

Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## **RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE R10T0213**



**DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE  
DU TRAIN NUMÉRO M31451-28  
EXPLOITÉ PAR CANADIEN NATIONAL  
AU POINT MILLIAIRE 144,19 DE LA SUBDIVISION BALA  
À FALDING (ONTARIO)  
LE 1ER OCTOBRE 2010**

**Canada**

---

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but d'améliorer 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

Canadien National

Train n° M31451-28

Point milliaire 144,19 de la subdivision Bala

Falding (Ontario)

1<sup>er</sup> octobre 2010

Rapport numéro R10T0213

### *Résumé*

Le 1<sup>er</sup> octobre 2010, vers 10 h 50, heure avancée de l'Est, 21 wagons du train de marchandises n° M31451-28 du Canadien National, qui roulait en direction sud de Capreol à Toronto, en Ontario, ont déraillé au sud du passage à niveau du chemin James Bay Junction au point milliaire 144,19 de la subdivision Bala, près de Falding (Ontario). Au nombre des wagons déraillés, il y avait 8 wagons-citernes chargés qui contenaient des gaz de pétrole liquéfiés non odorisés (marchandises dangereuses spéciales, ONU 1075) et 7 wagons-citernes chargés contenant du mazout. Un certain nombre de maisons situées dans le voisinage du déraillement ont été évacuées. Il n'y a eu ni blessures ni déversements.

*This report is also available in English.*

---

## *Autres renseignements de base*

Selon les plans de conception du service des trains du Canadien National (CN), les trains doivent présenter un rapport puissance-tonnage précis. En outre, de tels plans prévoient des ramassages, des garages et des points d'inspection en cours de route pour un train donné. Les journaux des trains du CN sont comparés aux exigences en matière de rapport puissance/poids nominal afin de garantir que les trains offrent la puissance appropriée pour respecter un horaire prédéterminé. Le train de marchandises du CN n° M31451-28 (le train) était un train classique mixte (tiré par un groupe de traction placé en tête) qui était parti d'Edmonton, en Alberta, pour se rendre à Toronto, en Ontario. Entre Winnipeg et Toronto, le train devait fonctionner selon un rapport puissance/poids nominal de 1,3. Pour maintenir ce rapport, les équipes de conduite peuvent mettre périodiquement une locomotive hors ligne, ou mettre une locomotive supplémentaire en ligne et veiller à ce que les locomotives soient convenablement disposées pour circuler dans un territoire donné.

Une équipe en partance (équipe 1) a pris les commandes du train à Hornepayne, en Ontario, et a quitté à 17 h 50<sup>1</sup> le 30 septembre 2010. Le groupe de traction du train comprenait quatre locomotives placées en tête, chacune dotée d'un frein rhéostatique à plage étendue<sup>2</sup>. Le groupe de traction pouvait générer jusqu'à 17 500 horsepower (HP) grâce à 24 essieux moteurs, mais une des locomotives n'était pas en ligne; ainsi, le rapport puissance/poids du train était inférieur à la valeur minimale de 1,3. En conséquence, le Contrôle de la circulation ferroviaire (CCF) a donné comme instruction à l'équipe 1 de mettre la quatrième locomotive en ligne. L'équipe 1 a répondu qu'elle était en mesure de maintenir la vitesse en voie sans la puissance supplémentaire, et le train a poursuivi sa route jusqu'à Capreol, en Ontario, sans changement au groupe de traction.

En arrivant à Capreol, l'équipe 1 a effectué les manœuvres locales requises et a ensuite été remplacée par l'équipe suivante (équipe 2). Durant la relève, l'équipe 1 a remarqué que le train était difficile à conduire en raison de réactions d'attelages excessives. L'équipe 2 a pris les commandes du train et a reçu comme instruction du CCF de mettre la 4<sup>e</sup> locomotive en ligne. L'équipe 2 a observé cette directive et, durant la préparation, elle a laissé les freins rhéostatiques en ligne sur toutes les locomotives. Comme les quatre locomotives étaient en ligne, le groupe de traction pouvait produire un effort de freinage rhéostatique allant jusqu'à 300 000 livres. Le train a quitté Capreol pour se diriger vers Toronto à 7 h 17 le 1<sup>er</sup> octobre 2010.

## *L'accident*

Le train tirait 127 wagons (89 chargés et 38 vides), pesait 12 909 tonnes et mesurait 8 892 pieds de longueur. Trente-neuf des 49 premiers wagons étaient dotés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course; cela comprenait un lot de wagons porte-automobiles vides à plusieurs étages d'une longueur de 93 pieds placés de la 39<sup>e</sup> à la 49<sup>e</sup> position à partir de la tête. Les 50<sup>e</sup> et 51<sup>e</sup> wagons étaient des wagons-trémies couverts vides. Environ 7200 tonnes de

---

<sup>1</sup> Toutes les heures indiquées sont à l'heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

<sup>2</sup> Le frein rhéostatique est un système électrique de freinage de locomotive qui transforme les moteurs de traction en génératrices pour freiner les essieux moteurs. L'électricité ainsi produite est dissipée sous forme de chaleur dans les résistances du frein rhéostatique. Ce frein peut fonctionner de façon isolée ou en combinaison avec le système de freinage pneumatique du train.

---

matériel roulant étaient tractées derrière le 51<sup>e</sup> wagon. Un lot de douze wagons-trémies couverts courts en aluminium vides se trouvait dans la portion de queue du train, de la 95<sup>e</sup> à la 106<sup>e</sup> position.

Les deux membres de l'équipe 2 connaissaient le territoire et étaient qualifiés tant comme chefs de train que comme mécaniciens de locomotive. Ils figuraient au tableau de réserve. Dans le cas présent, un des deux a été appelé et désigné comme le mécanicien de locomotive du train. Le chef de train était bien reposé et apte au travail.



**Figure 1.** Lieu du déraillement  
(Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

À environ 10 h 45, le train se déplaçait vers le sud à 35 mi/h dans la subdivision Bala en direction de Falding, en Ontario (voir la figure 1). Le chef de train a quitté brièvement la zone occupée par les places assises de la cabine et n'était donc pas en mesure d'observer les signaux. À 10 h 47 min 25 s, le train a franchi le signal avancé de marche vers le sud en direction de Falding, au point milliaire 144,6, les freins de train étant desserrés, et le manipulateur à la position 5. Peu après, le chef de train est retourné à la zone occupée par les places assises de la cabine. Plus tard, alors que le train franchissait le point milliaire 144,0, le mécanicien ne pouvait se rappeler l'aspect du signal précédent et l'équipe s'est préparée à arrêter le train avant l'emplacement du signal suivant (point milliaire 142,8), comme l'exige le Règlement d'exploitation ferroviaire (REF) du Canada. Le mécanicien de locomotive a consulté son *guide des pratiques recommandées de conduite des trains pour la subdivision Bala (Best Practices Train Handling Guide for the Bala Subdivision)*<sup>3</sup> du CN, selon lequel le recours au manipulateur, pour les trains en direction du sud, constitue la méthode d'exploitation privilégiée dans le secteur, sans autres restrictions.

Le train a commencé à ralentir en s'engageant sur une rampe. Le mécanicien a rétrogradé le manipulateur, puis a commencé à utiliser les freins rhéostatiques et la déclivité de la voie pour ralentir le train, mais ce dernier n'a pas ralenti comme prévu. À 10 h 49 min 9 s, le train se déplaçait encore à 33 mi/h, et se trouvait à une distance de 3/4 de mille du signal situé au point milliaire 142.8. Le levier de frein rhéostatique a été déplacé de la position 3 à la position 6 en 2 secondes et la vitesse du train est descendue de 33 mi/h à 29 mi/h au cours des 11 secondes suivantes.

<sup>3</sup> Le CN publie un Guide des pratiques recommandées de conduite des trains pour plusieurs subdivisions. Le guide fait état des points de contrôle importants, des gares, des ouvrages, des canaux de communication, des déclivités et des courbes, des zones de vitesse et des méthodes d'exploitation des trains dans des conditions optimales.

À 10 h 49 min 22 s, l'équipe a senti des forces de compression des attelages dans le train et a observé une augmentation de la vitesse du train de l'ordre de 3 mi/h. Le mécanicien a réduit le frein rhéostatique, puis l'a mis à différentes positions entre 2 et 6 au cours des 20 secondes suivantes. À 10 h 49 min 42 s, la locomotive de tête a fait l'objet d'un freinage d'urgence intempestif déclenché par le train au point milliaire 143,25. La fonction d'affranchissement du frein direct de la locomotive a été actionnée et à 10 h 50 min 2 s. Le groupe de tête s'est immobilisé au point milliaire 143,17, à environ 2 000 pieds au nord du signal au point milliaire 142,8.

L'équipe a effectué l'envoi des messages d'urgence nécessaires et a établi que 21 wagons (lignes 49 à 69) avaient déraillé au sud du passage à niveau du chemin James Bay Junction au point milliaire 144,19. Les wagons déraillés comprenaient 8 wagons-citernes chargés qui contenaient des gaz de pétrole liquéfiés (marchandises dangereuses spéciales, ONU 1075) et 7 wagons-citernes chargés qui contenaient du mazout non réglementé. Les maisons et les établissements commerciaux situés à l'intérieur d'un rayon de 1,6 km ont été évacués jusqu'à ce que le lieu soit sécurisé. Des dispositifs de protection de l'environnement ont été mis en place en aval du lieu de l'accident. Il n'y a eu ni blessures ni déversements. Plusieurs wagons-citernes chargés ont été endommagés. Le produit a été transbordé au cours des jours suivants. La plupart des gens ont pu réintégrer leur domicile deux jours plus tard.

### *Examen du lieu*

Les wagons déraillés se sont immobilisés au bas d'un affaissement<sup>4</sup> dans un secteur ondulé présentant des courbes<sup>5</sup>. À 11 pieds au sud du passage à niveau du chemin James Bay Junction, dans la courbe de raccordement de sortie d'une courbe vers la droite de 5 (dans le sens d'avancement du train), où il y avait des marques de boudins sur le champignon du rail ouest (sur une longueur de 5 traverses). Les marques s'estompaient du côté extérieur du rail, où les premières marques de boudins de roues avaient été observées sur les traverses entre les rails et juste après les extrémités des selles, du côté extérieur du rail ouest. Les marques de boudins se poursuivaient au sud, dans une zone où la voie était détruite. Aucune marque de boudin de roue n'a été observée sur le champignon du rail est. À environ 105 pieds au sud du passage à niveau, le rail ouest s'était renversé du côté extérieur et le rail est était incliné du côté extérieur. La voie était détruite sur une distance d'environ 1500 pieds.

Les wagons déraillés comprenaient le wagon TTGX 99062 - wagon porte-automobiles à plusieurs étages vide (ligne 49); le wagon NAHX 551057 - wagon-trémie couvert vide d'une longueur de 65 pieds et d'un poids de 32 tonnes (ligne 50); le wagon CGLX 4229 - wagon-trémie couvert en aluminium vide d'une longueur de 40 pieds et d'un poids de 27 tonnes (ligne 51); 15 wagons-citernes chargés (lignes 52 à 66); et trois wagons porte-automobiles à plusieurs étages vides (lignes 67 à 69).

---

<sup>4</sup> Une diminution de la déclivité suivie d'une augmentation suffisante de la déclivité qui cause un accroissement de la réaction d'attelage et des forces en-train.

<sup>5</sup> Un profil de voie comportant des séries de rampes et de pentes suffisamment rapprochées pour que les wagons d'un train de longueur moyenne se retrouvent sur au moins 3 différentes déclivités ou 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 wagons 49 à 51 ont déraillé debout et sont demeurés attelés à la portion de tête du train. Lorsque le bogie arrière du wagon TTGX 99062 a déraillé, ses roues du côté ouest sont tombées entre les rails et sa roue est restée maintenue sur le champignon du rail. Lorsque le bogie avant du wagon NAHX 551057 a déraillé, ses roues du côté est sont tombées entre les rails et les roues du côté ouest sont demeurées sur le champignon du rail. Lorsque le bogie arrière du wagon NAHX 551057 et le bogie avant du wagon CGLX 4229 ont déraillé, leurs roues sont tombées entre les rails, qui se sont écartés. Le bogie arrière du wagon CGLX 4229 s'est déplacé d'en dessous du wagon et s'est immobilisé au nord d'un pont à chevalets court; son essieu arrière a été retrouvé à 400 pieds au nord, sous l'extrémité avant du wagon suivant, PROX 29699 (ligne 52). La portion supérieure de la mâchoire d'attelage de l'extrémité avant du wagon PROX 29699 était abîmée; l'examen de la surface a révélé qu'une contrainte excessive a entraîné une rupture fragile du matériau; aucun défaut des pièces coulées n'a été observé.

Les 15 wagons-citernes chargés suivants (du 52<sup>e</sup> au 66<sup>e</sup>) s'étaient renversés et s'étaient mis en portefeuille selon différentes orientations, surtout vers l'ouest d'une portion de 350 pieds de voie élevée en alignement droit. Dans ce secteur, le rail ouest s'est renversé et s'est déplacé vers l'ouest. Les wagons-citernes déraillés ont glissé dans un talus et se sont immobilisés dans une zone marécageuse, où la voie entrait dans une courbe vers la gauche de 2°. Le 66<sup>e</sup> wagon s'est immobilisé debout sur la rive de la rivière Boyne, à l'est des voies. Les wagons 67 à 69 ont déraillé debout sur l'âme du rail ouest incliné, et sur les traverses entre les rails (voir la figure 2).

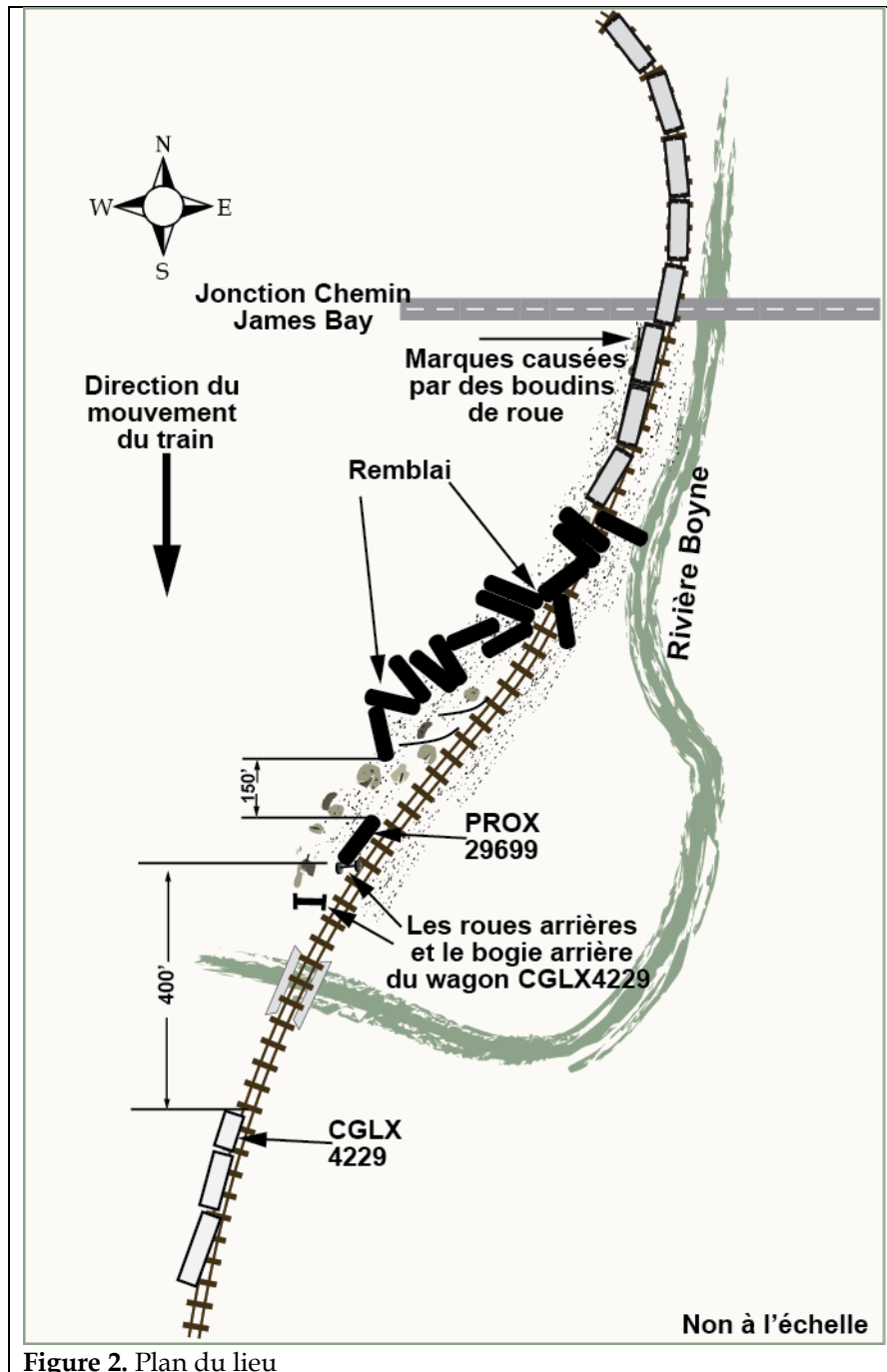


Figure 2. Plan du lieu

### *Information sur les voies*

La subdivision Bala est constituée d'une voie principale unique de catégorie 4, qui va de Toronto (point milliaire 0,0) vers le nord à Capreol (point milliaire 276,1). Dans le voisinage du déraillement, entre le point milliaire 142,3 et le point milliaire 160,3, la vitesse de zone permise dans la subdivision pour les trains de marchandises avait été réduite de manière permanente à 40 mi/h (normes des voies de catégorie 3). Les mouvements dans la subdivision Bala sont régis par le système de commande centralisée du trafic, comme autorisé par le REF du Canada et supervisé par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) à Toronto.

Entre Boyne (point milliaire 146,1) et le chemin James Bay Junction (point milliaire 144,19), une déclivité de la voie en pente généralement descendante fluctue entre 0,0 % et -0,6 % au fil s'une série de 5 courbes. Le chemin James Bay Junction traverse la voie dans la courbe de raccordement de sortie d'une courbe vers la droite de 5°. À partir du passage à niveau jusqu'au signal de voie d'évitement nord à Falding (point milliaire 142,8), la voie est inclinée en pente ascendante à environ 0,8 %.

Dans le voisinage du déraillement, la voie avait fait l'objet d'une inspection visuelle conformément au [Règlement concernant la sécurité de la voie] [Règlement sur la sécurité ferroviaire] approuvé par Transports Canada (TC). La plus récente inspection visuelle a eu lieu juste avant l'accident du 1<sup>er</sup> octobre 2010; à cette occasion, aucun défaut n'a été relevé. La dernière tournée d'auscultation des rails a été effectuée le 1<sup>er</sup> septembre 2010, aucune particularité n'ayant été relevée à cette occasion. La plus récente inspection de la géométrie de la voie a été menée le 19 septembre 2010.

La voiture de contrôle de la géométrie de la voie a enregistré deux défauts dans le voisinage du déraillement entre le point milliaire 144,1689 et le point milliaire 144,1625, soit un défaut de type Warp 31 dans une courbe de raccordement urgent<sup>6</sup> de 1.5 po sur 3 pi, et un<sup>7</sup> défaut WRP62SPR quasi urgent (défaut de type Warp 62 dans une courbe de raccordement<sup>8</sup> de 1 7/8 po sur 15 pi. Un ordre temporaire de limitation de vitesse à 25 mi/h pour les trains de marchandises a été appliqué et les réparations ont été effectuées le même jour. Le nivellement local a été effectué le 21 septembre 2010 et la limitation de vitesse a été retirée.

### *Forces en-train*

Les locomotives plus récentes, comme celles en cause dans l'événement, sont dotées de freins rhéostatiques à plage étendue et peuvent produire des forces de freinage importantes. Dans le cas des trains classiques, ces forces de freinage rhéostatique sont concentrées à la tête du train, ce qui a généralement comme résultat que les éléments du train se rapprochent considérablement les uns des autres, les réactions d'attelage se réduisant. De manière générale, lorsque des freins à air automatiques sont utilisés, ils sont serrés partout dans le train, ce qui, normalement, garde le train étiré. Les freins rhéostatiques ont été utilisés exclusivement par le mécanicien de locomotive pour tenter d'arrêter le train avant qu'il franchisse le signal.

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. Aujourd'hui, les trains d'une longueur de 12000 pieds/ d'un poids de 12000 tonnes ne sont pas inhabituels. L'augmentation importante de la longueur et du poids moyens des trains s'est accompagnée d'une augmentation des forces en-train normales dans le cas des trains classiques tirés par des

---

<sup>6</sup> Le terme WRP31 désigne l'écart de nivellement transversal qu'on mesure entre 2 points situés à 31 pieds l'un de l'autre dans une courbe de raccordement.

<sup>7</sup> Les défauts quasi urgents sont définis comme des défauts qui atteignent 90 % de la valeur correspondant à celle d'un défaut nécessitant une intervention urgente.

<sup>8</sup> Le terme WRP62SPR désigne l'écart de nivellement transversal qu'on mesure entre 2 points situés à moins de 62 pieds l'un de l'autre dans une courbe de raccordement.

---



groupes de traction placés en tête de train. Lorsque les groupes de traction de tête comportent des freins rhéostatiques à plage étendue, l'utilisation de ces freins peut accroître, dans certaines situations, les forces en-train. Dans de telles conditions, le placement des wagons ou la formation des trains joue un rôle important dans la réduction des forces en-train.

En 1992, l'Association of American Railroads (AAR) a publié un manuel ayant pour objet d'expliquer les notions de base se rattachant aux paramètres qui ont une incidence sur la sécurité des trains, compte tenu de leur composition.

Le document R-802 de l'AAR, *Train Make-Up Manual*,<sup>9</sup> (Manuel sur la composition des trains) traite des forces en-train excessives. Selon ce document, les changements de déclivité constituent une importante force transitoire qui peut être davantage accentuée en présence de courbes horizontales. Selon le manuel, le tonnage ne doit pas être concentré en queue de train lorsque les voies sont ondulées. Les changements aux réglages de puissance et de freinage doivent être légers et graduels.

Un train se déplace sous l'effet de la force de traction exercée par la locomotive. Il est ralenti par les freins rhéostatiques, les freins à air et la résistance au roulement du matériel roulant. Lorsqu'un train circule sur une voie en alignement droit et que ses attelages sont étirés, les forces de barre de traction agissent le long de l'axe de la voie. Lorsqu'un wagon négocie une courbe, les forces latérales ainsi créées sont transmises à l'interface roue-rail, la courbure du rail ayant une incidence sur la tendance de la roue à rouler droit devant. Une telle situation survient surtout lorsque le boudin de roue entre en contact avec la face intérieure du rail haut. Lorsque les attelages du train sont comprimés, les forces ainsi créées ont tendance à pousser le train vers l'extérieur. Si un délestage des roues survient à ce moment, il peut se produire un déraillement par soulèvement des roues.

Des forces latérales et verticales s'exercent toujours sur les roues d'un véhicule lorsque ce dernier se déplace. Le rapport effort latéral/effort vertical est la force latérale qui exerce une pression contre le rail, vers l'extérieur, divisée par la force verticale exerçant une pression contre le dessus du rail, vers le bas. La tendance de la roue à se soulever ou à grimper sur le rail augmente avec l'accroissement du rapport effort latéral/effort vertical. Le rapport effort latéral/effort vertical augmentera si les forces latérales s'accroissent et les forces verticales demeurent constantes, ou si les forces latérales diminuent et les forces latérales demeurent constantes. Il est connu qu'un rapport effort latéral/effort vertical de la roue supérieur à 0,82 suffit pour causer un soulèvement des roues, tandis qu'il est connu qu'un rapport effort latéral/effort vertical supérieur à 0,75 suffit pour faire en sorte que les roues grimpent sur un rail usé.<sup>10</sup>

Le rapport n° R-802 de l'ARR, *Train Make-Up Manual*, traite également des cas spéciaux des wagons dotés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course et des wagons de tare extrêmement faible. Les amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course augmentent les réactions d'attelage et peuvent accroître considérablement les forces en-train. Plus précisément, le manuel indique qu'on ne devrait pas placer des lots importants de wagons

---

<sup>9</sup> Association of American Railroads, Research and Test Department, Report R-802, *Train Make-Up Manual*, janvier 1992.

<sup>10</sup> Train Derailment Cause Finding, rapport n° R-522 de l'AAR, avril 1982.

---

dotés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course devant des lots importants de wagons chargés dotés d'appareils de choc et de traction classiques.

En outre, le manuel indique que les wagons présentant une tare extrêmement faible peuvent poser un problème s'ils sont placés devant des wagons plus lourds. En particulier, il est reconnu que les wagons légers courts sont susceptibles de faire l'objet d'un étirement ou d'une mise en portefeuille lorsqu'ils sont placés devant un tonnage remorqué important. Lorsque de tels wagons sont vides, les faibles forces verticales exercées sur eux amplifient les rapports effort latéral/effort vertical lorsque des forces longitudinales élevées causent une mise en portefeuille. Dans de telles circonstances, ces wagons sont susceptibles de faire l'objet d'un déraillement à cause de la montée des roues, dans les courbes lorsqu'ils sont attelés devant un tonnage remorqué important. La position du train en cause dans l'événement par rapport au tonnage remorqué et à la déclivité de la voie est présentée à la figure 3.

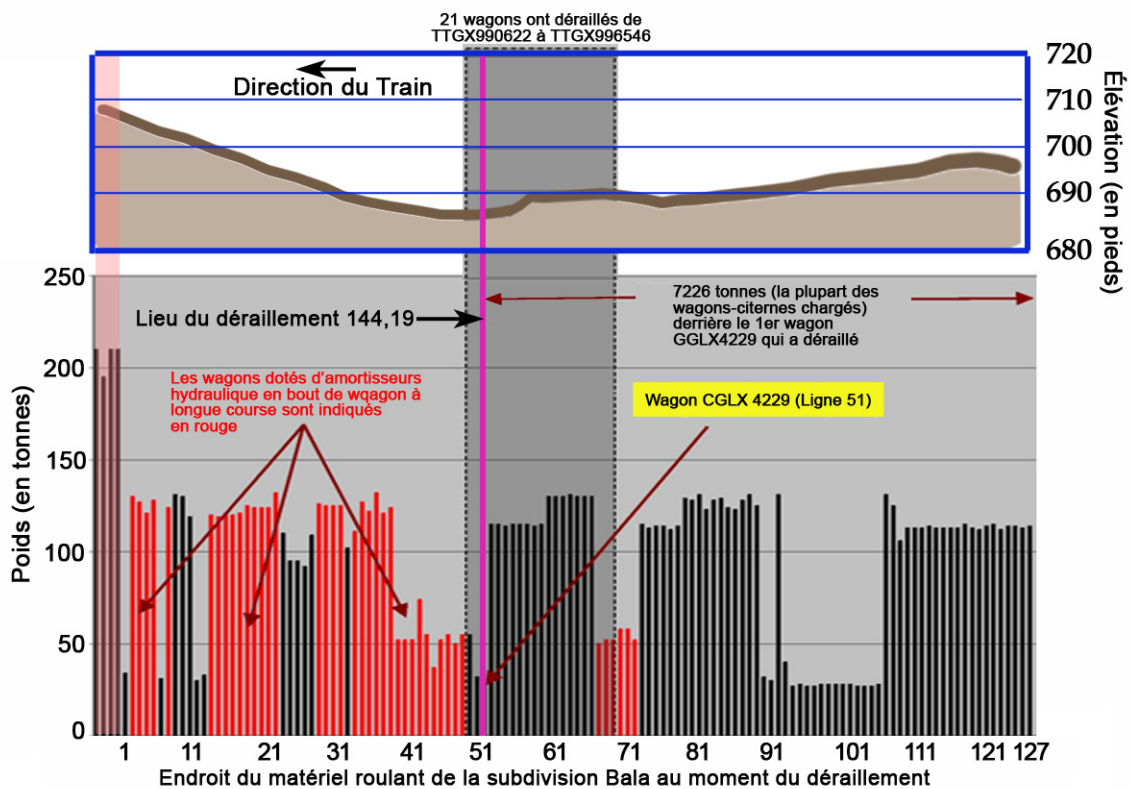


Figure 3. Profil de tonnage et déclivité de la voie dans la zone du déraillement. Les wagons dotés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course sont indiqués en rouge

### Formation des trains du CN

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 lots 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 formation des trains qui dérogent au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* ou aux Instructions générales d'exploitation (IGE) du CN. 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). Toutefois, au moment de l'accident, peu de restrictions du genre s'appliquaient au placement de la plupart des types de wagons de marchandises, vides ou chargés.

En raison d'un certain nombre d'enquêtes du BST portant sur des trains plus longs et plus lourds ainsi que sur la gestion inappropriée des forces en-train, le Bureau a inclus ce problème de sécurité dans sa Liste de surveillance (mars 2010). 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 de la formation inappropriées des trains », et il invite les sociétés ferroviaires à « prendre d'autres mesures pour veiller à la conduite et la formation appropriées des trains plus longs et plus lourds ».

En juillet 2010, le CN a entrepris d'élaborer des règles relatives à la formation des trains destinées principalement aux trains classiques tirés par un groupe de traction placé en tête. Les règles sont fondées sur les pratiques courantes dans l'industrie ferroviaire ainsi que sur l'historique des accidents tout en mettant essentiellement l'accent sur la répartition du poids dans les trains, en vue de la réduction des forces en-train. Le CN a proposé les règles de formation des trains qui suivent :

- Règle 1, trains avec poids important en queue : 33 % ou plus du poids du train dans la portion de 25 % située en queue du train
- Règle 2, stabilité des lots de wagons vides : lot complet comportant plus de 10 wagons légers
- Règle 3, lot complet de plus de 20 wagons chargés attelé à un lot complet comportant plus de 20 wagons légers
- Règle 4, nombre excessif de wagons comportant des amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course; plus de 120 par train
- Règle 5, nombre excessif, en tête de train, de wagons comportant des amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course; trains dont la portion de 25 % située en queue comporte plus de 80 % de wagons sans amortisseurs
- Règle 6, wagon long-wagon court; wagon long d'une longueur égale ou supérieure à 79 pieds attelé à un wagon court d'une longueur inférieure à 47 pieds

Des règles supplémentaires assujetties aux critères relatifs au tonnage des trains seront créées pour le territoire.

Le CN a entrepris une mise en œuvre partielle de ces règles qui ont été initialement mises à l'essai, puis établi en décembre 2010, les règles 1, 2 et 4 dans les subdivisions Kingston et Wainwright, son objectif étant que les règles relatives à la formation des trains finissent par être appliquées à l'échelle du réseau. En outre, le CN a restreint la longueur maximale des trains à 8 500 pieds pour les trains classiques dans les deux subdivisions et a commencé à faire rouler des trains à puissance répartie. Même si la longueur du train en cause dans l'événement excédait la longueur permise, les règles de formation des trains du CN n'étaient pas en vigueur dans la subdivision Bala au moment de l'accident. En outre, aucune règle ne régit le placement des wagons de marchandises légers et courts.

---

## *Autres pratiques en matière de formation des trains*

Le Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) tient compte de la répartition du poids dans la formation des trains. Le CFCP a mis au point et mis en œuvre le Train Area Marshalling (TrAM) ou Classement zonal dans les trains, système informatisé exclusif de formation des trains qui vise à atténuer l'effet des forces en-train. 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, ainsi que de la courbure et de la déclivité des voies sur lesquelles le wagon va rouler.

Le système tient aussi compte du placement des wagons munis d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course et des groupes de traction télécommandés et aide à leur placement. Le système TrAM exige 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 classiques, on interdit de placer des lots de wagons lourds en queue de train, à moins que les lots qui les précèdent ne soient aussi lourds. Les wagons légers (vides) ou les lots 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 formation des trains.

## *Simulation de la dynamique du train*

Une simulation de la dynamique du train a été effectuée en vue de l'évaluation de l'utilisation des freins rhéostatiques, de l'amplitude des forces de traction longitudinales générées et de tout rapport effort latéral/effort vertical transformé connexe sur le train en cause dans l'événement, selon les conditions dans lesquelles l'accident est survenu. Pour accélérer l'analyse, le modèle simplifié n'incluait pas l'effet supplémentaire des forces de compression générées par la présence des amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course en tête de train. En conséquence, les valeurs des forces longitudinales produites sont considérées comme conservatrices.

La simulation a permis de déterminer ce qui suit :

- Le 51<sup>e</sup> wagon, soit le wagon CGLX 4229, un wagon court, léger et vide, est probablement le premier wagon qui a déraillé. Les forces longitudinales les plus élevées ont été enregistrées près de la tête du train, des forces plus modérées ayant agi sur le premier wagon déraillé.
  - La comparaison des forces en-train et des rapports effort latéral/effort vertical transformés du wagon CGLX 4229 (51<sup>e</sup>) à ceux du wagon PROX 29699 (52<sup>e</sup>) démontrent l'importance du poids des wagons. Les forces en-train étaient très proches aux wagons adjacents, mais les rapports effort latéral/effort vertical transformés étaient très différents. Le rapport effort latéral/effort vertical transformé qui a été enregistré au wagon vide très léger (51<sup>e</sup>) était de 1,08, ce qui excédait la valeur prescrite relative à la montée des roues, tandis que le rapport effort latéral/effort vertical pour le wagon-citerne lourdement chargé (52<sup>e</sup>) était de 0,31, ce qui se situait à l'intérieur des limites de sécurité.
-

- Le terrain ondulé a également eu une incidence sur la répartition des forces en-train.
- Pour le train en cause dans l'événement, qui compte en tête quatre locomotives ainsi que 24 essieux avec frein rhéostatique en service, une force de compression modérée de 129 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 1,08 au wagon CGLX 4229. Lorsqu'il y a mise en portefeuille de la caisse d'un wagon, les forces exercées sur un wagon sont amplifiées, ce qui crée des situations où une force de compression modérée peut produire un rapport effort latéral/effort vertical élevé. Lorsque les forces agissent sur un wagon léger court, une roue peut être amenée à grimper sur le rail ou à faire se renverser ce dernier.
- Pour le train en cause dans l'événement, qui comptait en tête 3 locomotives ainsi que 18 essieux avec frein rhéostatique en service, une force de compression modérée de 105 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 0,88 au wagon CGLX 4229. On considère encore que ce rapport effort latéral/effort vertical présente un risque de déraillement causé par la montée des roues<sup>11</sup>.
- Lorsque 2 des locomotives ont été placées au milieu du train (puissance répartie), une force de compression de 40 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 0,41 au wagon CGLX 4229.
- Bien que les valeurs maximales mesurées pour les freins rhéostatiques étaient modérément élevées, l'utilisation et le serrage non standard des freins rhéostatiques ont constitué un facteur contributif à ce déraillement.

### *Guide du mécanicien de locomotive du CN*

Le *Guide du mécanicien de locomotive du CN* (août 2010<sup>12</sup>), section G, Conduite des trains, présente notamment les instructions suivantes concernant l'utilisation des freins rhéostatiques :

- La section G1.2 vise à normaliser et à faire connaître les pratiques exemplaires établies de conduite des trains à l'échelle du CN.
  - i. Planifier à l'avance la conduite en fonction des arrêts prévus et des réglages de vitesse à effectuer.
  - ii. Veiller à déplacer le manipulateur et à serrer les freins graduellement, par paliers.
  - iii. Recourir principalement au manipulateur pour régler la vitesse.
  - iv. Utiliser et régler le manipulateur, le frein rhéostatique et les freins à air de manière à réduire les forces en-train ainsi que les efforts mis en jeu entre le train et la voie.
  - v. Laisser s'ajuster graduellement le jeu des attelages dans le train avant d'augmenter la puissance de traction et l'intensité de serrage du frein rhéostatique ou des freins à air.

---

<sup>11</sup> *Train Derailment Cause Finding*, rapport n° R-522 de l'AAR, avril 1982.

<sup>12</sup> Voir également la section G des IGE du CN.

---

- Aux termes de la section G2.12, le frein rhéostatique est très efficace pour régler la vitesse, mais il peut produire des forces en-train et des efforts entre le train et la voie élevés. Comme l'effort retardateur obtenu au moyen du frein rhéostatique est concentré en tête de train, il y a des limites pratiques à respecter en ce qui a trait à l'intensité de freinage. Pour éviter la production d'efforts excessifs, il peut être nécessaire d'utiliser en combinaison le frein rhéostatique et le frein automatique et/ou de mettre en œuvre des stratégies de maîtrise de la vitesse un peu plus à l'avance. Quelle que soit la position du levier du frein rhéostatique, on obtient un effort retardateur maximal quand le train circule à des vitesses allant de 5 à 30 mi/h. Il faut donc faire preuve de plus de vigilance dans cette plage de vitesses. Il faut déplacer le levier du frein rhéostatique en douceur et de façon régulière.

Voici les principales étapes de la marche à suivre pour serrer les freins rhéostatiques :

(i) Lorsque l'on passe de la traction au freinage rhéostatique, il faut rétrograder le manipulateur à la position RALENTI une position à la fois, en faisant une courte pause à chaque position. Une fois le manipulateur à la position RALENTI, il faut attendre 10 secondes, puis placer la poignée du frein rhéostatique à la position RÉGLAGE. La pause permet au courant présent dans les champs du moteur de traction de se dissiper, empêche la survenue d'une poussée soudaine d'effort retardateur et permet au jeu des attelages de s'ajuster.

(ii) Pour activer le freinage rhéostatique, poussez la poignée du frein rhéostatique au-delà de la position RÉGLAGE par petits gestes progressifs, pour permettre au jeu des attelages de se resserrer derrière les locomotives.

(iii) Une fois le jeu des attelages resserré derrière les locomotives, il faut régler de nouveau la poignée du frein rhéostatique en douceur et de rythme régulier, et attendre au moins 30 secondes afin d'appliquer le freinage maximal.

(iv) Si l'avertisseur lumineux de patinage ou de freinage s'allume, il faut réduire l'effort de freinage rhéostatique jusqu'à ce que ledit avertisseur s'éteigne. Si l'avertisseur lumineux demeure allumé, arrêtez le train et inspectez le groupe de traction.

(v) Pour empêcher le jeu des attelages de s'étirer lorsque le train s'arrête complètement, il faut serrer graduellement le frein direct. La poignée du frein rhéostatique peut être placée à la position OFF (arrêt) une fois que le frein direct devient actif. Il est également possible que l'on doive serrer les freins du train pour empêcher les attelages de s'étirer sur une rampe.

- Selon le paragraphe G2.13, les locomotives équipées d'un frein rhéostatique peuvent générer des efforts retardateurs très élevés qui risquent d'endommager la structure de la voie et/ou de produire des forces de compression excessives dans le train. Chacune de ces situations peut causer un déraillement. En conséquence, on doit limiter l'utilisation du frein rhéostatique. Pour respecter ces limites, le mécanicien de locomotive doit régler
-

sa vitesse plus longtemps à l'avance et/ou utiliser à la fois le frein rhéostatique et le frein automatique.

- L'alinéa G2.13 (1) limite à 18, dans le groupe de locomotives en tête, le nombre d'essieux avec frein rhéostatique en service. Quand une ou plusieurs locomotives à courant alternatif (c.a.) sont utilisées, le nombre d'essieux avec frein rhéostatique en service ne doit pas dépasser 12.
- La section G3.3 porte sur la mise en portefeuille. On y enjoint aux conducteurs de trains de faire preuve d'une très grande prudence lors d'arrêts en situation de compression ou de réduction de la vitesse et de tenir compte des caractéristiques de la voie (déclivité et courbe) ainsi que de la répartition du poids du train. On leur indique en outre d'être vigilants lors qu'ils utilisent le frein rhéostatique sans les freins à air du train pour ralentir ou arrêter le train, surtout si le groupe de traction comprend trois locomotives ou plus.

### *Instructions à l'intention des mécaniciens de locomotive du CN sur la conduite des trains*

Les mécaniciens de locomotive reçoivent une formation sur les règles de conduite des trains et les connaissances qu'ils ont acquises sont ensuite vérifiées dans le cadre de la formation de mécanicien de locomotive. Habituellement, la formation pratique a lieu dans la région où le mécanicien de locomotive travaille. Durant la formation pratique, les mécaniciens de locomotive stagiaires acquièrent de l'expérience dans la composition et la conduite des trains. Les équipes reçoivent le *Best Practices Train Handling Guide* du CN pour la subdivision visée, afin d'apprendre à conduire le train de la manière la plus efficace qui soit. Pour économiser le carburant et réduire l'usure des composants des freins, les équipes apprennent à planifier d'avance et à se servir en priorité du manipulateur et du frein rhéostatique pour la conduite du train.

L'équipe 2 a reçu des instructions sur l'utilisation du frein rhéostatique et sur la limitation, dans le groupe de locomotives en tête, du nombre total d'essieux avec frein rhéostatique en service. Le mécanicien de locomotive avait conduit des trains au sud de Parry Sound à 18 occasions différentes; plusieurs de ces trains étaient de série M314 ou des trains de marchandises mixtes similaires. Le chef de train n'avait pas encore été appelé à conduire un train en tant que mécanicien de locomotive qualifié. Les trains du CN classiques circulant dans la région des Grands Lacs nécessitent rarement plus de 2 ou 3 locomotives pour répondre aux exigences en matière de rapport puissance/poids. En conséquence, les équipes conduisent rarement un train dont le groupe de tête comporte plus de 18 essieux au total. Avant cet accident, l'équipe 2 n'avait jamais conduit un train pour lequel elle était tenue d'appliquer la limitation du nombre total d'essieux avec frein rhéostatique en service à 18 dans le groupe de locomotives de tête.

---

## *Employés de réserve*

Les chefs de train de réserve ne sont pas affectés à des trains particuliers, mais sont appelés pour remplacer des employés absents, sous réserve des règles liées au temps de travail et de repos de l'industrie. Les équipes sont appelées pour des affectations selon le principe de l'ancienneté et celui du « premier entré, premier sorti ». Les employés dont le nom figure au bas du tableau de réserve sont généralement moins en mesure de prédire leur prochaine affectation de travail que ceux dont le nom est inscrit dans le haut du tableau. Les employés de réserve peuvent, dans une certaine mesure, prévoir à quel moment ils sont susceptibles d'être appelés pour travailler. Les chefs de train de réserve qui sont également qualifiés comme mécaniciens de locomotive peuvent être appelés en tout temps pour une affectation en qualité de mécaniciens; toutefois, ces employés ne seront pas appelés pour conduire des trains à la même fréquence que les employés du groupement de mécaniciens.

## *Règles liées au temps de travail et de repos et horaire de sommeil et d'éveil pour le mécanicien de locomotive*

Conformément aux Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation ferroviaire de TC (Règles relatives au temps de travail et de repos), les employés itinérants reçoivent une formation sur la gestion de la fatigue et il leur incombe de s'assurer d'être frais et dispos lorsqu'ils sont appelés pour travailler. S'il est indiqué qu'un employé est disponible pour un quart et qu'il le refuse, l'entreprise peut prendre des mesures disciplinaires à son égard.

En novembre 2007, le Comité d'examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* a fait la recommandation suivante :

(43) « La gestion de la fatigue est traitée de diverses façons complémentaires, notamment au moyen des Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation ferroviaire, des programmes de gestion de la fatigue et des conditions et modalités d'emploi.

- Les Règles relatives au temps de travail et de repos actuelles ne fournissent pas un cadre de base satisfaisant pour la gestion des risques liés à la fatigue dans le cadre de l'exploitation ferroviaire. Ces règles devraient être modifiées pour mieux refléter la science actuelle de gestion de la fatigue.
  - Un solide système de programmes de gestion de la fatigue et devrait faire l'objet de vérifications par Transports Canada, comme c'est le cas des programmes du système de gestion de la sécurité.
  - La gestion de la fatigue est également une question que les chemins de fer et les membres du personnel d'exploitation devraient aborder lors de l'établissement des conditions et modalités d'emploi. »
-



Les Programmes de gestion de la fatigue : Exigences et guide d'évaluation<sup>13</sup> ont été approuvés en septembre 2010. Ces programmes procurent des recommandations détaillées pour l'élaboration et l'évaluation de procédures et de programmes de gestion de la fatigue.

Le mécanicien de locomotive était en repos depuis plus de 36 heures avant le voyage au cours duquel a eu lieu l'événement. Compte tenu de sa nuit de sommeil et de sa sieste d'après-midi, le mécanicien de locomotive obtenait normalement environ 7,5 heures de sommeil chaque jour. La nuit précédant l'événement, le mécanicien de locomotive est allé se coucher peu avant 1 h et a été réveillé par un enfant qui pleurait vers 3 h. Il a dormi 1 à 1 ½ heure durant ce temps. Il est demeuré éveillé et a reçu son appel pour le travail à 4 h 45. Il a commencé son quart à 6 h 25.

### *Durée du sommeil, fatigue et rendement*

La plupart des gens ont besoin de 7,5 à 8,5 heures de sommeil par période de 24 heures<sup>14</sup>. Les recherches ont démontré de manière fiable que le fait de diminuer la durée totale du sommeil d'une personne en deçà de ses besoins biologiques entraînait chez elle de la fatigue et une baisse de rendement<sup>15, 16, 17</sup>. La fatigue met en péril plusieurs aspects de la performance humaine. Cela comprend une réduction de la fonction cognitive, de l'attention et de la mémoire<sup>18, 19, 20</sup>. Un examen de 100 accidents et quasi-accidents ferroviaires réalisé en 1997 a permis d'établir qu'une baisse de vigilance constituait le plus important facteur contributif unique<sup>21</sup>. Des études révèlent en outre que les conducteurs de trains fatigués sont moins efficaces. Voici, de manière plus précise, ce que les études ont permis de déterminer :

- La consommation de carburant est plus élevée, les freinages énergiques sont plus fréquents et l'utilisation du frein rhéostatique et du manipulateur est réduite. Généralement, les freinages énergiques surviennent lorsque les conducteurs des trains tentent d'effectuer une réduction de vitesse soudaine et essentielle à la sécurité parce qu'ils ont omis de procéder à une planification appropriée en fonction des caractéristiques de la voie en aval exigeant le ralentissement du train. De manière générale, cela signifie que la fatigue affecte la capacité à planifier d'avance et a une incidence sur le comportement du conducteur<sup>22</sup>.

---

<sup>13</sup> Transports Canada, *Programmes de gestion de la fatigue : Exigences et guide d'évaluation*, septembre 2010.

<sup>14</sup> A. M. Anch, C. P. Browman, M. M. Mitler et J. K. Walsh (1988). *Sleep: A scientific perspective*. New Jersey : Prentice-Hall.

<sup>15</sup> A. M. Anch et al., *Sleep: A Scientific Perspective* (New Jersey : Prentice-Hall, 1988).

<sup>16</sup> P. Tucker, L. Smith, I. MacDonald et S. Folkard (1998). Shift length as a determinant of retrospective on-shift alertness. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 24(Suppl. 3), 49-54.

<sup>17</sup> M. Rosekind et D. Dinges (2004). Cités dans : Experts: Human fatigue bigger risk to safety than realized. *Air Safety Week*, 18 (12), 1-4.

<sup>18</sup> D. Dinges, F. Pack, K. Williams, K. Gillen, J. Powell, G. Ott, C. Aptowicz et A. Pack (1997). Cumulative sleepiness, mood, disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep*, 20(4), pp. 267-277.

<sup>19</sup> M. Ingre, T. Åkerstedt, B. Peters, A. Anund, G. Kecklund (2006). Subjective sleepiness, simulated driving performance and blink duration: Examining individual differences. *Journal of Sleep Research*, 15, pp. 47-53.

<sup>20</sup> J. Pilcher et A. Huffcutt (1996). Effects of sleep deprivation on performance: A meta-analysis. *Sleep*, 19(4), pp. 318-326.

<sup>21</sup> G. Edkins et C. Pollock (1997). The influence of sustained attention on railways accidents. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29(4), pp. 533-539.

<sup>22</sup> J. Dorrian, F. Hussey et D. Dawson (2007). Train driving efficiency and safety: Examining the cost of fatigue. *Journal of Sleep Research*, 16, pp. 1-11.

---

- Plus les mécaniciens de locomotive sont fatigués, plus ils ont tendance à accélérer souvent et plus la vitesse est élevée. Cela est probablement attribuable au fait que la fatigue occasionne une réduction de la planification (c.-à-d. le défaut de prévoir les caractéristiques de la voie en aval et de s'y préparer en conséquence) et qu'elle entraînerait des erreurs dans les décisions d'accélération ou de freinage (p. ex. freinage énergétique)<sup>23</sup>.

### *Autres accidents connexes*

Le 27 octobre 2007, le train n° A41751-26 (train 417) du CN, qui roulait en direction ouest dans la subdivision Edson, a dépassé un signal d'arrêt absolu et a pris en écharpe le train n° M34251-26 est du CN, qui entrait dans une voie d'évitement à Peers, en Alberta. La collision a entraîné le déraillement de 27 wagons et de deux locomotives. L'accident n'a causé ni blessures graves ni déversement de marchandises dangereuses (rapport n° R07E0129 du BST). L'enquête a permis de déterminer que l'un des facteurs ayant contribué au déraillement était que « l'équipe du train 417 n'était pas suffisamment reposée pour exécuter des tâches essentielles à la sécurité ».

Depuis 2000, le BST a mené 11 enquêtes portant sur des déraillements mettant en cause des forces en-train élevées générées dans des trains longs (voir l'annexe B). Dans chaque cas, le Bureau a déterminé que la formation du convoi et la gestion des forces en-train avaient été des facteurs contributifs. Bien que la plupart des trains aient été formés en conformité avec les exigences de la compagnie et de la réglementation en vigueur à l'époque, leur configuration ne permettait pas d'assurer une gestion efficace des forces en-train.

### *Analyse*

Ni la voie ni le matériel roulant ne présentaient des anomalies à l'origine de l'accident. La mâchoire brisée à l'avant du wagon PROX 29699 s'est rompue en raison du déraillement; cette rupture n'est pas considérée comme une cause. L'analyse mettra l'accent sur les mesures prises par l'équipe, la formation du train, le réglage des freins rhéostatiques en territoire ondulé présentant des courbes prononcées et les forces en-train.

### *L'accident*

Les marques de boudins de roues observées au bas d'un affaissement, dans la courbe de raccordement de sortie d'une courbe de 5 °, indiquaient que le déraillement avait été causé par la montée des roues. Cela peut survenir lorsque le rapport effort latéral/effort vertical de la roue excède les critères de déraillement. Le train s'est séparé entre les 51<sup>e</sup> et 52<sup>e</sup> wagons et le bogie arrière du 51<sup>e</sup> wagon (CGLX 4229) s'était déplacé d'en dessous du wagon et se trouvait à 400 pieds au nord sous le 52<sup>e</sup> wagon. Cela suggère qu'un essieu du bogie arrière du wagon CGLX 4229 a probablement été le premier à dérailler. Une fois le wagon CGLX 4229 déraillé, la voie a subi des dommages et le train a fini par se séparer, ce qui a provoqué le

---

<sup>23</sup> J. Dorrian, G. Roach, A. Fletcher et D. Dawson (2007). Simulated train driving: Fatigue, self-awareness and cognitive disengagement. *Applied Ergonomics*, 38, pp. 155-166, ET J. Dorrian, G. Roach, A. Fletcher et D. Dawson (2006). The effects of fatigue on train handling during speed restriction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 9, pp. 243-257 ET G. Roach, J. Dorrian, A. Fletcher et D. Dawson (2001). Comparing the effects of fatigue and alcohol intoxication on locomotive engineers' performance in a rail simulator. *Journal of Human Ergology* (ISSN 0300-8134), 30(1-2), 121-126.

serrage des freins d'urgence. En conséquence, 21 wagons au total ont déraillé et se sont immobilisés dans diverses positions.

Les forces longitudinales les plus élevées ont été enregistrées près de la tête du train, des forces plus modérées ayant agi sur le premier wagon déraillé. Cela suggère que le placement du wagon CGLX 4229 (un wagon simple, vide et léger d'une longueur de 40 pieds) à la 51<sup>e</sup> position, devant un tonnage remorqué de 7200 tonnes, ainsi que la voie ondulée ont tous deux joué un rôle. La simulation de la dynamique du train a permis de confirmer que le wagon CGLX 4229 est probablement le premier wagon qui a déraillé lorsqu'une force de compression modérée de 129 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 1,08 au bogie arrière, valeur qui excède les critères de déraillement. La plate-forme ondulée de la voie a également eu une incidence sur la répartition des forces en-train. Cette incidence, combinée à l'utilisation non standard des freins rhéostatiques, a fait augmenter la force de compression au lieu du déraillement. Le train a déraillé, alors que cessait l'utilisation des freins rhéostatiques, lorsqu'une force de compression modérée de 129 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 1,08 au bogie arrière du wagon CGLX 4229, wagon très court, léger et vide placé devant 7200 tonnes. Le wagon quittait une courbe de 5° dans un affaissement.

Les forces de compression en-train qui ont causé le déraillement ont été précédées d'un freinage rhéostatique imprévu. Alors que le train approchait de Falding, vers 10 h 45, le chef de train a quitté brièvement la zone occupée par les places assises de la cabine et n'était donc pas en mesure d'observer les signaux. À 10 h 47 min 25 s, le train a franchi le signal avancé de marche vers le sud au point milliaire 144,6, alors que les freins étaient desserrés et que le manipulateur était à la position 5, après quoi le chef de train est retourné à la zone occupée par les places assises. Comme le mécanicien de locomotive ne pouvait se rappeler le signal précédent et que le chef de train n'était pas présent lorsque le train l'a franchi, l'équipe 2 n'était pas vraiment en mesure d'identifier le signal et s'est préparée à faire un arrêt non planifié, avant le signal suivant, au moyen des freins rhéostatiques. Toutefois, le mécanicien de locomotive a serré les freins rhéostatiques de façon non standard et rapidement et n'a pas tenu compte de la compression des attelages attribuable au tonnage considérable qui était placé à l'arrière du train, lequel se trouvait encore sur une pente. Ces deux facteurs ont fait augmenter les forces en-train.

### *Fatigue du conducteur*

Le signal manqué et la façon non standard dont ont été serrés les freins rhéostatiques correspondent à des erreurs qui surviennent couramment en raison de fatigue. L'examen de l'historique du sommeil du mécanicien de locomotive a permis de confirmer qu'il avait dormi moins de deux heures au cours des 24 heures précédentes. Cela est de loin inférieur aux 7,5 à 8,5 heures requises, ce qui indique que le mécanicien de locomotive était probablement dans un état de fatigue, condition qui, on le sait, a une incidence sur la fonction cognitive, l'attention et la mémoire. Le mécanicien de locomotive a reconnu qu'il était fatigué lorsqu'il a accepté l'affectation, mais il savait que le fait de refuser une affectation au moment d'un appel pouvait entraîner une perte de salaire en raison d'un déplacement raté et/ou des mesures disciplinaires. De plus, comme il était mécanicien de locomotive de réserve, il avait moins d'occasions de conduire des trains composés comme celui en cause dans l'événement et il conduisait pour la première fois, au sud de Parry Sound, un train dont la conduite présentait des difficultés connues. Le mécanicien de locomotive n'était pas suffisamment reposé pour effectuer des tâches essentielles à la sécurité. À son état de fatigue s'ajoutait la difficulté de conduire un train qu'il ne

---

connaissait pas durant un freinage non planifié en territoire ondulé présentant de nombreuses courbes.

La vie de famille moderne n'est pas toujours compatible avec les horaires de travail d'un chef de train ou d'un mécanicien de locomotive. Dans plusieurs familles aujourd'hui, où plus d'un seul parent a un revenu, et les tâches domestiques et les soins des enfants sont répartis de manière plus équitable. Dans un tel contexte, et malgré les meilleures intentions, il est inévitable qu'à l'occasion un employé ayant des exigences familiales ne soit pas bien reposé lorsqu'il est appelé pour le travail. Cela s'applique particulièrement aux équipes de train faisant partie du tableau de réserve parce que les affectations ne sont pas faciles à prévoir pour la planification du repos. Si un employé refuse un déplacement, il perd sa priorité et retourne au bas du tableau de réserve, ce qui se traduit par une perte de salaire. On s'attend à ce que les équipes soient reposées et prêtes à travailler lorsqu'elles sont appelées pour le travail, sous réserve des règles relatives au temps de travail et de repos de Transports Canada. Lorsque les employés chargés de la conduite des trains sont appelés pour le travail, habituellement deux heures d'avance, les entreprises s'attendent à ce qu'ils acceptent le travail, qu'ils arrivent à l'heure et qu'ils soient aptes à s'acquitter de leurs tâches en toute sécurité pendant une période allant jusqu'à 12 heures. Si les employés n'acceptent pas le travail, ils s'exposent à des mesures disciplinaires. Même si l'industrie était en train de mettre en œuvre de nouvelles directives en matière de gestion de la fatigue, il incombait toujours aux employés, au moment de cet événement, de déterminer s'ils étaient aptes au travail. Comme ils s'exposent à une perte de salaire et/ou à des mesures disciplinaires en cas de refus de travail, les employés fatigués sont davantage susceptibles d'accepter le travail qui leur est proposé, ce qui met en péril la conduite sécuritaire des trains.

### *Formation des trains*

La formation des trains, leur poids et leur longueur ont une incidence sur l'amplitude des forces en-train. En ce qui concerne les trains de marchandises mixtes classiques, les directives sur la composition des trains publiées par l'industrie en 1992 indiquent que le placement, en tête d'un train à fort tonnage remorqué, de wagons dotés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course est susceptible de créer des forces en-train élevées. De telles forces sont accrues lorsque les locomotives générant des forces de freinage rhéostatique élevées sont placées à la tête du train et que l'effort de freinage n'est pas assujéti à la limitation du nombre d'essieux avec frein rhéostatique en service. Toujours selon les directives, le placement de wagons très légers devant un tonnage remorqué important pose un problème, de même que les terrains ondulés ou présentant de nombreuses courbes. Tous ces facteurs étaient présents dans le cas de l'événement.

La simulation de la dynamique du train par le BST n'a pas tenu compte de l'effet amplificateur, sur les forces en-train des wagons dotés d'amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course. Toutefois, même si les valeurs supposées sont conservatrices, les conditions nécessaires à un déraillement causé par la montée des roues étaient encore présentes. Bien que la formation du train ait été faite conformément aux IGE du CN, elle ne tenait pas compte du profil de la voie ou du placement du wagon CGLX 4229 (un wagon court, léger et vide) afin de réduire les forces en-train.

Au cours des 10 dernières années, le Bureau a mené des enquêtes sur 11 autres déraillements du CN, dans lesquels la formation des trains et la gestion des forces en-train étaient des facteurs

---

contributifs. Par la suite, la Liste de surveillance du BST indiquait que les mauvaises méthodes de formation et de conduite des trains constituaient un des neuf problèmes de sécurité présentant le plus grand risque pour les Canadiens.

Le CN a entrepris d'élaborer des règles de formation des trains principalement pour les trains classiques tirés par un groupe de traction placé en tête en juillet 2010 et a également commencé à accroître l'utilisation de la puissance répartie. Initialement, le CN a mis à l'essai les règles 1, 2 et 4 et a limité la longueur maximale des trains classiques à 8500 pieds dans les subdivisions Kingston et Wainwright avant de mettre pleinement en œuvre ces règles dans les deux subdivisions en décembre 2010. La longueur du train en cause excédait la longueur prescrite, mais les règles n'étaient pas encore en vigueur au moment de l'événement et ne s'appliquaient pas à la subdivision Bala. Même si les règles étaient en vigueur, aucune règle du CN ne régissait le placement d'un wagon de marchandises simple, court, léger et vide comme le CGLX 4229.

Il existait, pour le placement du wagon CGLX 4229, des solutions de rechange qui auraient pu réduire les forces en-train. Le wagon aurait pu être placé avec un lot de wagons semblables situé près de la queue du train, ce qui aurait rendu le train moins vulnérable aux forces en-train. On aurait aussi pu faire appel à la puissance répartie. La simulation de la dynamique a permis de déterminer que lorsque le train comportait deux locomotives placées en tête et deux locomotives en milieu de train, la force de compression était réduite à 40 kips et cela produisait un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 0,41 au bogie arrière du wagon CGLX 4229, valeurs qui sont de loin inférieures aux critères de déraillement. En l'absence de règles en matière de formation qui régissent le placement de wagons de marchandises simples, courts, légers et vides dans les trains classiques en tenant compte de la géographie, de la longueur du train, du poids et du tonnage remorqué, il y a un risque accru de déraillement en raison des forces en-train.

### *Réglage du frein rhéostatique*

À Capreol, l'équipe 2 a reçu pour instruction de mettre la 4<sup>e</sup> locomotive en ligne. L'équipe 2 a observé cette directive et, durant la préparation, elle a laissé les freins rhéostatiques serrés sur toutes les locomotives. Comme les quatre locomotives étaient en ligne, le groupe de traction comptait 24 essieux avec frein rhéostatique en service et pouvait produire un effort de freinage rhéostatique allant jusqu'à 300 000 livres. Bien que cela ait rendu le train en ligne conforme aux exigences minimales en matière de rapport puissance/poids, le train ne respectait plus les IGE du CN, qui limitent à 18 le nombre d'essieux avec frein rhéostatique en service. Toutefois, ni l'équipe du train ni le personnel d'exploitation ferroviaire à Capreol ne connaissaient assez bien les IGE du CN pour se rappeler que le nombre maximum d'essieux avec frein rhéostatique en service devait être de 18. Étant donné que seulement quelques trains circulent dans ce territoire avec un nombre trop élevé d'essieux avec frein rhéostatique en service, le personnel en question ne possède que peu, ou pas du tout, d'expérience pratique dans l'application des IGE pertinentes.

Lorsque des activités essentielles à la sécurité ne sont pas fréquemment exécutées, on risque de les oublier. Les modèles de « défense en profondeur » sont fondés sur le maintien de plusieurs lignes de défense administratives et physiques pour empêcher les erreurs ou les omissions. Bien que les documents des trains du CN signalent clairement aux équipes un certain nombre de restrictions opérationnelles, y compris en ce qui a trait au rapport puissance/poids, aucun passage ne rappelle aux équipes qu'elles doivent revoir les restrictions en matière de freinage

---

rhéostatique, le cas échéant. Lorsque les équipes sont tenues de se rappeler une restriction opérationnelle visant des locomotives qu'elles rencontrent ou utilisent rarement, la restriction est davantage susceptible de ne pas être appliquée convenablement.

Comme l'équipe 2 n'a pas observé les IGE du CN limitant à 18 le nombre d'essieux avec frein rhéostatique en service, le train en comportait 24, ce qui portait la capacité de freinage rhéostatique à une valeur située à 25 % au-dessus du maximum. La simulation de la dynamique a permis de déterminer, de manière conservatrice, que, pour le train en cause dans l'événement, une force de compression modérée de 129 kips avait généré un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 1,08 au wagon CGLX 4229. Toutefois, lorsque la simulation a été effectuée avec, en tête de train, trois locomotives ainsi que 18 essieux avec frein rhéostatique en service, une force de compression modérée de 105 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 0,88 au wagon CGLX 4229. On considère encore que ce rapport effort latéral/effort vertical présente un risque de déraillement causé par la montée des roues. En conséquence, bien que les instructions relatives au réglage des freins rhéostatiques n'aient pas été suivies, si le nombre maximal d'essieux avec frein rhéostatique en service avait été limité à 18, et que toutes les autres variables avaient été conformes au meilleur scénario, le wagon CGLX 4229 aurait quand même été soumis à des forces L/V qui l'auraient exposé à un risque de déraillement causé par la montée des roues.

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

1. Le train a déraillé, alors qu'il s'arrêtait sous l'effet des freins rhéostatiques, lorsqu'une force de compression modérée de 129 kips a produit un rapport effort latéral/effort vertical de la roue de 1,08 au bogie arrière du wagon CGLX 4229 (wagon très court, léger et vide), placé devant 7200 tonnes. Le wagon quittait une courbe de 5° dans un affaissement.
  2. Comme le mécanicien ne pouvait se rappeler le signal précédent et que le chef de train n'était pas présent lorsque le train l'a franchi, l'équipe 2 n'était pas vraiment en mesure d'identifier le signal et s'est préparée à faire un arrêt non planifié, avant le signal suivant, au moyen des freins rhéostatiques.
  3. Le mécanicien a serré les freins rhéostatiques de façon non standard et rapidement et n'a pas tenu compte d'une force de compression causée par le tonnage remorqué, qui se trouvait encore sur une pente. Ces deux facteurs ont fait augmenter les forces en-train.
  4. Le mécanicien de locomotive n'était pas suffisamment reposé pour effectuer des tâches essentielles à la sécurité. À son état de fatigue s'ajoutait la difficulté de conduire un train qu'il ne connaissait pas durant un freinage non planifié en territoire ondulé présentant de nombreuses courbes.
  5. Bien que la formation du train ait été faite conformément aux Instructions générales d'exploitation (IGE) du Canadian National (CN), elle ne tenait pas compte du profil de la voie ou du placement du wagon CGLX 4229 afin de réduire les forces en-train.
-

## *Faits établis quant aux risques*

1. Il appartient aux employés de déterminer s'ils sont aptes à travailler lorsqu'on les appelle. Toutefois, le refus d'accomplir un travail peut entraîner une baisse de salaire et/ou des mesures disciplinaires. Ainsi, les employés fatigués sont davantage susceptibles d'accepter de travailler lorsqu'on les appelle, ce qui met en péril l'exploitation sécuritaire des trains.
2. En l'absence de règles en matière de formation qui régissent le placement de wagons de marchandises simples, courts, légers et vides dans les trains classiques en tenant compte de la géographie, de la longueur du train, du poids et du tonnage remorqué, il y a un risque accru de déraillement en raison des forces en-train.
3. Lorsque les équipes sont tenues de se rappeler une restriction opérationnelle visant des locomotives qu'elles rencontrent ou utilisent rarement, la restriction est davantage susceptible de ne pas être appliquée convenablement.

## *Autre fait établi*

1. Bien que les instructions relatives au réglage des freins rhéostatiques n'aient pas été suivies, si le nombre maximal d'essieux avec frein rhéostatique en service avait été limité à 18, et que toutes les autres variables avaient été conformes au meilleur scénario, le wagon CGLX 4229 aurait quand même été soumis à des forces latérales et verticales qui l'auraient exposé à un risque de déraillement causé par la montée des roues.
-

## *Mesures de sécurité prises*

### *Transports Canada*

Le 23 février 2011, le ministère des Transports a approuvé la version révisée des *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation ferroviaire*. Il a été demandé aux compagnies de chemin de fer de déposer une révision de leurs programmes de gestion de la fatigue avant novembre 2011.

Transports Canada (TC) a entrepris, en février 2011, une étude nationale sur l'exploitation de trains longs en vue d'élaborer des politiques sur la formation des convois et la conduite des trains. Cette étude sera terminée d'ici 2 ans et permettra de recueillir des données scientifiques. Les résultats et les recommandations préliminaires découlant de la phase I seront disponibles vers la fin de 2011. TC a également lancé un projet de recherche multilatéral pour étudier les forces en-train. L'industrie fait des progrès sur différents plans, (p.ex. la conception d'un logiciel amélioré, formation des convois et répartition de la puissance) afin de mieux maîtriser les forces en-train qui s'exercent sur les trains plus longs et plus lourds sur différents terrains. Selon les résultats de ces études et les progrès de l'industrie à l'égard de la question considérée, TC déterminera la réglementation pertinente et/ou la mesure de sécurité appropriée à prendre.

### *Canadien National*

Le CN a mis en œuvre de nombreux programmes et pratiques pour limiter les cas de fatigue au sein des équipes. Le programme de gestion de la fatigue du CN énonce les activités reliées à l'information, à la surveillance médicale, aux stratégies en matière de vigilance, à l'établissement des horaires de travail, aux normes relatives aux lieux de repos ainsi qu'à l'environnement de travail des locomotives. Actuellement, le plan de gestion de la fatigue est amélioré par l'ajout de nouveaux éléments dans le cadre des modifications apportées récemment aux *Règles relatives au temps de travail et de repos*. En outre, le CN et ses syndicats du personnel d'exploitation ont entamé un projet pilote dans de nombreux terminaux afin d'évaluer l'établissement des horaires de service non assigné.

Le CN a mis en œuvre les règles de formation des trains 1, 2 et 4 à l'échelle de sa route principale au Canada.

Le CN s'est en outre assuré que les équipes des trains observent les règles, y compris celles qui ne sont pas fréquemment rencontrées. Une partie importante de cette initiative est le programme de contrôle de conformité du CN. Plus de 900 essais sont effectués par les superviseurs chaque jour pour garantir la conformité aux pratiques de sécurité, aux politiques et aux règles d'exploitation. Tous les résultats des essais sont documentés dans le système de SRCR centralisé du CN. Le programme a été rehaussé par l'ajout d'une série d'essais électroniques « dynamiques » dans lesquels des scénarios, y compris plusieurs qui ne sont pas fréquents, sont simulés pour assurer des réactions appropriées et conformes.

---



*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 26 octobre 2011.*

*Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.gc.ca)). Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.*

---

## Annexe A – Autres enquêtes connexes du BST

Le BST a mené des enquêtes sur les déraillements suivants :

1. **R10T0056** – Le 30 mars 2010, 4 locomotives et 11 wagons du train de marchandises M37631-30 du CN, qui faisait route vers l'est, ont déraillé près de la gare ferroviaire du réseau GO au point milliaire 1,40 de la subdivision York à Pickering (Ontario). L'enquête a permis de déterminer que des forces de compression en-train élevées avaient produit des efforts latéraux excessifs sur la voie entre les deuxième et troisième locomotives isolées, ce qui a entraîné le soulèvement de panneaux de voie, le renversement du rail et le déraillement. Les locomotives sans dispositif de contrôle du jeu latéral des attelages ont amplifié l'effort latéral s'exerçant sur les barres de traction et produit un rapport L/V élevé qui a dépassé le critère de déraillement. Le train a été formé en conformité avec les exigences du CN et de la réglementation,
  2. **R09T0092** – Le 21 mars 2009, 6 wagons du train de marchandises M36231-20 du CN ont déraillé au point milliaire 247,20 de la subdivision Kingston, près de Brighton (Ontario), alors que le train roulait vers l'est à une vitesse d'environ 50 mi/h. Le train était tracté par trois locomotives placées en tête, comptait 137 wagons (75 chargés et 62 vides), mesurait environ 8850 pieds de longueur et pesait quelque 11 845 tonnes. Un étirement modéré des attelages a causé la rupture d'une mâchoire d'attelage sur le 107<sup>e</sup> wagon. Le train s'est séparé en 2 parties : la portion de tête (107 wagons) et la portion de queue (30 wagons lourdement chargés). La portion de queue, plus lourde, est alors entrée en collision avec la portion de tête, ce qui a provoqué le déraillement. L'enquête a déterminé que la conduite du train était conforme aux exigences de la compagnie et de la réglementation, mais que la configuration du convoi ne permettait pas une gestion efficace des forces en-train.
  3. **R07D0009** – Le 12 février 2007, 8 wagons du train de marchandises M31031-10 du CN ont déraillé près de Drummondville (Québec). La rupture d'une mâchoire d'attelage du 75<sup>e</sup> 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 formation du train avait été un facteur contributif.
  4. **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 le fait qu'on ait placé en tête du train un wagon équipé d'attelages non standard, de même que 45 wagons vides avec amortisseurs hydrauliques en bout de wagon à longue course, et qu'on ait placé un tonnage considérable derrière a été un facteur contributif.
  5. **R07T0323** – Le 30 octobre 2007, le train de marchandises M38461-29 du CN a déraillé pendant qu'il s'arrêtait pour dételer un lot 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 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.

6. **R05V0141** – Le 5 août 2005, 9 wagons du train de marchandises A47151-05 du CN, dont un wagon chargé d'hydroxyde de sodium (ONU 1824), appelé aussi soude caustique, et 8 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<sup>e</sup> 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 rapport effort latéral/effort vertical élevé et au soulèvement des roues, ce qui a causé l'étirement de la rame dans la courbe.
  7. **R02C0050** – Le 8 juillet 2002, 2 locomotives et les 27 premières caisses de wagon du train de marchandises A44251-08 du CN ont déraillé. En situation de freinage, les attelages sans dispositif de centrage sur les locomotives déraillées avaient pu former un angle maximum d'environ 19°. Les forces de compression mises en œuvre par l'entremise de ces attelages ont produit des forces latérales suffisantes pour provoquer un renversement du rail et un soulèvement des roues, ce qui a entraîné le déraillement.
  8. **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, 8 wagons du train ont déraillé. 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 à parois de bout vide de 80 pieds de longueur.
  9. **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 chargés et 70 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.
  10. **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 de long 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 formation du train et aux forces de compression générées pendant le freinage d'urgence a contribué au déraillement, lequel a été consécutif au soulèvement d'une roue.

11. **R00W0106** – Le 16 mai 2000, 19 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 qu'il y avait une réduction des gaz pendant 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 élevées attribuables à des forces excessives de compression des attelages qui s'exerçaient dans la partie arrière du train.
-