



RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE R05W0014



DÉRAILLEMENT

**DU TRAIN N^o 53241 12
EXPLOITÉ PAR LE CANADIEN NATIONAL
AU POINT MILLIAIRE 4,55
DE LA SUBDIVISION LETELLIER
À WINNIPEG (MANITOBA)
LE 12 JANVIER 2005**

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

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement

du train n° L53241 12
exploité par le Canadien National
au point milliaire 4,55 de la subdivision Letellier
à Winnipeg (Manitoba)
le 12 janvier 2005

Rapport numéro R05W0014

Sommaire

Le 12 janvier 2005 vers 11 h 25, heure normale du Centre, 10 wagons du train de marchandises n° L53241 12 sud du Canadien National ont déraillé au point milliaire 4,55 de la subdivision Letellier, dans la ville de Winnipeg. Un wagon-citerne contenant du gaz de pétrole liquéfié a déraillé, mais il est resté sur ses roues et n'a pas laissé fuir son chargement. On a fait évacuer plusieurs résidences et commerces. La voie ferrée a été endommagée sur une distance d'environ 400 pieds. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 12 janvier 2005 vers 10 h, heure normale du Centre¹, le train de marchandises n° L53241 12 (le train) du Canadien National (CN) part du triage Symington, dans la ville de Winnipeg (Manitoba), à destination d'Emerson (Manitoba). Le train se compose d'une locomotive, de 30 wagons chargés, de 11 wagons vides et d'un wagon-citerne contenant des résidus. Il pèse 4 297 tonnes et mesure 2 598 pieds. Les deux membres de l'équipe, un mécanicien et un chef de train, sont qualifiés pour occuper leurs postes respectifs et se conforment à la réglementation en matière de repos et de condition physique.

En cours de route, aucun incident inhabituel n'affecte la conduite du train. Le train roule à 21 mi/h, la commande des gaz à la position n° 5, quand il arrive au point milliaire 1,8 de la subdivision Letellier. C'est à cet endroit que les enquêteurs ont relevé les premiers signes de déraillement après l'accident. Un serrage d'urgence intempestif (SUI) se déclenche ensuite au point milliaire 4,55. Le consignateur d'événements de locomotive a indiqué que le train roulait à 20 mi/h au moment du SUI.

L'équipe prend les mesures d'urgence voulues et constate que 10 wagons (du 16^e au 25^e à partir de la tête du train) ont déraillé, dont un wagon-citerne contenant du gaz de pétrole liquéfié. Par mesure de précaution, on fait évacuer plusieurs résidences et commerces.

Au moment de l'accident, la température était de -10 °C et il y avait de la poudrière.

Inspection des lieux après le déraillement

La locomotive s'est immobilisée au point milliaire 4,64, les wagons déraillés se retrouvant dans diverses positions le long de l'emprise. La figure 1 montre un schéma représentant les lieux du déraillement. Le 16^e wagon (n° CNLX 9526), en l'occurrence un wagon-trémie couvert chargé, est resté à la verticale même si ses roues L4 et R4 avaient quitté les rails. L'examen du wagon a révélé que des pièces des adaptateurs de roulements à rouleaux L3 et R3 s'étaient brisées et avaient disparu. Les pièces manquantes n'ont pas été retrouvées.

¹ Toutes les heures sont exprimées en HNC (Temps universel coordonné [UTC] moins six heures).

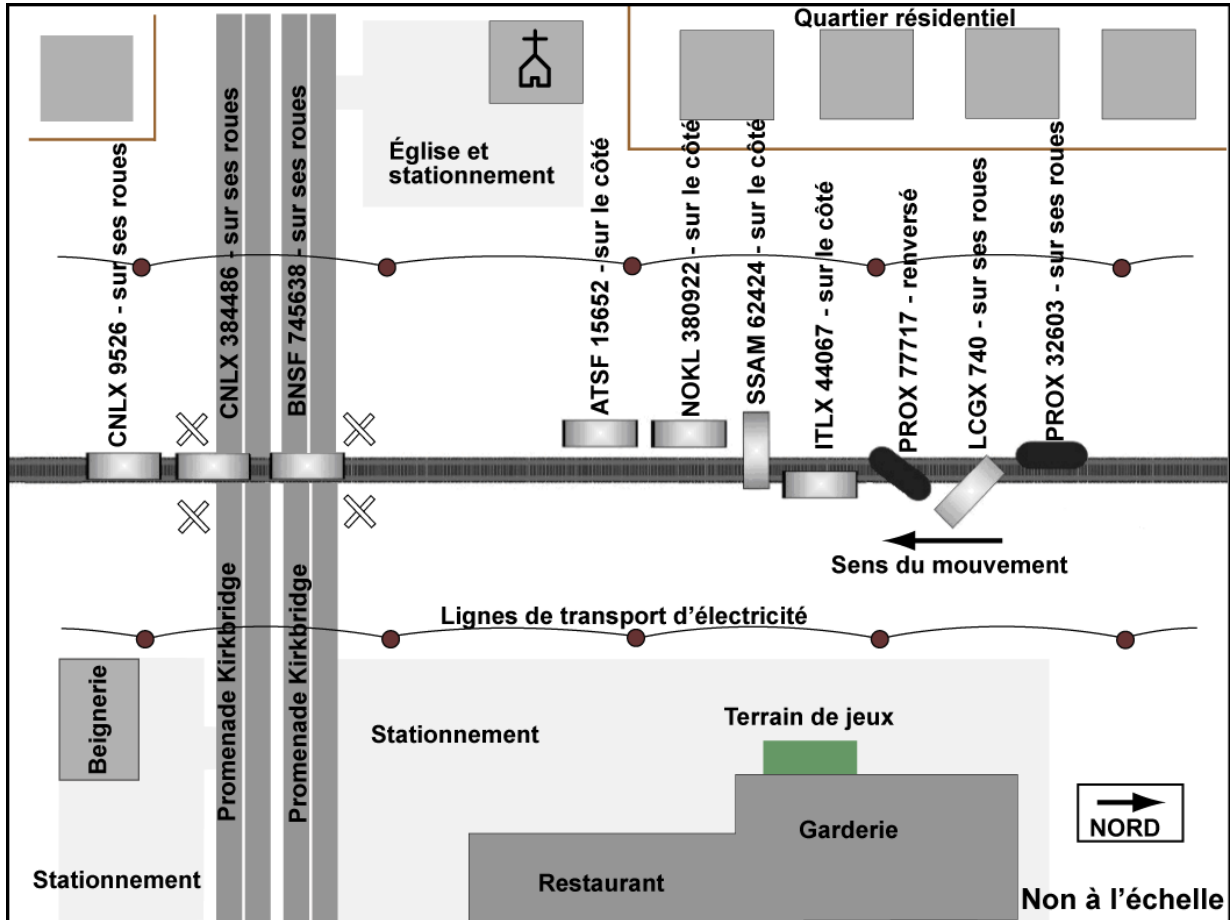


Figure 1. Schéma montrant les lieux du déraillement

Les 17^e et 18^e wagons, des wagons-trémies couverts chargés, obstruaient le passage à niveau public de Kirkbridge Drive, point milliaire 4,45. Le 23^e wagon (n° PROX 77717), un wagon-citerne contenant du chlorure de calcium (un produit non réglementé), s'était renversé, laissant fuir une quantité minimale de produit. Le 25^e wagon (n° PROX 32603), un wagon-citerne contenant du gaz de pétrole liquéfié (n° ONU 1075), est resté à la verticale et n'a rien perdu de son chargement.

On a relevé, au sommet des traverses, des marques qui allaient en direction nord entre la position des wagons déraillés et le branchement WC20, situé au point milliaire 1,8 (voir la figure 2). À l'est du branchement, on a observé des marques au sommet du contre-rail, à 12 ⅜ pouces au nord de la pointe de cœur (de croisement). À l'extrémité du contre-rail, on a aussi observé des marques sur les traverses, entre les rails. À l'extrémité ouest du branchement, il y avait des marques sur les traverses et sur les selles de rail à partir du talon du croisement. Ces marques entre les rails se poursuivaient sur la voie principale industrielle, sur une éclisse et le long du côté ouest de la voie principale.

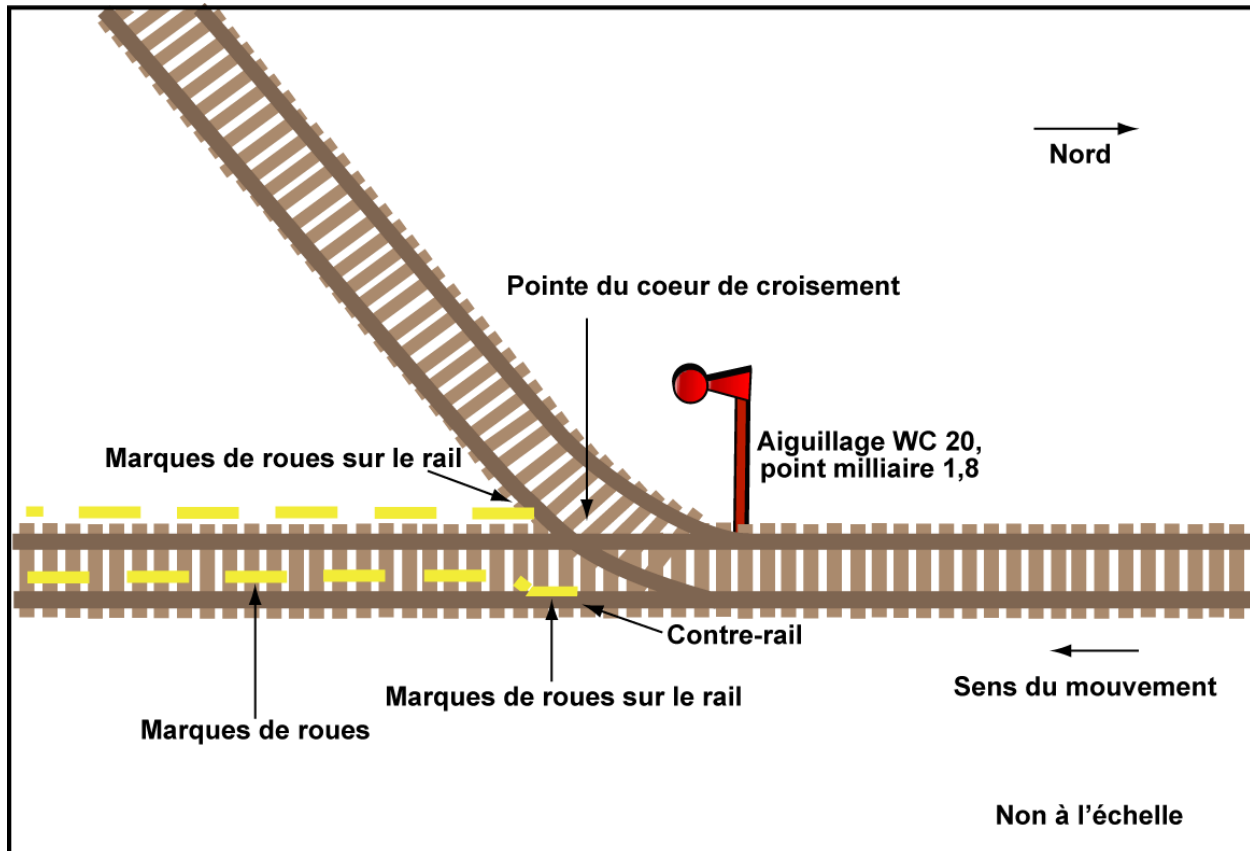


Figure 2. Positions des marques de roues près du branchement WC20

Renseignements sur l'état mécanique du wagon-trémie couvert (n° CNLX 9526)

Le wagon n° CNLX 9526 était un wagon-trémie couvert chargé d'une capacité de 100 tonnes. Ce wagon avait fait l'objet d'une inspection autorisée à Melville (Saskatchewan) le 10 janvier 2005, et dans le triage Symington, le 11 janvier 2005. Avant le départ du 12 janvier 2005, le train a fait l'objet d'un essai de frein n° 1.

Après le déraillement, des inspecteurs qualifiés du CN ont procédé à une inspection mécanique du wagon n° CNLX 9526 en présence des enquêteurs du BST. Les mesurages faits sur les bogies ont révélé que les valeurs d'usure étaient en deçà des limites acceptables. Une légère oxydation a été relevée sur les surfaces de rupture des adaptateurs de roulements à rouleaux L3 et R3. Ces adaptateurs ont été envoyés pour analyse au laboratoire technique du BST. L'analyse (rapport n° LP 010/2005 du BST) a révélé que la rupture des adaptateurs avait été causée par un effort excessif, et elle n'a révélé aucun signe de fatigue ou de défauts antérieurs à l'accident.

Particularités de la voie

La subdivision Letellier est une voie de catégorie 2² qui va de Portage Junction (point milliaire 0,0) à Emerson, au Manitoba (point milliaire 63,4). La circulation ferroviaire y est contrôlée grâce au système de régulation de l'occupation de la voie, en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*. La vitesse maximale autorisée pour les trains de marchandises est de 20 mi/h du point milliaire 0,0 au point milliaire 2,3, et de 25 mi/h du point milliaire 2,3 au point milliaire 62,1. Lors de l'accident, il y avait habituellement deux trains par jour qui circulaient dans le secteur. En 2004, la subdivision a acheminé 4,35 millions de tonnes brutes de marchandises.

Dans l'ensemble de la subdivision, la voie ferrée était faite de rails éclissés de 100 livres qui étaient retenus à des traverses de bois mou par deux crampons à chaque selle de rail. Les traverses étaient encadrées par des anticheminants à toutes les deux ou trois traverses. Le ballast était constitué d'un mélange de pierre concassée et de gravier concassé et lavé.

Le branchement du point milliaire 1,8 était un branchement n° 8 de 100 livres à déviation à droite, muni d'un cœur à ressort et d'un contre-rail de hauteur standard qui étaient conformes aux spécifications de l'AREMA³ (voir la photo 1). Le cœur à ressort était supporté par une plaque de base assujettie aux traverses par des crampons de type standard. Le contre-rail était boulonné au rail de roulement et reposait sur des selles retenues aux traverses par des crampons de type standard. Un cœur à ressort est muni d'une aile articulée qui dirige les convois vers l'itinéraire dévié et qui est retenue en place par un ressort. Cette aile assure un appui solide pour la roue quand le train circule sur la voie principale, mais s'ouvre sous l'effet d'une pression latérale pour faire passer le convoi sur l'itinéraire dévié.

² Le *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada définit les voies de catégorie 2 comme étant des voies sur lesquelles la vitesse maximale autorisée pour les trains de marchandises est de 25 mi/h.

³ AREMA - American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association.



Photo 1. Branchement WC20 au point milliaire 1,8

Exigences en matière de contrôle de l'état géométrique de la voie

D'après le *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada, les voies de catégorie 2 doivent au minimum être inspectées deux fois par semaine par un véhicule rail-route, pourvu qu'au moins une inspection faite par la voiture de contrôle de la géométrie de la voie ait eu lieu au cours de l'année précédente. De plus, les branchements doivent faire l'objet d'une tournée à pied une fois par mois. L'examen des dossiers du CN indique que la fréquence des inspections dans la subdivision Letellier respectait la norme minimale ou allait au-delà de celle-ci.

Dans la Circulaire sur les méthodes normalisées (CMN) n° 3101 du CN, on classe les défauts de la géométrie de la voie d'après trois valeurs seuils suivant le degré d'intervention nécessaire : défauts nécessitant une intervention prioritaire, une intervention pressante ou une intervention urgente. Les défauts nécessitant une intervention prioritaire excèdent les valeurs tolérées par le CN et doivent faire l'objet d'une surveillance tant qu'ils ne sont pas réparés. Les défauts nécessitant une intervention pressante approchent de la valeur à laquelle les défauts nécessitent une intervention urgente et doivent être corrigés dans un délai de 30 jours. Les défauts nécessitant une intervention urgente excèdent les valeurs permises par Transports Canada et doivent être corrigés avant le passage du train suivant.

Une inspection visuelle permet difficilement de déceler les défauts du nivellement transversal de la voie (p. ex. Warp 62) et d'apprécier leur contribution au balancement harmonique du matériel roulant. Pour déterminer l'amplitude des défauts du nivellement transversal (Warp 62) à un endroit donné, il faut comparer l'écart aux valeurs maximales ou minimales de variation du nivellement transversal sur une distance de 62 pieds. Pour déterminer si les écarts du nivellement transversal sont susceptibles d'induire un balancement harmonique, il faut

comparer les écarts pour six paires de joints consécutives. Or, la seule façon de détecter des défauts de ce genre exige qu'on fasse faire une inspection par la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie et des mesurages manuels.

Inspections de l'état géométrique de la voie effectuées dans la subdivision Letellier

Avant l'accident, la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie a contrôlé la subdivision Letellier pour la dernière fois le 22 mai 2004. La voiture a relevé un défaut nécessitant une intervention pressante (Warp 62) au point milliaire 1,72. D'après les dossiers fournis par le CN, le défaut en question avait été corrigé.

Une autre inspection de la voie a été faite le 24 juin 2004, par un camion rail-route dont l'équipement spécial permettait de mesurer et de consigner les défauts de la géométrie de la voie. Grâce à ce camion, le CN peut augmenter le nombre d'inspections de la géométrie de la voie et, en particulier, le nombre des inspections dans les voies d'évitement et les voies de garage qui sont rarement visitées par la voiture de contrôle de la géométrie. Au cours de l'inspection du 24 juin, un défaut nécessitant une intervention pressante (nivellement transversal sur une voie en alignement droit) a été relevé au point milliaire 1,67.

Une inspection faite par un véhicule rail-route a été faite le 11 janvier 2005, soit la veille de l'accident, et n'a relevé aucune anomalie dans le secteur du branchement WC20. L'examen des dossiers d'inspection du CN portant sur les deux mois qui ont précédé l'accident a révélé qu'on n'avait signalé aucun défaut de la surface dans le secteur du branchement. De plus, les dossiers d'inspection portant sur la période allant de novembre 2004 à janvier 2005 ont indiqué un état passable de la voie dans le secteur du branchement WC20 pour ce qui est de la surface et du dressage de la voie.

Après le déraillement du 12 janvier 2005, une vérification de l'écartement et de la cote de protection de pointe du branchement a révélé qu'ils étaient conformes aux normes. De plus, le mesurage de l'alignement de la voie a révélé qu'il était aussi conforme aux normes. Toutefois, dans les 21 pieds précédant la pointe de cœur, on a relevé un décalage de l'alignement de la voie, qui est passé de $-\frac{3}{4}$ de pouce à $+\frac{1}{2}$ pouce (c'est-à-dire que la voie s'était déplacée vers l'est).

On a aussi mesuré le nivellement transversal à partir d'une distance de 240 pieds au nord du branchement. On a relevé un défaut nécessitant une intervention pressante (Warp 62) à environ 150 pieds au nord de la pointe de cœur. Les écarts du nivellement transversal sont reproduits dans la figure 3, indiquant des valeurs allant d'environ +1 pouce à $-1\frac{3}{8}$ pouce. Dans le graphique, les valeurs positives de nivellement transversal correspondent aux endroits où le rail ouest était haut, tandis que les valeurs négatives montrent les endroits où le rail ouest était bas.

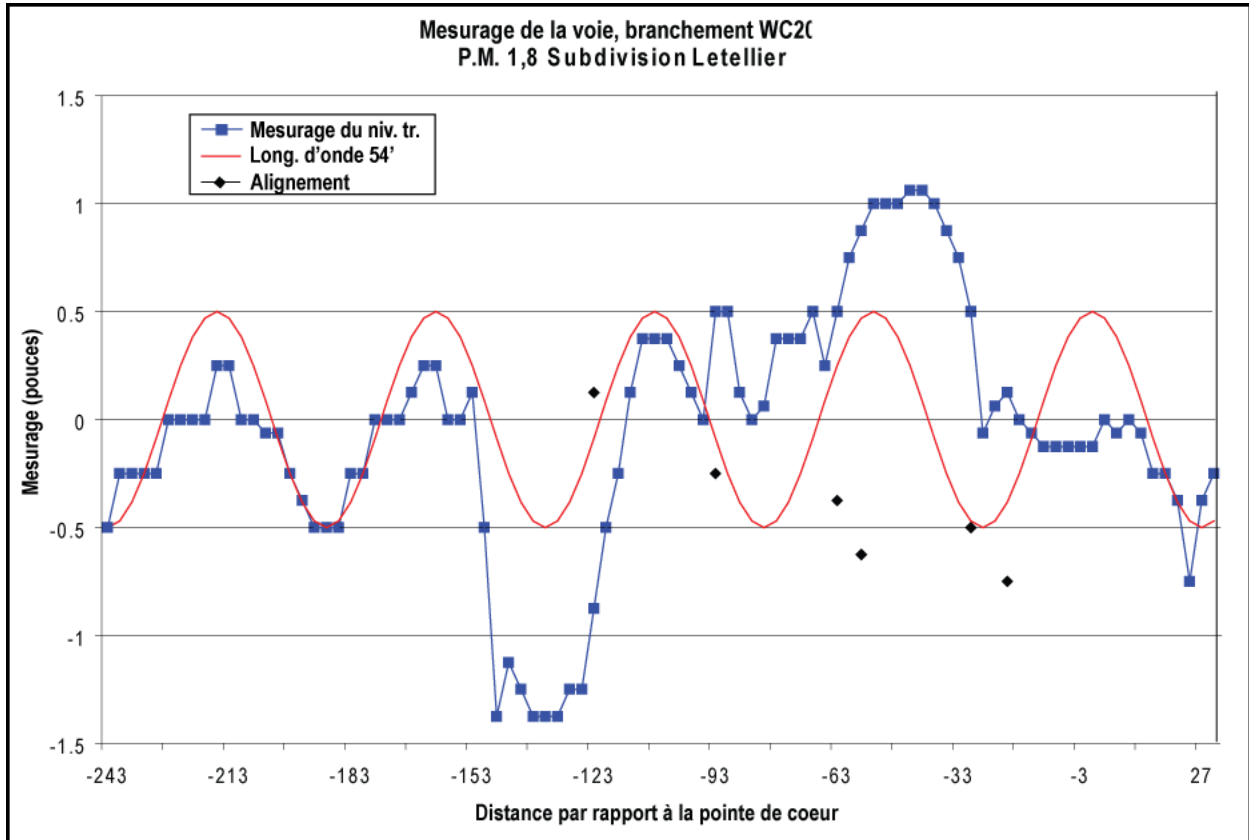


Figure 3. Mesurages de l'alignement et du nivellement transversal aux alentours du branchement WC20

Conditions propices à l'oscillation du châssis des wagons

À la figure 3, on a superposé une onde sinusoïdale ayant une longueur d'onde de 54 pieds (c'est-à-dire l'espacement approximatif des écarts de la voie) sur les mesurages de la voie. L'onde a été tracée de façon qu'elle corresponde au plus près aux écarts maximaux de nivellement transversal.

Un wagon-trémie couvert chargé d'une capacité de 100 tonnes a une fréquence naturelle de $\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$ de cycle par seconde (cps)⁴. La vitesse du wagon combinée à des écarts consécutifs du nivellement transversal de la voie peut déclencher un mouvement du wagon dans cette gamme de fréquences, ce qui peut donner lieu à une oscillation du châssis du wagon. Habituellement, ce balancement se manifeste à des vitesses situées entre 15 et 25 mi/h, et il peut suffire de seulement trois écarts de nivellement de $\frac{1}{2}$ pouce à $\frac{3}{4}$ de pouce pour déclencher le processus. Si elle est forte, l'oscillation du châssis du wagon peut donner lieu au soulèvement des roues⁵.

⁴ William H. Hay, *Railroad Engineering*, 2^e éd., p. 664.

⁵ William H. Hay, *Railroad Engineering*, 2^e éd., p. 665.

Déraillement antérieur survenu au branchement WC20

Le 3 janvier 2005, c'est-à-dire neuf jours avant l'accident, un wagon d'un train du CN qui roulait en direction sud dans la subdivision Letellier a déraillé à la hauteur du branchement WC20. Des marques de roues qu'un conducteur de chargeuse du CN a relevées dans la neige indiquaient que le wagon avait déraillé au cœur de croisement et qu'il était par la suite revenu sur les rails au passage à niveau du point milliaire 4,13. L'inspection visuelle de la voie et les mesurages qui ont été faits à la pointe de cœur peu de temps après ce déraillement n'ont pas permis de détecter d'éventuels défauts de la voie. On n'a procédé à aucune inspection supplémentaire et on n'a pris aucune mesure corrective.

Analyse

L'analyse portera surtout sur les effets combinés du type de wagon, de la vitesse d'exploitation et de la géométrie de la voie sur les performances du wagon dans le secteur du branchement WC20.

Le déraillement

Les marques de roues au sommet du contre-rail est du branchement WC20 ont été les premiers indices du déraillement. La position de ces marques donne à penser que le soulèvement des roues s'était produit avant que les roues atteignent la pointe de cœur. Le CNLX 9526 a été le premier wagon à dérailler. Les marques de roues ont indiqué que le CNLX 9526 avait roulé avec les roues déraillées sur une distance approximative de 2,75 milles avant que le SUI se produise.

On a relevé plusieurs écarts du nivellement transversal sur le tronçon de 240 pieds situé au nord du branchement WC20. Deux de ces écarts excédaient le seuil qui correspond aux défauts nécessitant une intervention prioritaire, et il y avait un défaut nécessitant une intervention pressante (Warp 62). L'espacement de ces défauts du nivellement transversal correspondait à une longueur d'ondes d'environ 54 pieds. Le train roulait à 21 mi/h aux abords du branchement. La combinaison de la vitesse du train (c'est-à-dire à l'intérieur de la plage allant de 15 à 25 mi/h) et de l'espacement des écarts du nivellement transversal (c'est-à-dire longueur d'onde de 54 pieds) a dû provoquer dans le wagon-trémie couvert n° CNLX 9526 des oscillations dont la fréquence était d'environ 0,6 cps, soit à l'intérieur de la gamme de fréquence naturelle de ce type de wagon (de $\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$ de cps). Comme le wagon était à l'intérieur de cette gamme critique de fréquences, les balancements du châssis qui en ont résulté ont été suffisants pour causer un soulèvement des roues du côté est du bogie arrière. En raison de ce soulèvement des roues, le contre-rail n'a pas pu jouer son rôle, consistant à diriger les roues ouest vers la direction donnée par la pointe de cœur. De plus, dans les 21 pieds qui précédaient la pointe de cœur, la voie était affectée d'un léger décalage vers l'est, ce qui fait qu'au moment où le bogie arrière du CNLX 9526 approchait de la pointe de cœur, le wagon a dû résister à ce léger décalage, exerçant une contrainte latérale sur le rail. Cette contrainte latérale a été suffisante pour faire ouvrir l'aile à ressort du branchement, de sorte que les roues du côté ouest se sont engagées dans l'itinéraire dévié en passant sur la pointe de cœur, ce qui a amorcé le processus de déraillement.

Fréquence des inspections par la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie

Au cours des inspections normales de la voie qui ont été faites dans les semaines précédant les deux déraillements de janvier 2005, on n'a décelé aucun défaut de la surface aux alentours du branchement WC20. Toutefois, des mesurages de la voie qui ont été faits après le déraillement ont indiqué la présence d'un défaut nécessitant une intervention pressante dans le secteur du branchement. Comme la plate-forme de la voie était gelée en janvier 2005, il est vraisemblable que ce défaut de nivellement était présent lors du premier déraillement. Si ce défaut nécessitant une intervention pressante avait été signalé avant le déraillement, on aurait pu prendre plus tôt des mesures afin de réduire l'amplitude des écarts du nivellement transversal à la hauteur du branchement. Grâce à ces mesures correctives, l'amplitude des oscillations du châssis du CNLX 9526 aurait été réduite, et il aurait probablement été possible de prévenir le soulèvement des roues.

Comme la seule façon fiable de déceler les défauts de la voie (c'est-à-dire gauchissement) consiste à faire faire des inspections automatisées par la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie ou des mesurages manuels détaillés, la fréquence des inspections faites par la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie est un des éléments importants de tout programme d'inspection de la voie. Dans la subdivision Letellier, la fréquence des inspections respectait la norme minimale décrite dans le *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada (RSV), ou allait au-delà de ces exigences.

Toutefois, même si la voie satisfait aux exigences du RSV, des défauts nécessitant une intervention urgente peuvent affecter la voie et passer inaperçus jusqu'au moment de l'inspection automatisée suivante de l'état géométrique de la voie. Plus les inspections faites par la voiture de l'état géométrique de la voie sont espacées dans le temps, plus les défauts nécessitant une intervention urgente risquent de ne pas être détectés.

Rupture des adaptateurs de roulements à rouleaux

Le wagon n° CNLX 9526 a été inspecté à plusieurs reprises entre le moment où il a été chargé et celui où il a quitté le triage Symington. Ces inspections n'ont pas révélé la présence de problèmes affectant les adaptateurs de roulements à rouleaux du wagon n° CNLX 9526.

Les résultats des essais du laboratoire technique du BST donnent à penser que la rupture des adaptateurs de roulements à rouleaux L3 et R3 du wagon n° CNLX 9526 est probablement due à des contraintes excessives qui se sont manifestées pendant le déraillement.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Un certain nombre d'écarts consécutifs du nivellement transversal placés à des intervalles critiques, combinés au fait que le wagon n° CNLX 9526 roulait à l'intérieur d'une gamme critique de vitesses, ont entraîné le soulèvement des roues du côté est du wagon.

2. Le léger décalage de l'alignement de la voie aux abords du branchement WC20 a occasionné des contraintes latérales suffisamment importantes pour faire ouvrir l'aile à ressort, de sorte que les roues ouest ont pu suivre l'itinéraire dévié en passant sur la pointe de cœur, ce qui a entraîné le déraillement.

Fait établi quant aux risques

1. Il est difficile de détecter un gauchissement de la voie et un balancement harmonique du matériel roulant en procédant à une inspection visuelle de la voie. Plus les inspections faites par la voiture de contrôle de la géométrie de la voie sont espacées dans le temps, plus ces conditions risquent de ne pas être détectées.

Autre fait établi

1. La défaillance des adaptateurs de roulements à rouleaux du wagon n° CNLX 9526 est vraisemblablement due à des forces excessives qui ont été générées pendant le processus de déraillement.

Mesures de sécurité

Le CN a fait savoir qu'après le déraillement, il avait pris les mesures de sécurité décrites ci-après :

- On a corrigé immédiatement le gauchissement de la voie à l'aide de cales d'épaisseur.
- On a procédé au nivellement et au dressage de la voie dès que le sol a dégelé.
- En raison de l'instabilité relative du sol aux abords de l'aiguillage, on a remplacé le cœur de croisement par un cœur standard sans ressorts.
- On a mis sur pied une campagne-éclair d'éducation qui s'adressait aux inspecteurs de la voie et qui rappelait l'importance des gauchissements de la voie et les façons de les localiser.
- On a mis en place un calendrier révisé qui permettra de faire un meilleur usage et un usage plus fréquent du camion rail-route de contrôle de l'état géométrique de la voie dans les voies de service.

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 17 mai 2006.