'intérieur du train, le risque de déraillement pendant un freinage d'urgence est accru.

2.4 *Surveillance réglementaire*

Avant le milieu de la décennie 1990, les trains avaient une longueur moyenne de 5000 pieds et pesaient en moyenne de 6000 à 7000 tonnes. À part l'obligation de se conformer à la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* et au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*, les compagnies ferroviaires étaient libres de former leurs trains en tenant compte des exigences de leur exploitation. La surveillance réglementaire consistait surtout en une vérification de la conformité avec la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses*, étant donné qu'il n'y avait pas d'autres lignes directrices, de réglementation ou de règles qui obligeaient les compagnies ferroviaires à gérer les forces s'exerçant sur les trains ou à les atténuer. Depuis le milieu de la décennie 1990, les opérations ferroviaires ont connu des changements considérables. De nos jours, certains trains mesurent plus de 12 000 pieds et pèsent plus de 12 000 tonnes, et certains même jusqu'à 18 000 tonnes. Cette augmentation de la longueur et du poids des trains s'est accompagnée d'un accroissement des forces qui s'exercent normalement sur les trains.

En comptant cet événement-ci, le BST a enquêté depuis 2001 sur 10 déraillements lors desquels des forces considérables s'exerçant sur les trains et affectant des trains longs ont posé des problèmes. Ces enquêtes ont mis en évidence le fait que, même si l'on avait formé la plupart de ces trains en se conformant aux exigences de la compagnie et de la réglementation, on ne les a pas configurés de manière à assurer une gestion efficace des forces s'exerçant sur les trains. La surveillance réglementaire n'a pas suivi le rythme de l'évolution rapide que les opérations ferroviaires ont connue au cours des dernières années. En l'absence d'une surveillance réglementaire efficace des activités de composition des trains, il se peut que certaines compagnies ferroviaires continuent de former leurs trains en tenant compte de l'efficacité de leur exploitation, et sans chercher à gérer efficacement les forces s'exerçant sur les trains et à les atténuer.

2.5 *Effet de la modification de la composition du train en cause dans l'événement*

L'analyse au moyen du logiciel TOES a permis de déterminer que les forces maximales de compression des attelages ont été de 1895 kips dans le train en cause dans l'événement. Si l'on avait repris la composition du train en plaçant en tête du train le bloc de wagons chargés (du 108^e wagon au 137^e wagon) qui avait été placé à la queue du train, une séparation du train entre le 107^e wagon et le 108^e wagon n'aurait pas fait en sorte que les deux portions du train reviennent en contact l'une contre l'autre. Dans ce scénario, on a aussi déterminé que les forces maximales de compression des attelages ont été de 219 kips. Si l'on avait refait la composition du train, en plaçant en tête du train le bloc de wagons chargés qui avait été placé en queue de train, la force maximale de compression des attelages aurait diminué d'environ 88 %.

2.6 *Gestion des forces s'exerçant sur les trains au Chemin de fer Canadien Pacifique*

Reconnaissant les risques associés aux configurations indésirables des trains, le CFPC a mis en œuvre un système de composition des trains qui permet de gérer les forces s'exerçant sur les trains et de tenir compte, jusqu'à un certain point, des exigences du lotissement en fonction de la destination. Ce système permet de gérer efficacement les forces s'exerçant sur les trains, de réduire le nombre de séparations de trains et d'atténuer les risques de déraillement.

L'enquête du BST a donné lieu aux rapports de laboratoire suivants :

LP 040/2009 - *Analysis of Coupler Knuckle* (analyse de la mâchoire d'attelage)

LP 017/2010 - *Analysis of RSI Train Simulation* (analyse des résultats de la simulation du matériel roulant réalisée par RSI)

On peut obtenir ces rapports en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

3.0 *Conclusions*

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

1. Pendant que le train roulait sur des voies ondulées, une réaction d'attelage modérée a entraîné la rupture d'une mâchoire d'attelage entre le 107^e wagon et le 108^e wagon et la séparation de ces wagons.
2. Le matériau de la mâchoire d'attelage avait une dureté inférieure à celle qui est exigée par la spécification et avait reçu un traitement thermique inapproprié. L'essai de résilience Charpy a révélé que la résistance de ce matériau était inférieure à la moitié de la valeur spécifiée. En raison de ces propriétés, la mâchoire d'attelage était davantage susceptible de se briser subitement sous tension à la température à laquelle l'événement s'est produit et en présence de forces s'exerçant sur le train légèrement plus élevées que d'habitude.
3. Lorsque la conduite générale s'est rompue, un serrage d'urgence intempestif (SUI) s'est déclenché et les deux portions du train ont commencé à ralentir. Emportée par son élan, et se trouvant dans une pente descendante, la portion de queue n'a pas bénéficié d'un freinage aussi efficace que celui de la portion de tête.
4. La portion de queue, qui roulait plus vite, est entrée en collision avec la portion avant, qui roulait plus lentement. Comme les deux portions du train subissaient déjà une compression de leurs attelages, la collision a généré une force de compression estimée à près de 1500 kips.
5. Cette force s'est exercée sur deux wagons plats longs et vides, qui étaient attelés ensemble entre des wagons-citernes plus courts qui étaient chargés; il s'agit d'une combinaison susceptible de causer un déraillement lorsque des forces considérables de compression des attelages s'exercent. Les wagons plats se sont mis en portefeuille et ont exercé un effort latéral contre le côté intérieur des deux rails, lesquels se sont renversés. Les wagons ont ensuite déraillé.
6. Même si l'on avait respecté les Instructions générales d'exploitation du Canadien National et les exigences de la réglementation au moment de former le train, on n'a pas configuré le train de manière à gérer efficacement les forces s'exerçant sur le train.

3.2 *Fait établi quant aux risques*

1. Faute d'un protocole exhaustif de composition des trains, qui assure une gestion efficace des forces s'exerçant sur les trains et qui tient compte de la répartition du poids à l'intérieur du train, le risque de déraillement pendant un freinage d'urgence est accru.

3.3 *Autres faits établis*

1. Si l'on avait refait la composition du train, en plaçant en tête du train le bloc de wagons chargés qui avait été placé en queue du train, la force maximale de compression des attelages aurait diminué d'environ 88 %.
2. Reconnaisant les risques associés aux configurations indésirables des trains, le Chemin de fer Canadien Pacifique a mis en œuvre un système de composition des trains qui permet de gérer efficacement les forces s'exerçant sur les trains et de réduire le nombre de séparations de trains.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *Transports Canada*

Les inspecteurs de la Sécurité ferroviaire de Transports Canada ont réalisé une série d'inspections ciblées concernant les configurations wagons vides/wagons chargés qu'on trouve dans les trains du Canadien National (CN) qui empruntent la subdivision Kingston. Les inspecteurs de la Sécurité ferroviaire de Transports Canada ont effectué 16 de ces inspections entre Brockville et Oshawa en 2009-2010.

Le 7 avril 2010, un inspecteur de la Sécurité ferroviaire de Transports Canada a adressé un Avis au CN en vertu de l'article 31 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* concernant la gestion inefficace des forces s'exerçant sur les trains qui affectent les trains de marchandises exploités dans la subdivision Kingston.

Le 16 avril 2010, en réponse à l'Avis, le CN a annoncé des mesures correctives, indiquant que :

- de façon provisoire, le CN fera en sorte que les trains de marchandises conventionnels mesurent au maximum 8500 pieds et pèsent au maximum 12 000 tonnes;
- le CN contrôlera la configuration de ses trains pour déterminer si l'on a dérogé aux règles au moment de la composition des trains, comme le placement d'un bloc de plusieurs wagons vides devant un bloc de plusieurs wagons chargés;
- le CN commencera à faire rouler des trains à puissance répartie dans la subdivision Kingston et voudrait qu'à l'avenir, tous les trains qui circulent sur ce territoire soient des trains à puissance répartie.

Transports Canada continuera d'exercer une surveillance à bord des trains et entend continuer de faire des examens et des analyses trimestriels ou semestriels des données relatives aux séparations de trains. Transports Canada a demandé à un cabinet spécialisé en recherches d'entreprendre une analyse paramétrique exhaustive des forces s'exerçant sur les trains et de l'interaction connexe entre le train et la voie. On utilisera cette recherche pour établir des liens entre la composition des trains et la géométrie de la voie qui tiennent compte de la déclivité de la voie, de la courbure de la voie, de la longueur du train, du poids du train, de la puissance totale nécessaire, du placement du groupe de traction dans le train, des forces longitudinales dans le train, des forces latérales des roues et de la possibilité d'un déraillement. Les résultats de la recherche seront utilisés pour établir des politiques et lignes directrices sur la composition des trains, la répartition de la puissance, et les facteurs connexes relatifs à la géométrie de la voie et du dévers qui atténuent ou optimisent les forces s'exerçant sur les trains afin d'assurer une exploitation des trains en toute sécurité.

L'étude se fera en cinq étapes; les résultats attendus seront fournis à la fin de chaque étape. Les cinq étapes comprendront une analyse des subdivisions dont les voies sont ondulées et qui comptent beaucoup de courbes, les régions très montagneuses et les régions planes ayant des courbes. L'étude comprendra aussi une analyse des avantages d'utiliser l'outil de planification du logiciel TrAM (Train Area Marshalling) afin de gérer les forces s'exerçant sur les trains. On prévoit que l'étude au complet prendra 21 mois, mais les résultats seront générés à la fin de chaque étape.

4.1.2 *Canadien National*

Le CN a réalisé une analyse des ruptures de train, au terme de laquelle il a identifié quatre secteurs problématiques de voies ondulées dans la subdivision Kingston (des points milliaires 151 à 158, des points milliaires 180 à 184,5, des points milliaires 191 à 193 et des points milliaires 244 à 251 respectivement). À partir des résultats des simulations relatives aux forces s'exerçant sur les trains, le CN a entrepris de rédiger des instructions relatives à la conduite des trains à ces endroits.

Pour atténuer les forces s'exerçant sur les trains, le CN a mis en œuvre les mesures suivantes :

- Il a mis au point un nouveau modèle de boyau de frein à air et de joint étanche qui réduira les risques de rupture de la conduite générale.
- Il a mis à l'essai un logiciel d'optimisation des trajets.
- Il a amélioré la détection et la manœuvre de trains dépourvus d'un dispositif de centrage (avril 2010).
- Il a limité la longueur des trains conventionnels et des trains de marchandises à puissance répartie dans la subdivision Kingston (avril 2010).
- Il a mis en application une règle sur la composition des trains intermodaux afin d'empêcher que des wagons vides soient placés en tête de train (juillet 2010).
- Il a continué d'investir dans la technologie des locomotives à puissance répartie grâce à laquelle les forces s'exerçant sur les trains peuvent être réduites. Le CN prévoit que, d'ici la fin 2010, environ 34 % du parc de locomotives de ligne du CN pourra avoir une puissance répartie; ce chiffre passera à 41 % d'ici la fin 2012.
- Il a mis en application une série de règles sur la composition des trains, règles principalement liées à la répartition du poids des trains. Les règles ont été élaborées afin de réduire les forces s'exerçant sur les trains et les forces entre la voie et les trains et sont fondées sur la science, l'expérience, l'analyse comparative avec d'autres compagnies ferroviaires et un examen des causes fondamentales des données historiques, notamment des analyses des rapports du BST.

- Il a mis au point un logiciel de « moteur de règles » visant à examiner la conformité des règles relatives à la composition des trains selon les données historiques afin d'aider à déterminer les endroits et trains prioritaires et d'examiner la conception des trains pour aider à l'amélioration de la composition des trains. L'efficacité des règles relatives à la composition des trains a été vérifiée et appuyée par un examen des données historiques sur les accidents dans le contexte des règles proposées, notamment tous les accidents énumérés dans le présent rapport d'enquête du BST.
- Il a modifié son système d'information (système Objectif fiabilité ou SRS) de façon à ce qu'il indique si les règles relatives à la composition des trains sont suivies. Le SRS avertit le personnel d'exploitation des problèmes de composition des trains et un rapport quotidien automatisé a été élaboré afin de mesurer le rendement relatif aux règles de composition des trains.
- Il a mis en application une règle qui limite le tonnage suivant un bloc de 10 wagons vides ou plus. Cette règle est présentement en vigueur dans les subdivisions Kingston et Wainwright et s'applique aux terminaux éloignés qui forment des trains exploités dans ces subdivisions. Grâce à cette règle, il y a eu une baisse de près de 50 % des séparations de trains dans ces subdivisions.
- Il continuera de mettre en application des règles relatives à la composition des trains selon la répartition du poids dans d'autres subdivisions de façon continue en fonction du niveau de risque, de la topographie et de l'utilisation de technologie d'atténuation comme la puissance répartie. Le CN a rencontré Transports Canada afin d'examiner ses initiatives en matière de composition des trains. Une réunion de suivi et une mise à jour sont prévues pour l'automne 2010.

4.2 *Préoccupations liées à la sécurité*

4.2.1 *Gestion des forces s'exerçant sur les trains*

L'exploitation des trains a connu des changements considérables ces dernières années. Avant le milieu de la décennie 1990, les trains affectés au service en voie principale avaient une longueur moyenne d'environ 5000 pieds et pesaient en moyenne de 6000 à 7000 tonnes. De nos jours, certains trains mesurent plus de 12 000 pieds et pèsent plus de 12 000 tonnes, et parfois même jusqu'à 18 000 tonnes. L'augmentation importante de la longueur et du poids moyens des trains s'est accompagnée d'une augmentation des forces qui s'exercent normalement sur les trains. Alors que certaines compagnies ferroviaires, comme le Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP), ont reconnu ce risque et ont pris des mesures pour atténuer les forces s'exerçant sur les trains, notamment en adoptant des processus de composition des trains qui tiennent compte de la répartition du poids à l'intérieur du train et du recours à la puissance répartie, d'autres compagnies ferroviaires, comme le CN, ont continué de faire rouler des trains conventionnels plus longs et plus lourds qui sont tirés par un groupe de traction placé en tête du train et qui sont soumis à des forces considérables s'exerçant sur le train. Récemment, le CN a commencé à adopté une approche plus exhaustive quant à la gestion des forces s'exerçant sur les trains.

En comptant cet événement-ci, le BST a enquêté depuis 2001 sur 10 déraillements lors desquels des forces considérables s'exerçant sur des trains longs ont été mises en cause (voir l'annexe A). Dans chaque cas, l'enquête a révélé que la composition des trains et la gestion des forces s'exerçant sur les trains avaient été des facteurs contributifs. Neuf de ces enquêtes ont porté sur le CN et ont démontré que les moyens de défense mis en œuvre par la compagnie ne permettaient pas toujours de maîtriser les forces s'exerçant sur les trains de façon à assurer la sécurité des opérations ferroviaires. En mars 2010, le Bureau a publié sa *Liste de surveillance*, dans laquelle il a traité d'un problème de sécurité lié à l'exploitation de trains plus longs et plus lourds. La *Liste de surveillance* indique que « l'exploitation en toute sécurité des trains plus longs et plus lourds peut être compromise en raison de la conduite et la formation inappropriées des trains », et il invite les compagnies ferroviaires à « prendre d'autres mesures pour veiller à la conduite et la formation appropriées des trains plus longs et plus lourds ». Le Bureau est encouragé par les initiatives récentes du CN, mais les initiatives sont en train d'être mises au point et n'ont pas encore été entièrement mises en œuvre à l'échelle du réseau. Par conséquent, le problème restera sur la *Liste de surveillance* et le Bureau continuera de surveiller les progrès du CN.

Malgré le fait que la composition des trains et l'incapacité de bien gérer les forces s'exerçant sur les trains étaient au nombre des facteurs contributifs d'un certain nombre d'enquêtes du BST, l'organisme de réglementation n'a pas encore formulé de stratégie à long terme pour régler ces nouveaux problèmes. Par conséquent, à part l'obligation de se conformer à la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* et au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*, Transports Canada n'exige pas que les compagnies ferroviaires gèrent les forces s'exerçant sur les trains et les atténuent. La surveillance réglementaire en matière de composition des trains et de gestion des forces s'exerçant sur les trains n'a pas suivi le rythme de l'évolution rapide que les opérations ferroviaires ont connue au cours des dernières années, si bien que le système comporte maintenant des lacunes. Le Bureau reconnaît que Transports Canada fait faire des recherches à contrat sur la gestion des forces s'exerçant sur les trains afin d'établir des lignes directrices exhaustives sur la composition des trains, mais il prendra au moins deux ans avant que de telles lignes directrices entrent en vigueur. Entre-temps, le Bureau est préoccupé par le fait que Transports Canada n'a peut-être pas les bons outils en place pour bien surveiller les méthodes de composition des trains et la capacité des compagnies ferroviaires de gérer les forces s'exerçant sur les trains.

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 29 septembre 2010.

Annexe A – Autres événements connexes mettant en cause les forces s'exerçant sur les trains

Le BST a mené des enquêtes sur les déraillements décrits ci-après :

1. **R07D0009** – Le 12 février 2007, huit wagons du train de marchandises M-31031-10 du Canadien National (CN) ont déraillé près de Drummondville (Québec). La rupture d'une mâchoire d'attelage du 75^e wagon a causé le serrage des freins d'urgence qui s'est répercuté jusqu'à la tête du train. Le train comptait 5 locomotives de tête et 105 wagons (80 chargés et 25 vides), mesurait environ 7006 pieds et pesait quelque 10 815 tonnes. L'enquête a révélé que la composition du train (c'est-à-dire, wagons vides à l'avant et wagons chargés à l'arrière) avait été un facteur contributif.
2. **R07T0110** – Le 28 avril 2007, un véhicule d'entretien de la voie de marque Herzog et 21 wagons vides à niveaux multiples du train de marchandises M36321-26 du CN ont déraillé à Cobourg (Ontario). Le train comprenait 3 locomotives de tête et 84 wagons vides et chargés. Il mesurait 9602 pieds et pesait quelque 9000 tonnes. L'enquête a permis de déterminer que la composition du train, notamment le fait qu'on ait placé un wagon équipé d'attelages non standard en tête du train et qu'on ait placé un tonnage considérable derrière ce wagon, a été un facteur contributif.
3. **R07T0323** – Le 30 octobre 2007, le train de marchandises M38461-29 du CN a déraillé pendant qu'il s'arrêtait pour dételer un bloc de wagons intermodaux à Malport (Ontario). Le train se composait de 4 locomotives de tête et de 131 wagons (59 chargés et 72 vides), mesurait environ 7839 pieds et pesait quelque 7810 tonnes. L'enquête a permis de déterminer que la composition du train, notamment le fait qu'on ait placé du matériel roulant équipé d'attelages non standard en tête du train et qu'on ait placé un tonnage considérable derrière ces wagons, a été un facteur contributif.
4. **R05C0082** – Le 27 mai 2005, 2 locomotives et 24 wagons (dont 3 wagons-citernes sous pression contenant des résidus d'ammoniac anhydre [ONU 1005]) du train de marchandises 277-26 du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) ont déraillé près de Bowden (Alberta). Le train comptait 2 locomotives de tête actives, de modèle AC4400, construites par General Electric, suivies de 2 locomotives isolées GP 9 construites par General Motors et faisant face à l'arrière, ainsi que 77 wagons (22 wagons chargés et 55 wagons vides). Il mesurait 5050 pieds et pesait 4512 tonnes. L'enquête a révélé que des forces considérables de compression des attelages dues à une application soudaine du frein rhéostatique et à la composition du train, en l'occurrence le fait qu'on ait placé en tête de train une locomotive dont les attelages étaient dépourvus de dispositifs de contrôle du jeu latéral des attelages, a été un facteur contributif. L'amplitude des efforts de compression des attelages a été exacerbée par le fait que 18 wagons munis d'attelages souples avaient été placés immédiatement derrière le groupe de traction. La composition du train n'était pas conforme aux Instructions générales d'exploitation (IGE) du CFCP.

5. **R05V0141** – Le 5 août 2005, neuf wagons du train de marchandises A47151-05 du CN, dont un wagon chargé d'hydroxyde de sodium (ONU 1824), appelé aussi soude caustique, et huit wagons vides, ont déraillé près de Garibaldi (Colombie-Britannique). Environ 40 000 litres de soude caustique se sont déversés dans la rivière Cheakamus et ont causé des dommages considérables à l'environnement. Le train était composé de 5 locomotives de tête, de 144 wagons (3 chargés et 141 vides) et de 2 locomotives télécommandées placées derrière le 101^e wagon. Il mesurait quelque 9340 pieds et pesait environ 5002 tonnes. L'enquête a déterminé qu'un effort de traction excessif des locomotives et un tonnage remorqué excessif, combinés au fait que des wagons longs et des wagons courts étaient attelés ensemble, ont occasionné des forces latérales considérables qui ont donné lieu à un ratio latéral/vertical élevé et au soulèvement des roues, ce qui a causé l'étirement de la rame dans la courbe.
6. **R02W0060** – Le 26 avril 2002, le train de marchandises E20131-24 du CN venait de partir de Winnipeg (Manitoba) et roulait sur la voie principale nord de la subdivision Redditt. Comme le train franchissait une liaison alors que le frein rhéostatique était serré, huit wagons du train ont déraillé. Le matériel roulant déraillé comprenait trois wagons couverts contenant des marchandises dangereuses. Le train comptait 3 locomotives et 85 wagons (76 chargés et 9 vides), mesurait 5412 pieds et pesait 9363 tonnes. L'enquête a révélé que la compression des attelages attribuable au tonnage considérable qui était placé à l'arrière du train, combinée à l'effort soutenu de freinage rhéostatique, a généré des forces de compression suffisamment grandes pour causer le soulèvement d'une roue d'un wagon plat vide à support central en A et à parois de bout de 80 pieds de longueur, qui avait été placé près de la queue du train, et pour faire dérailler ce wagon.
7. **R01M0061** – Le 6 octobre 2001, le train de marchandises M30631-05 du CN a heurté une automobile à un passage à niveau de ferme situé dans le canton de Drummond (Nouveau-Brunswick), après quoi 15 wagons du train ont déraillé. Sept des wagons déraillés étaient des wagons-citernes chargés de gaz de pétrole liquéfié, ONU 1075. Le train comptait 3 locomotives de tête, 130 wagons (60 wagons chargés et 70 wagons vides). Il mesurait environ 8700 pieds et pesait quelque 10 000 tonnes. L'enquête a révélé qu'un serrage d'urgence intempestif (SUI) des freins s'est déclenché au moment où le train a heurté l'automobile. En raison du profil de la voie et de la configuration du train, le train a été affecté par des forces excessives de compression des attelages, lesquelles ont causé le renversement du rail et le déraillement.

Le rapport a indiqué que « le CN a équipé 6 % de son parc de locomotives d'un système de contrôle de queue qui déclenche automatiquement un freinage synchronisé à partir de la locomotive et de la queue du train quand l'équipe commande un freinage d'urgence ou un freinage gradué. Toutefois, le CN et d'autres chemins de fer canadiens n'ont pas entrepris un programme de remplacement accéléré des systèmes existants par la nouvelle technologie. En conséquence, les locomotives existantes qui restent continueront d'utiliser les moniteurs de queue plus anciens jusqu'à ce qu'elles arrivent au terme de leur durée de vie utile. Étant donné que le parc de locomotives des chemins de fer canadiens est relativement jeune et que

le service marchandises tend à préconiser l'exploitation de trains de plus en plus longs, les risques associés aux longs trains de marchandises lors de situation d'urgence subsisteront. » Par conséquent, le Bureau a recommandé que :

Transports Canada encourage les compagnies de chemin de fer à mettre en œuvre des technologies ou des méthodes de contrôle des trains pour assurer que les forces générées lors d'un freinage d'urgence permettent l'exploitation du train en toute sécurité.

(R04-01, émise en avril 2004)

Transports Canada a accepté la recommandation du Bureau et a informé ses intervenants. Transports Canada a noté que le CN avait adopté la technologie Trainlink-ES et qu'environ 500 locomotives de ligne en avaient été équipées à la fin de 2006. Le CFCP a adopté une technologie améliorée de contrôle et de freinage en queue (TIBS), qui déclenche automatiquement un serrage d'urgence en queue du train, et il a modifié 94 % de ses locomotives. Toutes les nouvelles locomotives de ligne qui seront achetées seront équipées de la nouvelle technologie. Le Bureau a estimé qu'une attention entièrement satisfaisante a été accordée à la lacune décrite dans la recommandation R04-01.

8. **R01T0006** – Le 16 janvier 2001, 26 wagons du train de marchandises M31031-15 du CN ont déraillé près de Mallorytown (Ontario). Au nombre des wagons déraillés se trouvaient deux wagons-citernes chargés de propane. Le train avait un groupe de traction formé de 2 locomotives de tête et se composait de 149 wagons (76 chargés et 73 vides). Il mesurait environ 9450 pieds et pesait quelque 11 700 tonnes. L'enquête a révélé qu'une combinaison de facteurs relatifs à l'alignement géométrique de la voie, à la composition du train et aux forces de compression générées pendant le freinage d'urgence ont contribué au déraillement, lequel a été consécutif au soulèvement d'une roue.
9. **R00W0106** – Le 16 mai 2000, 19 des 136 wagons du train de marchandises E20531-15 du CN ont déraillé près du point milliaire 155,0 de la subdivision Redditt. Quatre des wagons déraillés contenaient des marchandises dangereuses. Le train était formé de 2 locomotives de tête et de 136 wagons (51 chargés et 85 vides). Il mesurait environ 8800 pieds et pesait quelque 9440 tonnes. L'enquête a permis de déterminer que, pendant une réduction des gaz alors qu'il roulait dans une courbe et descendait une pente, le train a déraillé par suite d'un chevauchement du rail causé par des contraintes latérales attribuables à des forces excessives de compression des attelages qui s'exerçaient dans la partie arrière du train.

Annexe B – Sigles et abréviations

AAR	Association of American Railroads
BHN	indice de dureté Brinell
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CFCP	Chemin de fer Canadien Pacifique
CN	Canadien National
IGE	Instructions générales d'exploitation
mi/h	milles à l'heure
MSRP	<i>Manual of Standards and Recommended Practices</i>
RSI	Rail Sciences Inc.
SRS	système Objectif fiabilité (de l'anglais <i>Service Reliability Strategy</i>)
TIBS	Train Information Braking System
TOES	Train Operations and Energy Simulator
TrAM	Train Area Marshalling
°C	degrés Celsius