

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE R08T0029



DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

**COMPAGNIE DE CHEMINS DE FER NATIONAUX DU CANADA
TRAIN DE MARCHANDISES N° M39671-14
POINT MILLIAIRE 33, 24 DE LA SUBDIVISION OAKVILLE
ALDRSHOT (ONTARIO)
LE 18 FÉVRIER 2008**

Canada

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 en voie principale

Compagnie des chemins de fer nationaux du
Canada

Train de marchandises n° M39671-14

Point milliaire 33, 24 de la subdivision Oakville
Aldershot (Ontario)

Le 18 février 2008

Rapport numéro R08T0029

Résumé

Le 18 février 2008 à 0054:37, heure normale de l'Est, le train de marchandises n° M39671-14 est du Canadien National a fait l'objet d'un serrage d'urgence intempestif de ses freins au point milliaire 33,24 de la subdivision Oakville, tandis qu'il traversait Aldershot (Ontario) à une vitesse de 43 milles à l'heure. Vingt wagons ont déraillé, dont cinq wagons-citernes de résidus — trois de ces wagons contenaient des résidus d'acide sulfurique (n° ONU 1830) et deux autres contenaient des résidus d'hydroxyde de sodium (n° ONU 1824). Le déraillement a causé des dommages considérables à la structure d'un immeuble industriel voisin, mais n'a pas causé de blessures et n'a pas non plus causé de déversement de produits dangereux.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 18 février 2008 vers 0052:52, heure normale de l'Est (HNE)¹, le train n° M39671-14 est du Canadien National (CN) (train 396), parti de Sarnia (Ontario) et roulant en direction de Toronto (Ontario), passe par le triage Aldershot du CN à une vitesse de 43 mi/h. Le train est composé de 3 locomotives et de 139 wagons (dont 79 wagons chargés, 43 wagons vides et 17 wagons-citernes contenant des résidus). Il pèse 11 908 tonnes et mesure 8 027 pieds. L'équipe compte un mécanicien et un chef de train. Les deux membres de l'équipe répondent aux exigences relatives à leurs postes, ils connaissent bien le territoire et se conforment aux normes en matière de repos et de condition physique.

Une équipe du CN qui inspecte le train au défilé aperçoit des étincelles qui s'échappent du premier wagon d'un groupe de trois wagons-trémies de l'arrière du train. L'équipe d'inspection communique immédiatement avec le train 396. Pendant la communication, un serrage d'urgence intempestif (SUI) des freins du train 396 se déclenche. L'équipe se conforme aux procédures de communication d'urgence tandis que le train 396 s'immobilise. Les wagons du train s'empilent à l'est du passage à niveau de King Road, près du point milliaire 33,24 de la subdivision Oakville (voir la figure 1).

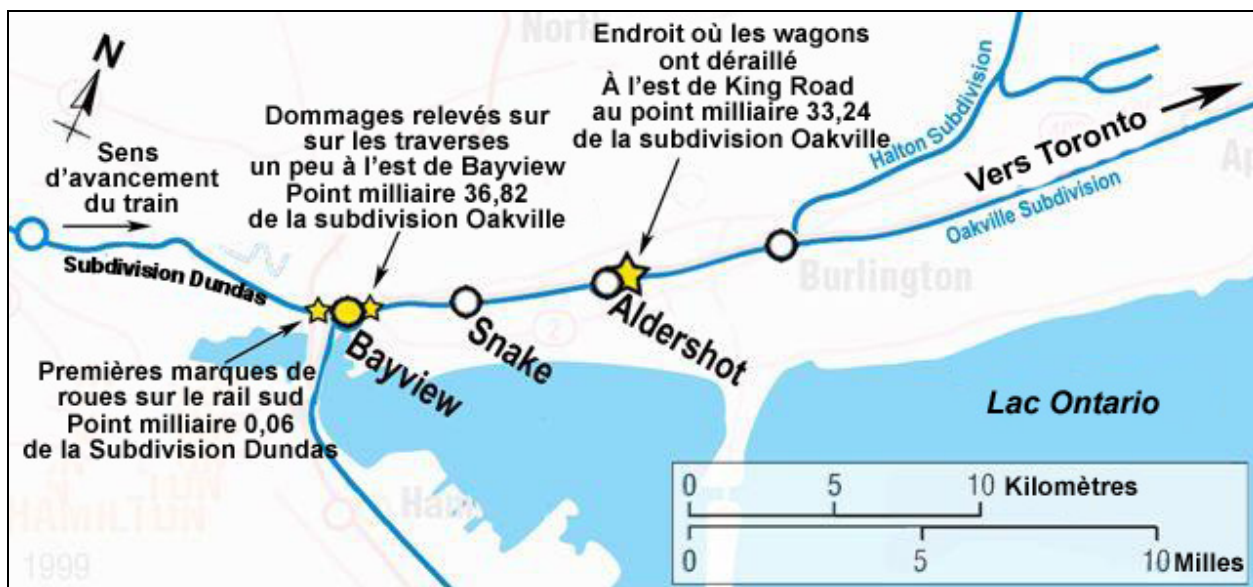


Figure 1. Carte montrant le secteur où le déraillement est survenu (Source : Association des chemins de fer du Canada, *Atlas des chemins de fer canadiens*)

La température était de 5 °C, le ciel était couvert et le vent soufflait du sud-ouest avec des rafales à 60 km/h.

¹ Toutes les heures sont exprimées d'après l'HNE (Temps universel coordonné [UTC] moins cinq heures).

Examen sur place

L'inspection de la voie à l'ouest des lieux du déraillement a permis de retrouver un gros morceau de jante de roue en forme de « C » (voir la photo 1a) ainsi que des marques d'impact de roues sur le champignon du rail sud, sur le tronçon sud de la voie (voir la photo 1b), aux environs du point milliaire 0,6 de la subdivision Dundas. À cet endroit, le train sortait d'une courbe vers la droite à un point où les voies du CN croisent la route 403 avant d'entrer dans un triangle de tournage menant à la subdivision Oakville, à Bayview (voir la figure 2).



Photo 1a. La flèche jaune pointe vers le morceau de roue brisée qui a été récupéré au point milliaire 0,6 de la subdivision Dundas.



Photo 1b. Point milliaire 0,06 de la subdivision Dundas. La flèche noire correspond au sens d'avancement du train. Les flèches blanches pointent en direction des marques d'impact qu'on a relevées du côté intérieur du rail sud du tronçon sud de la voie.

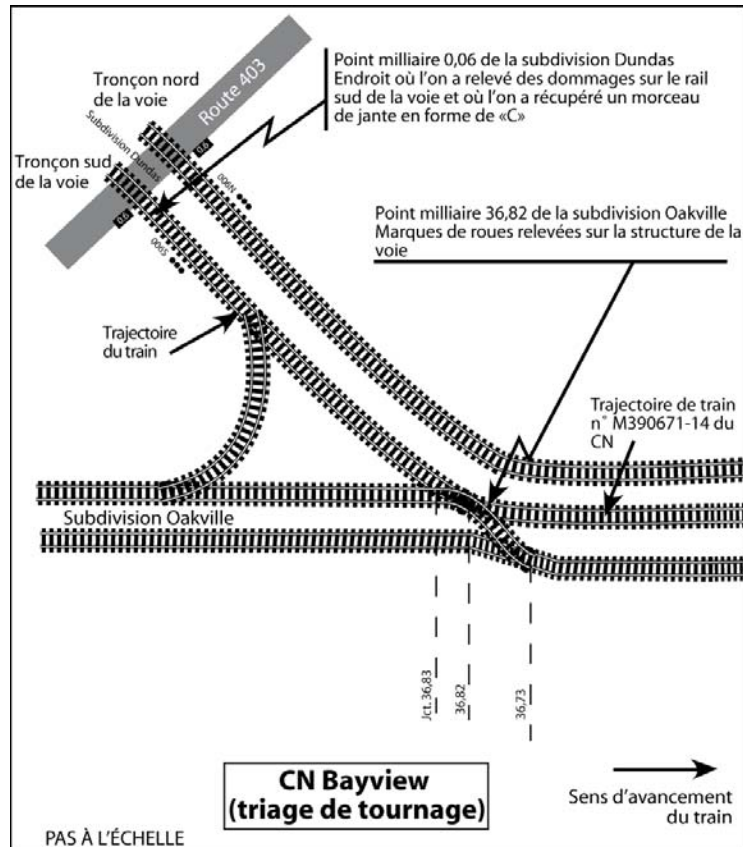


Figure 2. Schéma montrant le triangle de tournage de Bayview.

Les dommages subis par les rails allaient d'ouest en est, passant par la branche est du triangle de tournage (courbe vers la gauche) jusque sur la voie numéro 2 de la subdivision Oakville, là où les premiers signes de dommages ont été relevés sur les traverses, au point milliaire 36,82 (voir la figure 2). On a retrouvé trois autres gros morceaux d'une roue brisée à la hauteur d'un aiguillage de liaison endommagé qui se trouvait à Snake (point milliaire 36,22). À partir de ce point, les dommages causés à la voie continuaient jusqu'au passage à niveau de King Road, point milliaire 33,31.

À l'ouest du passage à niveau de King Road, on a relevé des marques d'impact sur le tablier du passage à niveau, du côté intérieur du rail nord et du côté extérieur du rail sud. À l'est du passage à niveau, les wagons n^{os} 99 à 108 avaient déraillé, s'étaient empilés et s'étaient mis en portefeuille en travers de l'emprise (voir la photo 2). Certains wagons avaient glissé sur une banquette située au sud de la voie et avaient fini leur course sur une propriété privée. Plusieurs des wagons déraillés ont été écrasés, ont été perforés ou ont laissé fuir leur chargement. Le matériel roulant a heurté deux immeubles sur les lieux du déraillement. La structure d'un de ces immeubles a subi des dommages considérables.



Photo 2. Déraillement d'Aldershot vu de l'est

En continuant en direction est, il y avait deux wagons couverts (les 97^e et 98^e wagons) et deux wagons-trémies couverts, n° ACFX 36706 (le 96^e wagon) et n° ACFX 96349 (le 95^e wagon), qui étaient renversés sur le côté. Des pièces de bogie, dont des roues, des traverses danseuses, des timoneries de frein, des longerons de bogie et un essieu monté portant des roues à toile droite dont une roue était brisée, ont été retrouvées entremêlées sous l'avant du wagon n° ACFX 36706 (voir la photo 3).



Photo 3. Essieu monté portant des roues à toile droite, dont une des roues est brisée, qu'on a retrouvé à l'endroit où des wagons avaient déraillé

Cet essieu monté, de même que les fragments de roue qu'on a récupérés, a été envoyé pour analyse au laboratoire technique du BST (rapport n° LP 040/2008 du laboratoire technique du BST).

Un peu plus à l'est, on a retrouvé un troisième wagon-trémie, n° ACFX 97330 (en l'occurrence le 94^e wagon). Ce wagon-trémie s'était aussi renversé sur le côté au sud de la voie, et il était attelé à quatre wagons-citernes de résidus (du 93^e au 90^e wagons). Le wagon déraillé qui se trouvait le plus à l'est était le wagon n° PROX 16541 (le 89^e wagon), soit un wagon-citerne de résidus dont le dernier chargement était constitué d'acide sulfurique (n° ONU 1830). Il est resté attelé à l'avant du train, et son bogie arrière avait déraillé.

La voie ferrée située à l'est du passage à niveau de King Road, y compris des portions des trois voies et les structures de signalisation, a été endommagée ou détruite sur une distance d'environ 120 mètres (400 pieds).

Particularités de la voie

Dans le secteur où les wagons ont déraillé, la subdivision Oakville consiste en trois tronçons de voie principale. La circulation ferroviaire y était régie grâce au système de commande centralisée de la circulation, en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), et elle était supervisée par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à Toronto. La vitesse autorisée dans l'indicateur était de 95 milles à l'heure (mi/h) pour les trains de voyageurs et de 60 mi/h pour les trains de marchandises. Le jour du déraillement, un bulletin de marche tabulaire (BMT) était en vigueur, qui limitait la vitesse en voie principale à 60 mi/h pour les trains de voyageurs et à 40 mi/h pour les trains de marchandises, entre les points milliaires 36,4 et 32,7.

Dans le secteur où l'on a relevé pour la première fois des marques laissées par des impacts de roues – au point milliaire 0,60 de la subdivision Dundas –, la voie était classée comme étant une voie de catégorie 5 au sens du *Règlement sur la sécurité de la voie*. Elle était faite de longs rails soudés (LRS) de 136 livres qui avaient été fabriqués en octobre 1984 et qui reposaient sur des traverses de bois dur, lesquelles étaient en bon état. Les rails, posés sur des selles de rail de 14 pouces à double épaulement, étaient fixés à chaque traverse par quatre crampons et ils étaient encadrés par des anticheminants à chaque traverse. Le ballast de pierre concassée était en bon état et il avait des banquettes d'environ 18 pouces.

Renseignements d'ordre mécanique

Le wagon n° ACFX 97330 était un wagon-trémie couvert qui a été conçu pour être affecté au service général sur courte distance d'une capacité de 268 000 livres. Il faisait partie d'un groupe de wagons affectés au transport de polychlorure de vinyle (PVC) entre Geismar, en Louisiane, et Donspur (Québec). Les wagons affectés à ce service sont utilisés pour le transport et le stockage de produit. Pour un grand nombre des wagons affectés à ce service, il peut se passer des semaines avant que les wagons soient déchargés et renvoyés à l'expéditeur pour être rechargés.

Le wagon a été construit en 1977 par ACF Industries LLC (ACF), un fabricant établi à St. Charles, au Missouri. Entre 1970 et 1984, ACF a construit surtout des wagons-trémies couverts servant au transport de produits céréaliers. En 1997, ACF a loué, puis vendu, son parc de wagons-trémies à la General Electric, de même que les droits d'utiliser la marque de commerce ACFX. Avec les années, ACF a aussi vendu des petits groupes de wagons-trémies à d'autres propriétaires de wagons indépendants, comme la Essex Hybrid Seed Company (EHSX). Le reste du parc de wagons appartient à ACI Leasing, une société affiliée.

Renseignements consignés

L'analyse des informations du consignateur d'événements de locomotive (CEL) du train 396 a permis de déterminer que :

- de 0044:32 à 0046:46, on a commandé un freinage de maintien (on a actionné la commande des gaz et actionné le frein automatique à l'aide du robinet de mécanicien).
- à partir de 0046:19 (environ huit minutes avant le déraillement), après qu'on eut annulé une réduction de 12 livres par pouce carré (lb/po²) de la pression du frein automatique, il n'y a eu aucun freinage additionnel. La vitesse consignée était de 32 mi/h lorsque le frein a été desserré.
- à partir de 0047:35 (approximativement sept minutes avant le déraillement), la commande des gaz a été maintenue à la position huit.
- la vitesse du train a augmenté, passant de 34 mi/h à 43 mi/h, pendant les 2,5 minutes qui ont précédé le serrage d'urgence des freins du train.

- à 0054:37, un serrage d'urgence provenant de la conduite générale s'est déclenché alors que le train roulait à 43 mi/h.
- la tête du train s'est immobilisée au point milliaire 32,18 de la subdivision Oakville.

Mesurage des impacts de roues du wagon n° ACFX 97330

Des détecteurs de défauts de roues (DDR)² sont installés à des endroits stratégiques le long des voies ferrées, et signalent les roues écaillées, les roues affectées par des méplats sur la table de roulement, les roues excentrées, ou les roues brisées qui excèdent les valeurs seuils d'impact. Les wagons affectés au service de groupage de transport de PVC entre la Louisiane et le Québec passent sur cinq sites de DDR du CN. On trouve au tableau 1 un résumé des mesurages de DDR pour le wagon n° ACFX 97330, depuis janvier 2007, qui ont excédé les valeurs seuils d'impact (et déclenché une alarme).

Le 3 janvier 2008, alors que le wagon n° ACFX 97330, roulant vers l'est, est passé au-dessus de l'installation de DDR située à Clark (Ontario), le détecteur a mesuré des valeurs d'impact de 137,5 kips (1 kip = 1 000 livres) à la position L1, et de 146,4 kips à la position L4. Des valeurs d'impacts de roues qui excèdent 90 kips sont jugées critiques aux termes des règles d'échange de wagons de l'Association of American Railroads (AAR).

Conformément à la politique et aux procédures du CN qui concernent les DDR, on a émis un bulletin de marche (BM) à l'intention du train le 3 janvier 2008, à 02 h 24, HNE. On a autorisé le train à poursuivre sa route jusqu'à l'emplacement convenable le plus rapproché, sous réserve que sa vitesse soit limitée à 57 mi/h. On a déclaré le wagon « défectueux » et on a déterminé qu'il devait être dételé au triage Taschereau. Le service de la mécanique du triage Taschereau a été alerté par l'entremise d'une commande de travail générée automatiquement, qui disait de faire les réparations voulues au wagon n° ACFX 97330 lorsque celui-ci arriverait au triage.

Wagon ACFX 97330			L1					R1					
Date	Dir	Localisation du site	Vitesse à l'entrée	Lecture nominale (kips)	Lecture maximale (kips)	Ratio	Lecture corrigée de la vitesse	Ratio	Lecture nominale (kips)	Lecture maximale (kips)	Ratio	Lecture corrigée de la vitesse	Ratio
29 déc. 07	L1	Bentonia, Illinois	31,7	33,386	87,2	2,61	98,2	2,94	36,088	107,3	2,97	122,4	3,39
2-janv-08	L1	Aldershot, Ontario	39,5	33,14	106,8	3,22	116,4	3,51	31,77	90,3	2,84	97,9	3,08
3-janv-08	L1	Clarke, Ontario	62,7	30,521	137,5	4,51	137,5	4,51	31,774	98,7	3,11	98,7	3,11
3-janv-08	L1	Cedars, Québec	34,4	32,623	107,6	3,30	120,9	3,71	30,898	98,4	3,18	110,4	3,57
5-janv-08				Essieu monté L1/R1 remplacé au triage Taschereau									
17 févr. 08	L4	Wakelee, Michigan	47,7	Aucune donnée fournie					Aucune donnée fournie				
			L4					R4					
29 déc. 07	L1	Bentonia, Illinois	31,7	Aucune donnée fournie					Aucune donnée fournie				
2-janv-08	L1	Aldershot, Ontario	39,5	Aucune donnée fournie					Aucune donnée fournie				
3-janv-08	L4	Clarke, Ontario	62,7	31,88	146,4	4,59	146,4	4,59	26,839	118,1	4,40	118,1	4,40
3-janv-08	L4	Cedars, Québec	34,4	Aucune donnée fournie					Aucune donnée fournie				
5-janv-08				Aucun dossier sur le remplacement des essieux montés L4/R4									
17 févr. 2008	L4	Wakelee, Michigan	47,7	35,861	105,4	2,94	108,2	3,02	31,297	98,7	3,15	101,3	3,24

Tableau 1. Lectures du DDR portant sur le wagon n° ACFX 97330 (du 29 décembre 2007 au 18 février 2008)

² Pour plus de détails au sujet de la conception et des fonctions des détecteurs de défauts de roues (DDR), voir l'annexe A.

Réparations exécutées sur le wagon n° ACFX 97330 au triage Taschereau

Quand le wagon n° ACFX 97330 est arrivé au triage Taschereau, il a été dételé du train et envoyé vers l'installation de réparation rapide, sur la voie W01 (voir la photo 4), où les roues devaient être remplacées. On a précisé le code de réparation applicable (code de « wagon défectueux »), à savoir WI (défauts de roues).

L'installation de réparation rapide est équipée d'une plateforme hydraulique de montage/démontage³ surmontée d'un bâtiment élevé et recouvert d'un revêtement mince. Le bâtiment est ouvert sur deux côtés, de façon que le matériel roulant puisse y accéder. On a aussi ménagé un passage dans un troisième côté pour permettre l'accès à divers équipements de réparation. L'aire de travail est éclairée mais n'offre qu'une protection limitée contre les éléments.



Photo 4. Installation de réparation rapide sur la voie W01

Le 5 janvier 2008, une équipe du service de la mécanique, formée d'un chef d'équipe et de deux wagonniers, a été affectée à l'installation de réparation rapide et chargée de réparer différents wagons. On a remis à l'équipe un rapport préalable d'inspection mécanique (Mechanical Inspection Preview Report) (voir la photo 5) qui énumérait les wagons qui étaient sur la voie W01 pour réparation. Le rapport indiquait aussi des informations de base au sujet de chaque wagon (dont le code de « wagon défectueux » indiquant la raison pour laquelle le wagon devait être réparé) et une description d'une ligne sur le travail à faire.

³ Une « plateforme de montage/démontage » est un bout de voie ferrée relié à un pont élévateur hydraulique. On utilise un locotracteur pour positionner le matériel roulant sur la plateforme, après quoi on se sert de la plateforme pour retirer un essieu monté de sous le wagon. L'essieu monté est retiré et remplacé par un essieu monté neuf ou reprofilé. On positionne ensuite le wagon à l'endroit voulu et on fait monter le nouvel essieu monté pour l'installer à la place de l'ancien.

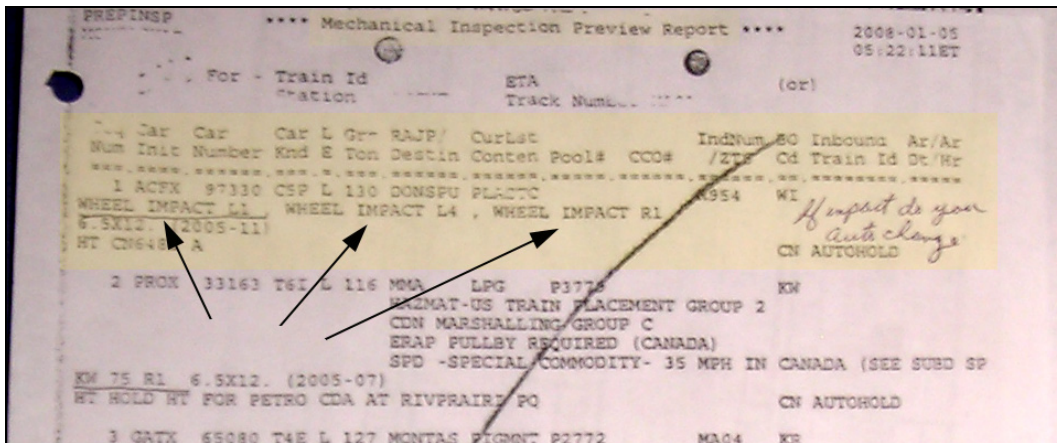


Photo 5. Rapport préalable d'inspection mécanique du wagon n° ACFX 97330, le 5 janvier 2008

Ce document n'existe pas en français.

Comme l'indique le rapport préalable d'inspection mécanique du 5 janvier 2008 :

- on a indiqué que le wagon n° ACFX 97330 devait être réparé.
- le code de « défectuosité » du wagon n° ACFX 97330 était WI (wheel impact (défauts de roues)).
- on identifiait trois positions du wagon n° ACFX 97330 qui étaient affectées par des défauts de roues : L1, L4 et R1.

Les dossiers de facturation montrent que l'essieu numéro un a été remplacé, mais que l'essieu numéro quatre n'a pas été remplacé.

Désignation des voies de réparation

À l'annexe A du manuel de l'AAR sur les règles d'échange de wagons (*Field Manual of the AAR Interchange Rules* (2008)), on définit comme il suit les voies d'ateliers ou voies de réparation :

installation qui dispose de l'équipement approprié et où l'on s'occupe surtout et habituellement de la réparation des wagons de marchandises. Les réparations doivent être faites conformément aux normes de la FRA [Federal Railroad Administration] sur la sécurité des wagons de marchandises, à la réglementation sur les dispositifs de sécurité et le freinage de maintien et aux règles de l'AAR sur l'échange de wagons (Railroad Freight Cars Safety Standards, Safety Appliance and power brake laws, and AAR Interchange rules. (traduction)

Au triage Taschereau, l'installation de réparation de la voie W01 est conçue pour le remplacement de roues et elle est considérée comme étant une « voie de réparation rapide ». D'après les règles de l'AAR, il n'est pas nécessaire que les wagons qu'on laisse sur une voie de réparation rapide pour les faire réparer fassent l'objet d'une inspection complète faite par un wagnonier qualifié, une fois les réparations terminées.

Processus de remplacement des roues au triage Taschereau

Voici un résumé de la façon dont on procède au remplacement de roues sur la voie W01 du triage Taschereau :

1. Quand on déclare qu'un wagon est « défectueux » et qu'il faut remplacer certaines de ses roues, une notification générée par ordinateur est transmise de façon électronique à l'installation de réparation. Les avis de matériel « défectueux » sont organisés séquentiellement en fonction de la position que le wagon occupe sur la voie de réparation ou la voie de réparation rapide.
2. Dans le rapport préalable d'inspection mécanique (la commande de travail), toutes les réparations qui doivent être faites sur un wagon donné sont indiquées et imprimées sur une ligne. La commande de travail est imprimée et une copie papier est remise à l'équipe de travail.
3. À cette installation de réparation, les travaux sont normalement exécutés par des équipes de trois personnes, à savoir un chef d'équipe et deux wagonniers.
4. On utilise un locotracteur pour positionner les wagons à l'endroit voulu pour les réparations. Un chariot élévateur à fourche est utilisé pour retirer et remplacer l'essieu usé ou défectueux.
5. L'opérateur du chariot élévateur à fourche, qui est en communication radio avec les autres membres de l'équipe, prend place dans une cabine fermée et protégée des intempéries. L'opérateur se charge normalement du traitement des documents de facturation (voir la photo 6).
6. Durant le remplacement des roues, un membre de l'équipe prend place de chaque côté du wagon. Dès qu'une activité est terminée, on rature à la main l'article d'exécution qui figure sur la commande de travail.
7. Quand un facturier est de service, les données de facturation de l'AAR concernant le retrait et le remplacement de la roue sont transmises par radio au facturier. Si le facturier n'est pas de service, on laisse les documents de facturation remplis sur le bureau du facturier à la fin du quart de travail et on place le wagon sur la voie de départ (W07).

DATE: 5/01/08
GANG: _____

NAME: _____

INIT:	NUMBER	TYPE	L/E	B/O	BR/TEST	ADAP	R 1	R 2	R 3	R 4	STD	1 1/2	2"	K
ACFX	97330	C	L	W9		11 12	L 1	L 2	L 3	L 4				
REMOVED						APPLIED								
LOC	AXEL	SERIAL	DA/MANU	DESIG	GAGE	CERT	B/O	AXEL	SERIAL	DESIGN	GAGE	CERT	BEA	
R:		304	S/C		14				3246056	NWC 06				
L:		11502	D 70	7 36	24	5A	GS		31628120	J 36	36	1A		
INIT:	NUMBER	TYPE	L/E	B/O	BR/TEST	ADAP	R 1	R 2	R 3	R 4	STD	1 1/2	2"	K
PC0A	33103	T	L	KW		11 12	L 1	L 2	L 3	L 4				
REMOVED						APPLIED								
LOC	AXEL	SERIAL	DA/MANU	DESIG	GAGE	CERT	B/O	AXEL	SERIAL	DESIGN	GAGE	CERT	BEA	

Photo 6. Document de facturation relatif au wagon n° ACFX 97330, en date du 5 janvier 2008
Ce document n'existe pas en français.

8. Sur une voie de réparation rapide, il n'est pas nécessaire que l'équipe de réparation ou tout autre membre du personnel du service de la mécanique fasse une inspection complète du wagon pour s'assurer qu'on a noté et réparé toutes les déficiences du wagon. Toutefois, des superviseurs du service de la mécanique doivent procéder chaque mois à un échantillonnage aléatoire des wagons placés sur la voie de départ, et contrôler les réparations effectuées sur les wagons choisis au hasard.
9. Quand un remplacement de roues est terminé, le facturier consigne les informations relatives au travail effectué dans le système de facturation et retire le wagon de la liste du matériel « défectueux ». Si un wagon placé sur la voie W07 n'a pas été retiré de la liste du matériel « défectueux » quand une manœuvre de triage s'appête à le ramasser, les responsables des opérations de triage doivent communiquer avec le chef d'équipe pour que celui-ci libère le wagon.

Une commande de travail est considérée comme étant une seule activité de travail, peu importe qu'elle porte sur une seule activité de travail ou sur des activités multiples. Durant les périodes de pointe, il peut arriver qu'on prenne deux ou trois semaines de retard dans la saisie des données de facturation. Dans ces circonstances, les wagons dont les réparations sont terminées sont libérés et remis en service par un superviseur ou par un autre employé du service de la mécanique qui a l'autorisation de libérer les wagons. Lors d'un échantillonnage portant sur une seule journée des activités du réseau du CN, en juillet 2008, on a identifié 277 wagons défectueux qui étaient affectés par des défauts de roues. Or, environ 3 p. 100 (8 sur 277) des wagons déclarés défectueux étaient des wagons dont on devait retirer et remplacer plus d'un essieu monté.

Autre pratique de l'industrie

Une autre grande compagnie de chemin de fer canadienne se sert d'un système informatisé pour générer et gérer les commandes de travail relatives aux remplacements de roues.

Avec ce système, quand un wagon est déclaré défectueux parce qu'il compte plus d'un essieu monté portant des roues défectueuses, le système traite chaque essieu monté comme un élément distinct de la commande de travail. Dans une telle situation, chaque remplacement de roues doit faire l'objet d'une approbation écrite individuelle et d'une libération dans le système informatisé, avant qu'on puisse retirer le wagon de la liste du matériel roulant « défectueux ».

Roues à toile droite

Les roues à toile droite⁴ sont davantage susceptibles de se briser que les roues à toile courbe. L'industrie ferroviaire est au courant de cette situation depuis plus de 20 ans. Au cours de la période allant de 1960 à 1989, les roues à toile droite ont représenté approximativement 30 p. 100 des roues produites et utilisées en Amérique du Nord.

Par mesure de prévention, afin de réduire le plus possible les risques associés aux défaillances de roues à toile droite, l'AAR a établi un processus par lequel les roues à toile droite seront retirées progressivement du service :

- en septembre 1988, on a interdit aux ateliers de roues de monter ou de remonter des roues à toile droite sous le matériel roulant.
- en 1989, on a interdit de fabriquer ou de vendre des roues à toile droite en Amérique du Nord.
- en 1991, on a interdit aux ateliers de roues de réusinier des roues à toile droite et de remettre ces roues en service.

En 1992, environ trois déraillements résultant de défaillances de roues à toile droite se produisaient encore chaque année au Canada. Craignant qu'on prenne du retard quant au traitement de la question des roues à toile droite, le Bureau a formulé deux recommandations distinctes. Le Bureau a recommandé que :

Le ministère des Transports établit un critère unique pour la réforme des roues à toile droite (de sorte que les roues d'une jante de 1 pouce $\frac{1}{4}$ d'épaisseur ou moins soient réformables) pour tous les wagons qui appartiennent aux compagnies ferroviaires sous réglementation fédérale. (R92-12)

Le ministère des Transports exige que toutes les compagnies ferroviaires sous réglementation fédérale identifient les wagons dont les roues à toile droite ne sont pas conformes à la norme canadienne et les retournent, lorsque vides, à leurs propriétaires par la voie la plus directe possible. (R92-13)

⁴ Les roues du matériel roulant se composent d'un moyeu de roue, d'une jante de roue, et d'une toile de roue qui relie le moyeu et la jante. Quand on la regarde en coupe, la toile d'une roue à toile droite forme une ligne droite entre le moyeu et la jante. Vue en coupe, la toile d'une roue à toile courbe montre une «forme de S» grâce à laquelle les contraintes internes qui s'exercent sur la roue sont réduites considérablement.

En réponse à cette recommandation, Transports Canada, de concert avec l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC), la Federal Railroad Administration (FRA), et l'AAR, a réévalué la question de l'accélération du retrait progressif des roues à toile droite. En 1994, le *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* a resserré les normes relatives à l'utilisation des roues à toile droite existantes. Depuis 1994, l'AAR a resserré progressivement les critères de retrait des roues à toile droite pour les wagons qui sont sur une voie de réparation :

- on a révisé la règle 41 à plusieurs reprises afin de faciliter le retrait des roues à toile droite lorsque le wagon se trouvait sur une voie d'atelier ou de réparation. Les critères révisés relatifs au retrait des roues traitaient principalement des types de wagons ou de l'épaisseur de la jante des roues.
- l'article A.2.h de la règle 41 précise qu'en date du 1^{er} janvier 2010, les roues à toile droite devront être retirées du service quand les wagons seront envoyés sur une voie de réparation.
- on a révisé la règle 90 le 1^{er} janvier 1997, pour préciser qu'en date du 1^{er} janvier 2014, il sera interdit d'affecter des wagons équipés de roues à toile droite au service d'échange de wagons.
- on a révisé la règle 88 le 1^{er} janvier 2004, pour préciser que pour tout wagon qui fait l'objet de travaux de remise à neuf exigeant plus de 85 heures de réparation, on devra remplacer les roues à toile droite dont le wagon est équipé, le cas échéant.
- on a révisé la règle 108 pour préciser qu'à partir du 1^{er} janvier 1997, les wagons qui font l'objet de travaux de réparation excédant le nombre limite d'heures précisé dans la règle (36 heures en incluant les bogies et 25 heures en excluant les bogies), on devra remplacer les roues à toile droite dont le wagon est équipé, le cas échéant. En janvier 2008, on a réduit le nombre limite d'heures de la règle 88 pour la faire correspondre à celle qui figure dans la règle 108.

Utilisation de roues à toile droite sous les wagons ACFX

Après l'accident, on a procédé à un échantillonnage aléatoire des wagons-trémies couverts ACFX qui se trouvaient au triage MacMillan du CN, afin d'évaluer l'incidence des roues à toile droite. Le tableau 2 résume les résultats de l'échantillonnage :

ID du wagon	Numéro du wagon	Date de construction	Essieu 1 (bout B)	Essieu 2	Essieu 3	Essieu 4 (bout A)
ACFX	96126	1972	td ⁵	td	td	tc ⁶
ACFX	96148	1973	td	td	tc	tc
ACFX	96351	1973	td	td	td	tc
ACFX	96356	1973	td	tc	tc	tc
ACFX	97300	1977	tc	tc	tc	tc
ACFX	97835	1978	td	td	tc	tc
ACFX	97836	1978	tc	td	tc	tc
ACFX	98426	1979	td	td	td	td
ACFX	98452	1979	tc	tc	td	tc
ACFX	98691	1979	td	td	td	td

Table 2. Échantillonnage des types de roues dont sont équipés les wagons-trémies couverts ACFX

Les résultats de l'échantillonnage aléatoire montrent que :

- neuf des dix wagons avaient au moins un essieu monté portant des roues à toile droite.
- sur un total de 40 essieux pour les 10 wagons, on a relevé 21 essieux qui portaient des roues à toile droite.

Cet échantillonnage a été suivi d'un examen plus poussé des remplacements de roues sur les wagons ACFX depuis 2006 (voir la figure 2). L'examen a révélé un nombre élevé de roues coulées entre les années 1975 et 1979 et lors d'années atypiques dans le cas de wagons des séries 0961 à 0989. Les wagons des séries 0990 à 0999 montraient un nombre élevé de roues coulées au cours des années 1980 à 1984 et ceux des séries 0941 à 0957 montraient un nombre anormal de roues coulées au cours des années 1990 à 1994. Les nombres élevés de roues coulées pendant les années 1975 à 1984 correspondent aux dates de construction des wagons.

⁵ « td » = essieu monté portant des roues à toile droite.

⁶ « tc » = essieu monté portant des roues à toile courbe.

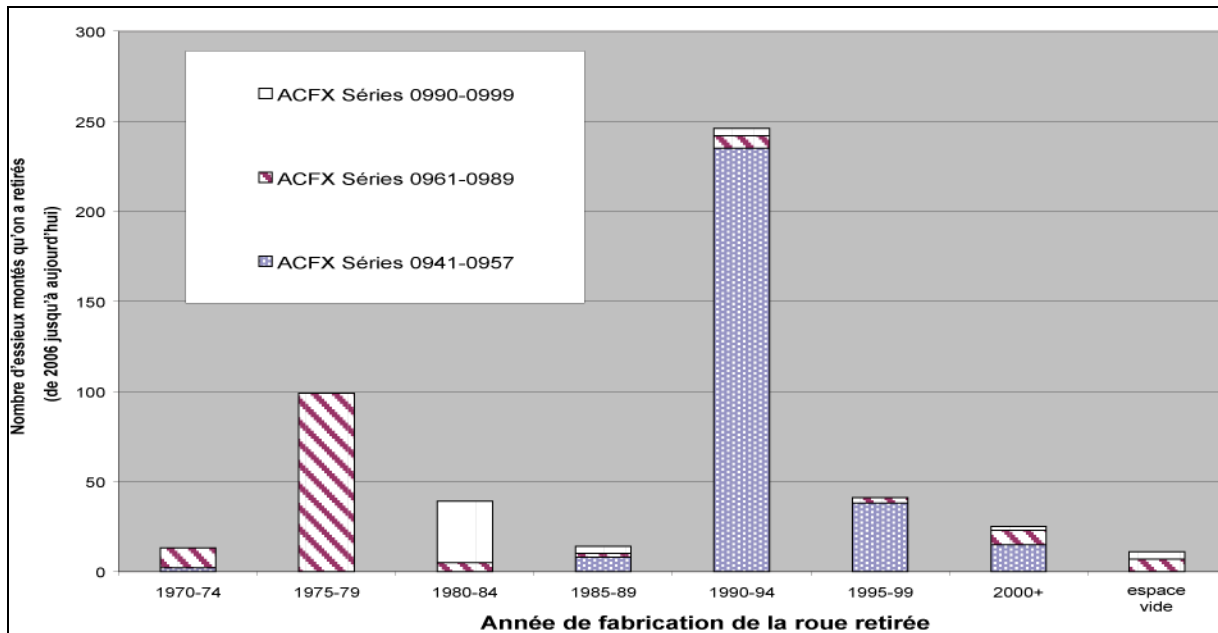


Figure 4. Retrait par le CN d'essieux montés des wagons ACFX

Le BST a aussi retracé l'historique d'un essieu monté muni de roues à toile droite qu'on a choisi au hasard. L'essieu monté provenait d'un wagon appartenant à la Essex Hybrid Seed Company (ESSX) qui faisait partie d'un parc d'environ 30 wagons-trémies couverts de la ESSX. On a trouvé 15 autres essieux montés portant des roues à toile droite dans le parc de wagons d'ESSX. Le propriétaire des wagons a entrepris de retirer les roues à toile droite restantes dans le cadre d'un programme continu de remise à neuf de son parc. Toutes les roues à toile droite équipaient 12 wagons qui ont été fabriqués par American Car Foundries (ACFX) et qui ont été exploités à l'origine sous l'identification ACFX.

Examen en laboratoire de la roue à toile droite qui s'est brisée

La roue qui s'est brisée sous le wagon n° ACFX 97330 était une roue à toile droite en acier forgé de catégorie U, H 36 (36 pouces, 100 tonnes) qui a été fabriquée par Edgewater Steel Ltd. en avril 1980. Les roues de catégorie U sont faites d'un acier non traité et sont conçues pour être installées sous des wagons de marchandises affectés au service général. La roue brisée a été emmanchée aux installations de la Greenville Steel Car Co., à Greenville, Pennsylvanie, en septembre 1980. La CSX Transportation Inc. a retiré le bouchon d'extrémité en novembre 2005 afin d'enlever les œillets de caoutchouc, et a ensuite réinstallé et resserré le bouchon. L'épaisseur de la table de roulement⁷ de la roue défaillante était de $\frac{21}{16}$ de pouce, et celle de la roue accouplée était de $\frac{22}{16}$ de pouce. L'épaisseur de la jante était conforme aux exigences des règles de l'AAR et de Transports Canada.

⁷ L'épaisseur de la table de roulement (de la jante de la roue) correspond à l'épaisseur transversale de la jante de la roue, mesurée de la surface de roulement jusqu'à un point où le boudin de roue rejoint la toile de la roue.

L'analyse en laboratoire a permis de faire les constatations suivantes :

- la roue à toile droite s'est brisée lorsqu'une grande section de la table de roulement, du côté extérieur de celle-ci, s'est séparée de la roue à la suite de l'allongement en surcharge de fissures de fatigue, consécutif à des contraintes de martèlement.
- la fissuration par fatigue était apparue dans le matériau de la table de roulement, à environ 0,40 pouce sous la surface de roulement de la roue.
- aucune anomalie d'ordre métallurgique n'a été observée au point d'origine de la fissuration.
- les ruptures secondaires de la toile de la roue ont toutes été causées par une surcharge.
- à une température de 5 °C, la ténacité du matériau de la roue à toile droite qui s'est brisée était environ la moitié de celle du matériau d'une roue à toile courbe utilisée en comparaison.
- la rigidité des roues à toile droite est plus de deux fois supérieure à celle des roues à toile courbe.
- la combinaison de fortes contraintes, d'une roue à toile droite, de la faible ténacité du matériau, de la basse température ambiante, et de charges d'impact considérables a occasionné des contraintes externes qui ont excédé les limites de résistance du matériau de la roue.
- même si la fracture progressait depuis un certain temps, elle avait une origine interne et elle a été indétectable jusqu'au moment de la rupture.
- la rupture de la roue a été soudaine et catastrophique.

Analyse

La conduite du train et l'entretien de la voie ont été conformes aux exigences de la compagnie et à celles de la réglementation. On considère que ni les conditions d'exploitation ni l'état de la voie n'ont été des facteurs de causalité lors de cet événement. Les enquêteurs ont toutefois relevé des irrégularités quant au dossier de réparation du wagon qui aurait vraisemblablement été le premier à dérailler, soit le wagon n° ACFX 97330. De plus, l'enquête a permis de déterminer que certaines séries de wagons du parc d'ACFX pouvaient compter un grand nombre de roues à toile droite – des roues dont on sait qu'elles risquent fort de subir une défaillance pendant le service. Par conséquent, l'analyse portera surtout sur les éléments du matériel roulant qui ont joué un rôle lors de cet accident, sur les protocoles du CN en matière d'inspection et de réparation du matériel roulant, et sur le fait que l'on continue d'utiliser des roues à toile droite pour le service 100 tonnes.

L'accident

Les wagons déraillés du train 396 se sont immobilisés près du point milliaire 33,24 de la subdivision Oakville, mais le train a commencé à dérailler à environ cinq milles à l'ouest des lieux du déraillement, c'est-à-dire à Bayview, là où la subdivision Dundas et la subdivision

Oakville se rejoignent. On a relevé des dommages causés à la voie et trouvé des fragments de roue au point milliaire 0,6 de la subdivision Dundas, et on a trouvé que ces fragments s'appariaient avec un morceau d'une roue à toile droite brisée qu'on a retrouvé parmi les décombres sur les lieux du déraillement. Les marques sur la structure de la voie montrent que le train 396 est d'abord déraillé près du point milliaire 36,82 de la subdivision Oakville pendant qu'il passait dans la branche est du triangle de tournage de Bayview, à une vitesse de 32 mi/h. Une portion brisée d'une roue à toile droite s'est alignée avec le rail sud, de sorte que la roue est tombée entre les rails.

Quand un wagon chargé couvre une grande distance avec une roue très endommagée, il est fort vraisemblable que la roue en cause sera une roue arrière d'un bogie arrière. Le wagon n° ACFX 97330, le premier d'un groupe de trois wagons-trémies de couleur grise, a été le premier wagon à dérailler. Lors de la formation du train, le wagon a été placé avec le bout B vers l'avant, si bien que la roue L4 était la roue arrière du bogie arrière, du côté sud. La roue L4 était une roue défectueuse qui devait être retirée du service en janvier 2008; mais les dossiers de réparation montrent que la roue n'a pas été remplacée. En outre, le wagon en question faisait partie d'une série de wagons qui sont susceptibles d'être équipés de roues à toile droite. Donc, le 94^e wagon à partir de la tête du train 396, le wagon n° ACFX 97330, a vraisemblablement été le premier wagon à dérailler, et la roue qui s'est brisée a vraisemblablement été la roue L4 arrière.

Le premier gros morceau de la roue brisée a été récupéré près du point milliaire 0,6 de la subdivision Dundas, à un endroit où l'on a relevé une série de marques laissées par de forts impacts de roue sur le champignon du rail sud de la voie sud. À cet endroit, le train roulait dans une courbe à droite suivie d'une courbe vers la gauche, au pied d'une pente forte. Le premier wagon à dérailler a été poussé contre le côté haut de la courbe, il a aligné la jante extérieure d'une roue endommagée avec le rail bas et a généré une forte charge d'impact sur le champignon du rail au point milliaire 0,6 de la subdivision Dundas.

La roue brisée, une roue à toile droite fabriquée en 1980 par Edgewater, avait une ténacité et des qualités d'absorption des impacts deux fois moindres que celles des roues à toile courbe que l'on fabrique actuellement. La roue L4 montrait des lectures élevées d'impact qui remontaient au début de janvier 2008. Les fortes charges d'impact qui s'exerçaient sur la portion extérieure de la surface de roulement ont causé la séparation d'un grand morceau, en forme de « C », du rebord extérieur de la jante de la roue, par suite d'une surcharge instantanée.

La séparation de la jante consécutive à une surcharge instantanée a résulté d'une fissuration sous-surfacique graduelle qui avait pris son origine dans une zone située sous la surface normale de contact entre les roues et les rails. Les dossiers de défauts de roues indiquent que la roue L4 arrière avait produit une lecture d'impact de 146 kips six semaines auparavant, et des lectures d'impact de 105,4 kips la veille du déraillement. Bien que le wagon n° ACFX 97330 ait été déclaré défectueux pour cause de défauts de roues, il a été libéré de l'installation de réparation sans qu'on ait remplacé toutes les roues qu'on avait identifiées comme devant être remplacées. L'absence d'un protocole rigoureux d'assurance de la qualité, visant à vérifier si les travaux sont terminés avant que les wagons soient libérés et soient remis en service, a fait en sorte que l'essieu monté portant des roues défectueuses soit remis en service.

Le bout A, en position arrière, de ce wagon était déraillé et chevauchait le rail sud quand le wagon est arrivé à la hauteur du passage à niveau de King Road. À l'est du passage à niveau, ce bogie a été arraché et s'est retrouvé entremêlé avec des pièces de la structure de la voie et les wagons qui suivaient, ce qui a provoqué un freinage d'urgence provenant de la conduite générale lorsque les wagons précédents et suivants ont déraillé et se sont renversés du côté sud de la voie. Les 16 wagons qui suivaient ont embouti les wagons déraillés et se sont empilés.

Roues à toile droite susceptibles d'être affectées par des ruptures catastrophiques

L'industrie ferroviaire comprend bien la raison pour laquelle les roues à toile droite sont davantage susceptibles que d'autres d'être affectées par des défaillances pendant le service. Bien que le retrait progressif des roues à toile droite ait progressé de façon significative, les statistiques de l'AAR montrent que des dérailllements mettant en cause des roues à toile droite continuent de se produire, et surviennent à une fréquence plus élevée que celle que suggère le nombre de roues de ce modèle qui sont en service. En outre, la plupart des wagons portant des roues à toile droite sont admissibles au service d'échange de matériel roulant jusqu'en janvier 2014. Tant que la majorité des roues à toile droite affectées au service 100 tonnes ou plus ne seront pas retirées du service dès qu'on les détecte, le risque que des roues à toile droite se brisent pendant le service continuera d'être élevé.

Inspections ciblées des séries de wagons à haut risque

L'analyse faite par le laboratoire technique a permis de quantifier la ténacité des aciers dont on se servait il y a 25 ans pour produire des roues, et elle a démontré que les roues faites de cet acier sont deux fois plus rigides que les roues à toile courbe et que, par conséquent, elles sont davantage susceptibles d'être affectées par des défauts. De plus, l'examen des dossiers relatifs aux remplacements de roues indique que des populations spécifiques de wagons, comme les wagons-trémies ACFX affectés au service sur courte distance, sont davantage susceptibles de compter un nombre significatif de roues à toile droite. Faute d'une forme quelconque d'inspection ciblée portant sur des séries spécifiques de wagons qui sont affectés au service sur courte distance, et dont on sait qu'un grand nombre d'entre eux ont été équipés de roues à toile droite, il y a un risque accru que ces roues à toile droite restent en service tant et aussi longtemps qu'elles ne subiront pas une défaillance.

Processus de travail en vigueur sur les voies de réparation du CN

Au CN, les procédures de remplacement de roues n'ont pas suivi la cadence de l'évolution des meilleures pratiques de l'industrie. Dans un triage d'une autre compagnie de chemin de fer, les alarmes du système de DDR portant sur des essieux multiples d'un même wagon sont traitées comme s'il s'agissait de commandes de travail distinctes, dont chacune exige que le personnel responsable du matériel roulant appose sa signature pour approuver chaque remplacement d'essieu monté, sans quoi le wagon ne peut pas être retiré de la liste du matériel roulant « défectueux ».

Au triage Taschereau du CN, les commandes de travail générées par ordinateur ne comprennent pas une description claire des travaux à faire, comme par exemple dans le cas d'un wagon qu'on a déclaré défectueux pour cause d'alarmes multiples de défauts de roues portant sur plusieurs essieux. Même si, en nombres réels, les alarmes multiples de défauts de roues portant sur un même wagon sont relativement peu fréquentes, il reste que des situations de ce genre sont signalées quotidiennement dans le cadre des opérations ferroviaires au Canada. Il n'y a pas de procédures voulant que le personnel du service de mécanique écrive à la craie sur le wagon une description des travaux à faire. L'environnement de travail fait en sorte que les employés sont exposés à la température ambiante et aux intempéries quand ils font leur travail, ce qui fait que les données relatives à la facturation de l'AAR sont souvent communiquées par radio à la personne qui remplit le rapport. Le fonctionnement multitâches, faisant appel à un personnel limité, ne fait que compliquer les choses encore davantage. Le processus d'assurance de la qualité qui précède la remise en service des wagons n'est pas suffisamment rigoureux, que ce soit du point de vue de l'inspection du matériel ou de la vérification de concordance des commandes de travail. En l'absence d'un processus efficace d'assurance de la qualité, on continuera de remettre des wagons en service alors que tous les travaux requis n'ont pas été exécutés.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le train 396 est d'abord déraillé dans le secteur du point milliaire 36,82 de la subdivision Oakville pendant qu'il passait dans la branche est du triangle de tournage de Bayview, à une vitesse de 32 mi/h. Une portion brisée d'une roue à toile droite s'est alignée avec le rail sud, de sorte que la roue est tombée entre les rails.
2. La roue s'était brisée au point milliaire 0,6 de la subdivision Dundas (environ 0,6 mille en amont) tandis que le train roulait dans une courbe à droite suivie d'une courbe vers la gauche, au pied d'une pente forte. Le wagon a été poussé contre le côté haut de la courbe, il a aligné la jante extérieure d'une roue endommagée avec le rail bas et a généré une forte charge d'impact sur le champignon du rail.
3. Les fortes charges d'impact qui s'exerçaient sur la portion extérieure de la surface de la table de roulement ont causé la séparation d'un grand morceau, en forme de « C », du rebord extérieur de la jante de la roue, par suite d'une surcharge instantanée. La séparation, dans une roue dont la ténacité et la capacité d'absorption des impacts étaient compromises, a résulté d'une fissuration sous-surfacique graduelle qui avait pris son origine dans une zone située sous la surface normale de contact entre les roues et les rails.
4. Six semaines avant le déraillement, la technologie de détection en voie avait permis d'identifier la roue L4 du wagon n° ACFX 97330 comme étant une roue défectueuse qui devait être retirée du service. Toutefois, en l'absence d'un processus efficace d'assurance de la qualité, destiné à contrôler si tous les travaux requis ont été exécutés, cette roue défectueuse a été remise en service.

5. Le reste des wagons du train ont déraillé quand le bogie arrière du premier wagon déraillé a été arraché et s'est retrouvé entremêlé avec des pièces de la structure de la voie située à l'est du passage à niveau de King Road, ce qui a provoqué un freinage d'urgence provenant de la conduite générale lorsque les wagons précédents et suivants ont déraillé et se sont renversés du côté sud de la voie. Les 16 wagons qui suivaient ont embouti les wagons déraillés et se sont empilés.

Faits établis quant aux risques

1. Les règles actuelles d'échange de wagons font en sorte que le risque de défaillance des roues à toile droite continuera d'être élevé.
2. Faute d'une forme quelconque d'inspection ciblée portant sur des séries spécifiques de wagons affectés au service sur courte distance, il y a un risque accru que les roues à toile droite restent en service tant et aussi longtemps qu'elles ne subiront pas une défaillance.
3. En l'absence d'un processus efficace d'assurance de la qualité destiné à contrôler si tous les travaux requis ont été exécutés, on continuera de remettre des wagons en service sans que tous les travaux requis aient été exécutés.

Autre fait établi

1. Le 94^e wagon à partir de la tête du train 396, le wagon n° ACFX 97330, a vraisemblablement été le premier wagon à dérailler, et la roue L4, placée en position arrière a vraisemblablement été celle qui s'est brisée.

Mesures de sécurité prises

Le Canadien National s'est adressé à ACF Industries LLC, propriétaire du wagon et aussi propriétaire d'un parc de wagons-trémies couverts similaires qui sont équipés d'un grand nombre de roues à toile droite, pour l'aviser qu'il aimerait qu'on remplace les roues à toile droite de ces wagons qui sont affectés au service de groupage du CN, ou que ces wagons soient remplacés par des wagons affectés à un autre type de service.

L'Association of American Railroads (AAR) prend des mesures pour avancer de 18 mois la date limite de retrait des roues à toile lors du passage des wagons sur des voies de garage ou de réparation, de façon à établir cette date au 1^{er} juillet 2008⁸ plutôt qu'au 1^{er} janvier 2010. Cette proposition aura pour effet d'avancer la date d'interdiction de 18 mois et, ce faisant, de réduire le nombre incidents dus à des ruptures de roues. D'après les estimations récentes de l'AAR, plus de 80 000 essieux montés portant des roues à toile droite sont en service dans l'industrie ferroviaire (soit 1,23 p. 100 de tous les essieux montés qui sont en service).

⁸ AAR Circular 10734, *Solicitation of Comments – Accelerated Removal of Straight Plate Wheels – Rule 41*, 19 May 2008. (Circulaire 10734 de l'AAR, invitation à présenter des commentaires au sujet du retrait accéléré des roues à toile droite, règle 41, 19 mai 2008) (en anglais seulement)

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 9 décembre 2008.

Annexe A – Systèmes de détection des défauts de roues (DDR)

Un détecteur de défauts de roues (DDR) est un appareil qui utilise un réseau de jauges de contrainte montées à même le rail pour mesurer les forces verticales exercées par les roues sur le rail. Quand une roue passe au-dessus d'un DDR, l'appareil établit un profil de la charge verticale exercée par cette roue. Le tracé obtenu est représentatif de la force que chaque roue exerce du haut vers le bas sur la structure de la voie (charge nominale). Des pointes et des creux plus petits se superposent à ce tracé et représentent les fluctuations de la charge dues aux imperfections des roues (charge dynamique). Ces variations sont mesurées en temps réel à mesure que la roue passe au-dessus du détecteur, et on utilise la variation maximale pour calculer la charge d'impact maximale que chaque roue exerce sur la structure de la voie en passant au-dessus du détecteur (charge maximale).

Quand un train passe au-dessus des jauges, le système compte les essieux, enregistre les efforts, et traite les données. Les données provenant des DDR sont intégrées aux systèmes de gestion du réseau de la compagnie et sont prises en compte au moment de prendre des décisions au sujet de la conduite des trains et de l'entretien du matériel roulant. Chaque lecture du système de DDR portant sur un wagon donné est saisie et est utilisée aux fins de la production d'un dossier historique sur les charges d'impact et, partant, les défauts de roues. Les données des DDR relatives aux wagons sont aussi mises en commun à l'intention des compagnies membres de l'Association of American Railroads (AAR). Les chemins de fer membres peuvent accéder aux dossiers historiques de DDR, peu importe que les lectures excèdent ou non les niveaux d'alarme d'un chemin de fer en particulier. Salient Systems Inc. fournit la technologie du système de DDR (WILD) aux chemins de fer de catégorie 1 d'Amérique du Nord. Au Canada, ces chemins de fer sont la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada, le Chemin de fer Canadien Pacifique et VIA Rail Canada.

Le système de DDR enregistre avec exactitude les charges verticales générées par le passage des roues d'un train au-dessus du détecteur. Toutefois, la charge pouvant être affectée par plusieurs variables, il n'y a jamais deux lectures de DDR exactement pareilles pour une même roue. Au nombre des variables, on trouve notamment l'état léger ou chargé du matériel roulant, la vitesse du matériel roulant au moment où il passe au-dessus des détecteurs, la rigidité de la plateforme de la voie, l'alignement des jauges de contrainte dans le sens vertical, l'état géométrique du point de contact roue/rail, et la position relative des défauts de la roue sur la surface de roulement. Les lectures des DDR sont enregistrées, et les lectures obtenues sont normalisées en fonction d'une vitesse prédéterminée, habituellement 55 mi/h.

Quand les lectures maximales de charge d'impact varient considérablement d'un détecteur à l'autre, le ratio entre les lectures maximales (en kips) par rapport à la lecture normative en kips peut être utile pour identifier les essieux montés qui pourraient être affectés par des défauts de roues considérables. Le ratio pour une roue nouvellement reprofilée est voisin de 1,1. À mesure qu'une roue développe des imperfections, le ratio augmente, de sorte qu'une roue qui exerce des impacts (affectée par des défauts) considérables aura un ratio très supérieur à celui d'une roue neuve qu'on vient d'installer.

Le système de DDR tient compte de 80 à 90 p. 100 de la circonférence de la roue. On surveille constamment le réseau de jauges de contrainte afin de trouver d'éventuelles erreurs d'échantillonnage. L'AAR exige qu'on procède à l'étalonnage des systèmes de DDE tous les trois ans.