



**RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R11T0034**



**DOMMAGES AU MATÉRIEL ROULANT SANS
DÉRAILLEMENT NI COLLISION
DU TRAIN DE VOYAGEURS 70 DE
VIA RAIL INC.
POINT MILLIAIRE 21,40 DE LA SUBDIVISION
D'OAKVILLE
OAKVILLE (ONTARIO)
LE 6 FÉVRIER 2011**

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

Dommages au matériel roulant sans
déraillement ni collision
du train de voyageurs 70 de
VIA Rail Inc.
Point milliaire 21,40 de la subdivision d'Oakville
Oakville (Ontario)
le 6 février 2011

Numéro du rapport R11T0034

Sommaire

Le 6 février 2011, à environ 9 h 30, le train de voyageurs 70 de VIA Rail Inc. (VIA), qui se dirige vers l'est, qui comporte 1 locomotive et 7 voitures et qui compte à son bord 106 passagers et 5 membres d'équipe, franchit un détecteur de boîtes chaudes en voie au point milliaire 33,00 de la subdivision d'Oakville du Canadien National, et aucune alarme n'est relevée. Le train poursuit sa route jusqu'à un arrêt planifié à Oakville (Ontario) (point milliaire 21,40). Alors que le train est à l'arrêt à la gare d'Oakville, le chef de gare constate que de la fumée s'échappe de l'essieu R4 de la quatrième voiture (VIA 4009). Un examen subséquent permet de déterminer que le roulement à rouleaux de la fusée de l'essieu R4 a fait l'objet d'une surchauffe excessive, puis qu'il a cédé. La voiture est garée, et le train peut ensuite poursuivre sa route. Les passagers sont transférés à un train du Réseau GO pour se rendre à destination.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 6 février 2011, à environ 7 h 40¹, le train de voyageurs 70 (VIA 70) de VIA Rail Inc. (VIA), qui se dirige vers l'est, quitte London (Ontario) à destination de Toronto (Ontario). Le train se compose d'une locomotive et de 7 voitures à alimentation électrique de service (AES) et compte à son bord 106 passagers et 5 membres d'équipe. Bien que VIA possède certaines portions de voie, la plupart des trains de VIA font l'objet d'échanges avec le Canadien National (CN) ou le Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) et ils circulent sur les voies du CN ou du CFCP.

À environ 9 h 30, le train VIA 70 franchit un détecteur de boîtes chaudes (DBC) en voie du CN au point milliaire 33,00 (Aldershot) de la subdivision d'Oakville du CN, sans qu'aucune alarme ne soit relevée (Figure 1). Bien que l'indication moyenne donnée par les DBC pour tous les roulements à rouleaux des fusées d'essieu du train VIA 70 soit de 1,7 mm à 1,8 mm², une indication de 3,4 mm est donnée pour la position R4 de la voiture VIA 4009, ce qui est encore inférieur aux seuils établis pour les alarmes des DBC du CN.



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

Le train poursuit sa route jusqu'à un arrêt planifié à Oakville (Ontario) (point milliaire 21,40). Alors que le train est arrêté à la gare d'Oakville, le chef de gare perçoit une odeur de brûlé. Lorsqu'on inspecte davantage, on voit de la fumée s'échapper du roulement à rouleaux extérieur R4 de la voiture VIA 4009, la 4^e voiture du groupe AES. Un examen subséquent permet de déterminer que le roulement à rouleaux a fait l'objet d'une surchauffe excessive et

¹ Toutes les heures indiquées correspondent à l'heure normale de l'Est.

² Un système de DBC se compose de circuits de détection d'occupation de la voie, de détecteurs infrarouges, d'un compteur d'essieux, d'une unité qui enregistre par voie numérique le profil thermique et d'un enregistreur graphique. Le système détecte et enregistre l'énergie infrarouge (chaleur) émise par chaque roulement à rouleaux. Le signal thermique de chaque roulement à rouleaux est enregistré par voie numérique et mis sous forme de graphique sur support papier, chaque roulement à rouleaux du train y étant représenté par une ligne proportionnelle à la chaleur enregistrée. Sur le graphique, un millimètre de chaleur correspond environ à 12 °F au-dessus de la température extérieure ambiante.

qu'il a cédé. Les passagers sont transférés à un train du Réseau GO pour se rendre à destination. La voiture est garée avant que le train ne puisse poursuivre sa route. L'essieu monté en cause est retiré et envoyé pour un examen.

Renseignements sur la subdivision et la voie

La subdivision d'Oakville est une voie principale à voies multiples qui s'étend vers l'ouest de la Toronto Union Station (point milliaire 0,0) à Hamilton (point milliaire 39,3). L'exploitation ferroviaire est régie par le système de commande centralisée de la circulation, en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), et elle est surveillée par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) à Toronto. La vitesse autorisée par l'indicateur est de 95 mi/h pour les trains de voyageurs et de 60 mi/h pour les trains de marchandises.

Le jour de l'événement, un bulletin de marche tabulaire (BMT) est en vigueur. Ce bulletin limite la vitesse sur la voie principale, entre le point milliaire 36,4 et le point milliaire 32,7, à 60 mi/h pour les trains de voyageurs et à 40 mi/h pour les trains de marchandises. Le trafic ferroviaire quotidien à Oakville est constitué d'environ 4 trains de marchandises, 18 trains de voyageurs de VIA et 80 trains de banlieue du Réseau GO.

Matériel ferroviaire de VIA

VIA exploite principalement 3 types de matériel roulant pour le transport de voyageurs : des voitures Renaissance; des voitures légères, rapides et confortables (LRC); des voitures AES. Les voitures Renaissance ont environ 15 ans; les voitures LRC, environ 30 ans; et les voitures AES, environ 60 ans. La plus grande partie du matériel roulant de transport de voyageurs a été remise à neuf.

Les essieux montés des voitures Renaissance et AES sont dotés de roulements à rouleaux extérieurs, tandis que dans le cas des voitures LRC, les roulements à rouleaux se trouvent à l'intérieur de chaque roue. Les voitures Renaissance et LRC sont pourvues de systèmes embarqués pour la détection des roulements à rouleaux ayant surchauffé; les voitures AES ne le sont pas.

VIA a environ 220 voitures AES, ce qui représente approximativement 50 % de son parc. Environ 20 % des voitures AES circulent à des vitesses allant jusqu'à 95 mi/h et dans le corridor Québec-Windsor, tandis que les autres voitures AES circulent sur la route transcontinentale de VIA. Les voitures AES parcourent en moyenne 138 000 milles par année. Les voitures AES sont pourvues de roulements à rouleaux extérieurs de 6 ½ pouces sur 12 pouces et la protection contre la défaillance des roulements à rouleaux en cours de route est assurée principalement par des DBC en voie. Contrairement aux wagons de marchandises (Photo 1), les roulements à rouleaux des voitures AES sont logés dans une grande boîte d'essieu (Photo 2).



Photo 1. Configuration des roulements sur les wagons de marchandises

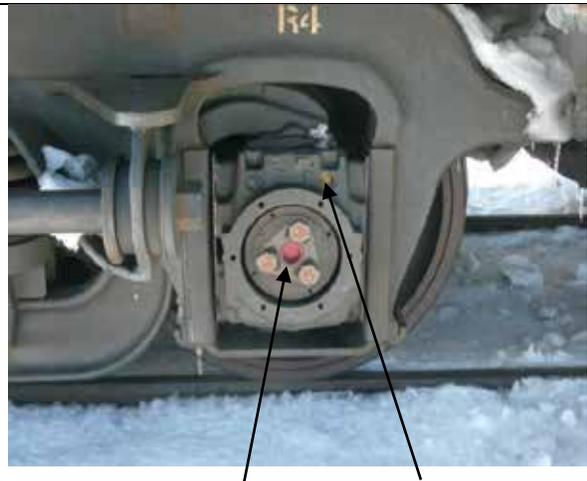


Photo 2. Configuration des roulements sur les voitures AES

Note : chapeau en plastique et capsule malodorante

Les boîtes d'essieu des voitures AES sont pourvues d'une capsule malodorante activée par la chaleur qui émet une légère odeur ainsi qu'une petite quantité de colorant pour aider à la détection des roulements à rouleaux qui ont surchauffé, au cours des inspections routinières. En outre, le côté du bogie comporte de longs montants de plaque de garde fixés au moyen d'une entretoise de plaque de garde d'une largeur de 4 pouces, à la partie inférieure.

Essieux montés et roulements à rouleaux

Les essieux montés comprennent 2 roues qui sont alésées et calées à la presse sur une portée de calage, de même que 2 roulements à rouleaux calés à la presse sur les fusées d'essieu. Quand des roues sont montées sur un essieu, la date de montage des roues et l'identificateur de l'atelier sont estampillés sur le moyeu extérieur de l'une des roues. Ensuite, les roulements à rouleaux sont montés sur les fusées d'essieu. Durant le montage des essieux, les nouveaux roulements à rouleaux ne sont assortis qu'à de nouveaux roulements à rouleaux, et il en va de même pour les roulements à rouleaux remis à neuf provenant du même fabricant. La plupart des roulements à rouleaux actuellement en service sont des roulements à rouleaux remis à neuf.

Un roulement à rouleaux (Figure 2) se compose d'une cuvette extérieure qui renferme 2 cônes pourvus de rouleaux coniques qui sont séparés l'un de l'autre au moyen d'une entretoise. Chaque train de rouleaux comporte un chemin de roulement, des rouleaux et une cage. Des joints d'étanchéité intérieur et extérieur, des bagues de frottement, une bague d'appui et un chapeau d'extrémité complètent le roulement à rouleaux. La cuvette, les rouleaux et les cônes sont trempés. En outre, les surfaces qui sont étroitement en contact les unes avec les autres font l'objet d'une opération de finition de précision. La cage joue essentiellement le rôle d'entretoise qui maintient les rouleaux en place à l'intérieur du cône. Les cages sont généralement réalisées par poinçonnage (formage à froid) à partir d'une feuille d'acier malléable à faible teneur en carbone. L'ensemble entier est calé à la presse sur une fusée d'essieu, assujéti contre le rayon du congé de raccordement de la fusée d'essieu et retenu par un chapeau fixé à l'extrémité de l'essieu par 3 vis de fixation maintenues en place au moyen d'une plaquette-frein de chapeau.

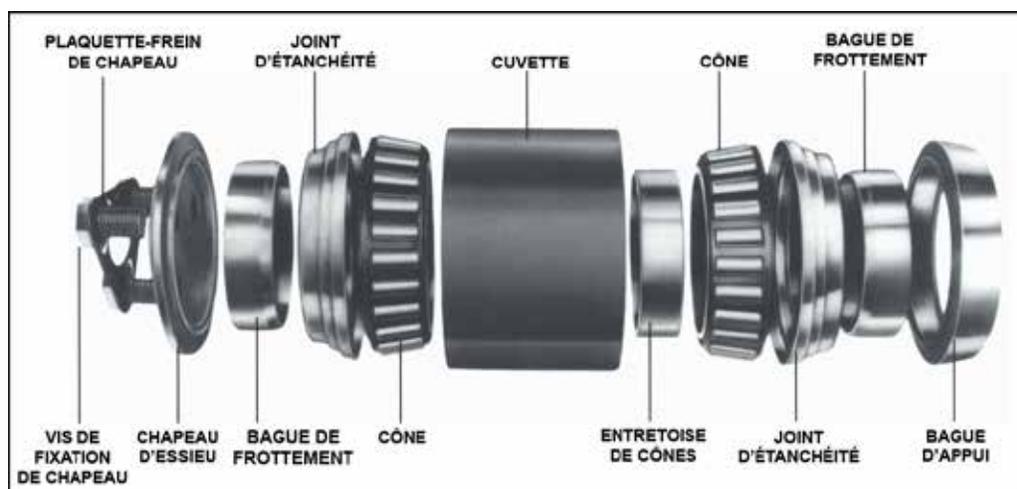


Figure 2. Composants des roulements à rouleaux (Source : Timken AP Bearing Parts)

Renseignements sur les essieux montés de VIA

Les essieux montés de VIA sont assemblés conformément à la partie II de la section G du Manual of Standards and Recommended Practices de l'Association of American Railroads (AAR). Ce manuel fait état des normes minimales applicables à la fabrication et à la remise à neuf des essieux montés. Toutes les roues et tous les roulements à rouleaux des voitures de VIA sont montés par Progress Rail Services à Montréal (Québec).

Le fournisseur des roulements à rouleaux de VIA est Timken. La filiale de Timken, Rail Bearing Services (RBS)³, remet à neuf tous les roulements à rouleaux des voitures de VIA. Les roulements à rouleaux sont assemblés conformément au Roller Bearing Manual qui fait l'objet de la partie II de la section H du Manual of Standards and Recommended Practices de l'Association of American Railroads (AAR). Ce manuel énonce les normes minimales applicables à la fabrication et à la remise à neuf des roulements à rouleaux. La remise à neuf des roulements à rouleaux comprend leur désassemblage, leur nettoyage, leur inspection, leur réparation (au besoin) et leur réassemblage.

Les roulements à rouleaux de VIA demeurent dans un bassin réservé et sont pourvus d'un chapeau d'extrémité fait sur mesure dont le centre comporte un orifice d'un diamètre de 1 ½ pouce. Pendant le service, pour les roulements situés du côté droit (R) du wagon, l'orifice central est obturé au moyen d'un chapeau en plastique (Photo 2). Le pourtour de l'orifice est pourvu d'un joint d'étanchéité en caoutchouc, disposé à l'intérieur du chapeau d'extrémité, pour empêcher l'entrée de contaminants. En ce qui a trait aux roulements situés du côté gauche (L) du wagon, un dispositif de freinage antiblocage, qui offre également une protection contre les contaminants, est fixé au chapeau d'extrémité. Les chapeaux d'extrémité de VIA ont été conçus de cette manière pour que l'essieu monté, une fois retiré du wagon, puisse être centré sur un tour et que les bandes de roulement puissent être usinées pour l'élimination des défauts de surface sans qu'il soit nécessaire de retirer les roulements à rouleaux.

³ Depuis le 1^{er} octobre 2011, les services fournis auparavant par Rail Bearing Services Inc. sont assurés par The Timken Corporation.

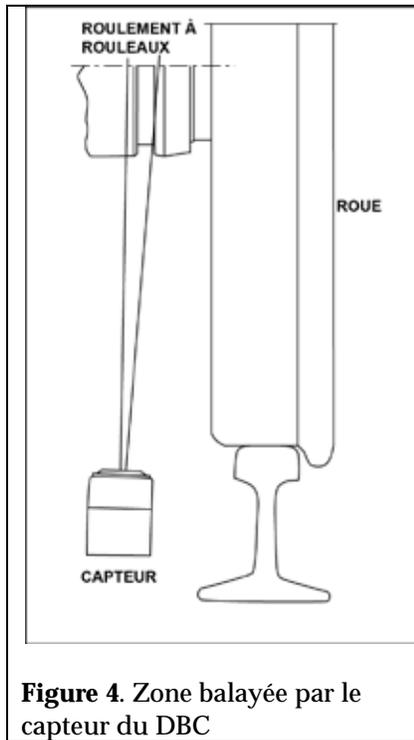
Exigences réglementaires applicables aux voitures de passagers

Les voitures font l'objet d'une inspection visuelle conformément au *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des voitures voyageurs* (8 novembre 2001, TC O-0-26) approuvé par Transports Canada (TC). Selon ce règlement, il faut soumettre les voitures à des inspections de sécurité aux endroits où les trains sont composés, aux endroits où il y a stationnement prolongé et après leur ajout à des trains ou leur échange. Les inspections visuelles comprennent le repérage des roulements à rouleaux et des roues qui ont surchauffé. Les règles exigent également qu'un détecteur de roulements à rouleaux ayant surchauffé, avec système d'alarme, ou un autre système approprié pour la détection de la chaleur, soit fourni pour chaque roulement à rouleaux monté du côté intérieur d'une roue. Il n'existe pas d'instruction semblable concernant les roulements à rouleaux montés à l'extérieur d'une roue, car on a supposé qu'ils étaient protégés par les DBC.

Restrictions de l'AAR concernant la conception des bogies des wagons

Par le passé, l'AAR a vu des wagons dont la conception du bogie empêchait l'analyse appropriée des roulements à rouleaux par les DBC. Pour réduire le risque de déraillement causé par les ruptures de roulements à rouleaux par échauffement, l'AAR a exigé des propriétaires de wagons de marchandises qu'ils indiquent une telle conception dans le registre du matériel (UMLER) afin que les compagnies de chemins de fer échangeant du trafic sachent qu'un wagon de marchandises présentant la conception problématique est échangé. À compter de janvier 2007, la section B-5 (n) de la règle 90 a été ajoutée aux règles d'échange pour indiquer que tous les wagons de marchandises dont la conception des longerons du bogie empêche l'analyse appropriée des roulements à rouleaux par les DBC ne peuvent faire l'objet d'échanges entre les chemins de fer, sauf s'ils sont pourvus d'un autre outil de détection approuvé par l'AAR (par exemple des détecteurs embarqués).

Inspection visuelle et en voie des roulements à rouleaux



Les inspecteurs de VIA ont reçu une formation leur permettant de déceler les capsules malodorantes qui se sont activées et d'autres signes de ruptures de roulements. Si un roulement suspect est repéré, l'essieu monté en cause est retiré de la voiture et le roulement est soumis à une inspection visuelle plus détaillée. Une inspection visuelle avant le départ a été effectuée pour le VIA 70; aucune anomalie n'a été relevée.

En outre, lorsqu'un essieu monté est retiré d'une voiture de VIA en raison de défauts de bande de roulement, les roulements à rouleaux font l'objet d'une rotation et une vérification superficielle est effectuée avant que l'essieu monté puisse être travaillé au tour et remis en service.

Outre les inspections visuelles, les chemins de fer ont doté le réseau ferroviaire de systèmes électroniques de détection en voie afin d'évaluer l'état du matériel roulant en cours de route. Habituellement, de tels systèmes se situent à une distance de 15 à 30 milles l'un de l'autre sur la voie principale. Chaque système de ce type comprend normalement un DBC, et certains comportent également des détecteurs de roues chaudes et/ou de pièces traînantes. Un DBC analyse, au moyen d'un détecteur infrarouge au-dessus duquel passe le train, chaque roulement à rouleaux pour tenter d'y déceler la présence de chaleur (Figure 4). Les capteurs de DBC sont habituellement réglés de manière à enregistrer la chaleur sur la partie extérieure de la cuvette, dans la zone du chemin de roulement du cône intérieur et de la bague d'appui des roulements à rouleaux des wagons. Aucune exigence réglementaire ne vise les DBC. Chaque chemin de fer établit et maintient ses propres seuils à l'égard des systèmes et des alarmes pour les roulements à rouleaux ayant surchauffé.

Système de détection de boîtes chaudes du CN

Lorsque les trains de VIA circulent sur les lignes du CN, leurs roulements à rouleaux sont contrôlés par le système de DBC du CN. Sur les corridors de voie principale, les DBC du CN sont espacés les uns des autres d'environ 15 milles et ils sont reliés à un réseau. Les données sur la température des roulements à rouleaux peuvent être consultées au moyen d'un centre de contrôle centralisé doté en personnel 24 heures sur 24, ce personnel étant composé de CCF et de techniciens, Mécanique – CCF (TM-CCF).

Lorsque les températures des roulements à rouleaux déclenchent une alarme de roulement « chaud », un système parlant en informe l'équipe du train. Dans de telles situations, les CCF et les TM-CCF voient s'afficher une alarme à l'écran de leur ordinateur. Le CCF confirme la réception de l'alarme à l'équipe du train et le train fait l'objet d'un arrêt contrôlé en vue d'une inspection. L'équipe transmet au CCF les résultats de l'inspection et le CCF les communique au

TM-CCF. Le TM-CCF enregistre les résultats de l'inspection et met à jour l'historique des wagons.

Lorsque des alarmes de roulements « chauds » sont déclenchées au franchissement de 2 DBC consécutifs, le garage du wagon comportant l'essieu monté suspect se fait systématiquement, peu importe les résultats de l'inspection de l'équipe. Le CN a établi les seuils d'alarme suivants pour les roulements à rouleaux « chauds » :

- Alarme de boîte chaude = 15 mm ou 174 °F.
- Alarme d'écart de température entre un roulement à rouleaux chaud et son roulement correspondant, de bout en bout = 8 mm ou 104 °F.

Outre la surveillance des alarmes de DBC sur le terrain, le système dégage des tendances en temps réel à partir des données des DBC, ce qui permet aux TM-CCF de surveiller les roulements à rouleaux qui s'échauffent. En s'appuyant sur les données des tendances, le CN a établi les seuils d'alarme de roulements à rouleaux « chauds » qui suivent :

- Alarme de boîte chaude = 12 mm ou 135 °F.
- Alarme d'écart de température entre un roulement à rouleaux chaud et son roulement correspondant, de bout en bout = 6 mm ou 78 °F.

Lorsqu'une alarme de roulement « chaud » est déclenchée, le TM-CCF est tenu de surveiller les températures de roulements à rouleaux données par les DBC suivants. Le TM-CCF peut vérifier les tableaux des DBC et/ou l'historique des wagons pour connaître les températures de roulements à rouleaux élevées antérieures. Le TM-CCF peut également arrêter le train et donner comme instruction à l'équipe d'inspecter le roulement chaud suspect. Lorsqu'une alarme de roulement « chaud » survient au dernier détecteur avant une gare, le TM-CCF peut prendre les dispositions nécessaires pour que le wagon visé soit inspecté à l'arrivée.

Le CN a également élaboré un certain nombre d'alarmes de faible niveau dont les seuils se situent sous ceux des alarmes déclenchées pour les roulements « chauds ». Les alarmes de faible niveau ne sont pas affichées automatiquement et n'exigent pas nécessairement la prise de mesures par le TM-CCF, mais elles procurent un outil supplémentaire pour la détection des roulements à rouleaux qui ont surchauffé. Les alarmes de faible niveau n'indiquent pas une valeur thermique restreinte, mais elles sont fondées sur plusieurs méthodes de comparaison des renseignements enregistrés sur les roulements à rouleaux.

Voici les méthodes en question :

- La comparaison d'une chaleur de roulement à rouleaux plus élevée que la moyenne à la chaleur moyenne des autres roulements à rouleaux se trouvant du même côté du train.
- La comparaison d'une chaleur de roulement à rouleaux plus élevée que la moyenne à la chaleur moyenne des autres roulements à rouleaux se trouvant du même côté du wagon ou de la locomotive.

Des alarmes de faible niveau peuvent être utilisées :

- afin de vérifier des valeurs enregistrées précédemment pour des roulements à rouleaux produisant des alarmes de roulements « chauds »;
- en vue de l'établissement des tendances. Par exemple, les wagons sur lesquels, par le passé, ont été enregistrées des températures de roulements à rouleaux élevées (faible

niveau) sont destinés à faire l'objet d'un changement de roues dans le cadre d'activités d'entretien ayant pour objet le retrait des roulements suspects du service, au cours des inspections prévues.

Le système de DBC du CN enregistre les alarmes de faible niveau et les affiche sous forme de barres jaunes sur un ruban. Tous les rubans sont générés par voie électronique et peuvent être visualisés de nouveau s'il est nécessaire de vérifier l'historique du wagon.

Normes de remise à neuf des roulements à rouleaux

Les roulements à rouleaux sont conçus pour durer pendant toute la vie de l'essieu monté, sans lubrification ni entretien supplémentaire. Les normes de remise à neuf des roulements à rouleaux sont fondées sur les pratiques en la matière appliquées aux wagons. Selon ces pratiques, il faut procéder au retrait et à l'inspection des roulements à rouleaux chaque fois qu'un essieu monté est enlevé et envoyé à un atelier de roues en vue d'une remise à neuf. Au cours des opérations de remise à neuf, les essieux montés des wagons peuvent être reprofilés à volonté (sous réserve du retrait des roulements à rouleaux), pourvu que lesdits essieux montés satisfassent aux critères en matière de remise à neuf et que l'épaisseur de la bande de roulement soit suffisante pour le reprofilage. La durée de vie utile moyenne des essieux montés des wagons est estimée à environ 220 000 milles^{4 5}. Toutefois, les règles de l'AAR n'exigent pas le retrait des roulements à rouleaux lorsqu'ils atteignent un certain âge ou une certaine distance parcourue.

Lorsque des roulements à rouleaux sont retirés, ils doivent être inspectés et remis à neuf conformément aux normes figurant dans la partie II de la section H du Manual of Standards and Recommended Practices de l'AAR. Ces normes sont considérées comme les normes minimales à observer. Toutefois, de nombreux transporteurs de charbon et au moins un transporteur intermodal parcourant de grandes distances ont établi des prescriptions supplémentaires en matière de remise à neuf qui interdisent la présence d'écailles ou de défauts dans les composants des chemins de roulement⁶.

Dans le cadre des activités de remise à neuf, lorsqu'un composant de roulement à rouleaux est retiré d'un essieu monté, il est nettoyé et inspecté par un atelier de roulements à rouleaux approuvé en vue du repérage de dommages. La règle 1.15 définit la terminologie applicable aux différents défauts ou anomalies de surface et donne des descriptions des limites applicables aux dommages des roulements à rouleaux. Toutes pièces présentant des anomalies de surface qui excèdent les critères d'inspection et ne peuvent être réparées de façon satisfaisante doivent être rejetées. Le manuel qui fait l'objet de la partie II de la section H du Manual of Standards and Recommended Practices de l'AAR s'applique principalement aux roulements à rouleaux des wagons de marchandises. Toutefois, sauf indication contraire par la compagnie de chemin de

⁴ AAR Transportation Technology Centre Inc., Technology Digest TD-04-020, *Weibull Analysis of Coal Car Wheel Life*, novembre 2004.

⁵ AAR Transportation Technology Centre Inc., Technology Digest TD-11-042, *Wheel Life Comparison 3-Piece Trucks Versus M-976 Trucks*, octobre 2011.

⁶ Brenco Technical Forum 94-1, *Spalling: Its Effect on Bearing Performance*, Brenco Incorporated 1994.

fer, les mêmes normes s'appliquent aux roulements à rouleaux des voitures de la même catégorie⁷.

La règle 1.15.5 décrit les limites applicables aux fissures ou à l'écaillage causé par la fatigue. Elle indique (en partie) ce qui suit [Traduction] :

- Les fissures minuscules dans les surfaces portantes qui constituent une première indication de défaillance du métal devraient être meulées pour empêcher l'écaillage. L'écaillage causé par la fatigue se manifeste initialement sous forme de fissures minuscules; des pièces de métal finissent par se détacher. Ces phénomènes se manifestent dans le chemin de roulement des bagues intérieures (cônes) et extérieures (cuvettes) et sur la surface des rouleaux. Il est interdit de mettre en service :
 1. des rouleaux présentant des écailles ou des fissures;
 2. des bagues intérieures et extérieures dont le chemin de roulement présente des écailles non réparées;
 3. des pièces présentant des écailles réparées d'une dimension supérieure à $\frac{3}{8}$ pouce de l'un ou l'autre des côtés, et d'une profondeur de $\frac{1}{8}$ pouce;
 4. les pièces dont une section de 2 pouces de la circonférence du chemin de roulement comporte plus de 2 écailles réparées;
 5. les pièces sur lesquelles il y a, entre deux écailles réparées, un écart ou une séparation d'une longueur inférieure à $\frac{3}{16}$ pouce;
 6. les pièces dont le chemin de roulement comporte, au total, plus de 6 écailles réparées.

Il est possible de réparer, selon les méthodes approuvées, les écailles présentes sur les chemins de roulement des cuvettes et des cônes; toutefois, il faut que les écailles réparées mesurent moins de $\frac{3}{8}$ pouce d'un côté ou de l'autre et présentent une profondeur de $\frac{1}{8}$ pouce. L'atelier approuvé qui effectue les travaux de réparation doit procéder au marquage des écailles réparées (anciennes ou nouvelles) au moyen d'un outil traceur approprié; le marquage doit être fait près de l'écaille, non sur le chemin de roulement. En ce qui a trait au cône, les réparations doivent être marquées sur la surface de l'extrémité qui présente un grand diamètre.

⁷ Les tailles des roulements sont définies par les catégories. Par exemple, pour les roulements à rouleaux montés du côté extérieur de la roue, la catégorie D représente un roulement de $5 \frac{1}{2}$ pouces sur 10 pouces; la catégorie E, un roulement de 6 pouces sur 11 pouces; et la catégorie F, un roulement de $6 \frac{1}{2}$ pouces sur 12 pouces.

Fatigue et durée de vie utile des roulements à rouleaux L10

Les composants des roulements à rouleaux peuvent être utilisés à perpétuité pourvu qu'ils répondent aux critères de remise à neuf. En pratique, les roulements à rouleaux et leurs composants ont une durée de vie restreinte qui est définie par la fatigue. La durée de vie en fatigue L10⁸ est définie par une durée de vie calculée (en heures, en milles, etc.) lorsqu'un groupe de nouveaux roulements à rouleaux identiques fonctionnant dans les conditions contrôlées d'un laboratoire affichent les premiers signes d'écaillage causé par la fatigue. Durant des essais, l'apparition d'une écaille qui mesure environ 0,01 pouce carré sur le chemin de roulement d'une cuvette, sur le chemin de roulement d'un cône ou sur un rouleau est définie comme une défaillance en laboratoire. Dans un ensemble donné de roulements identiques, 90 % atteindront ou excéderont la durée de vie prévue, et 10 % céderont avant d'atteindre cette valeur (d'où la désignation L10).

Il existe une différence entre la petite écaille attribuable à la fatigue qui définit la durée de vie en fatigue L10 des roulements à rouleaux dans le contexte d'essais en laboratoire et les écailles qui déterminent la fin de la durée de vie des roulements en situation de service ferroviaire. Pour cette raison, les normes de remise à neuf de l'AAR permettent la réparation d'écailles sur les chemins de roulement, en tenant compte de certaines limites. Toutefois, une petite écaille causée par la fatigue qui requiert une réparation durant la remise à neuf indique toujours que le roulement commence à céder sous l'effet de la fatigue. En outre, lorsqu'un chemin de roulement comporte une écaille réparée, le stress de contact est accru à proximité de cette dernière et il augmente également au bord de la réparation. Lorsque le rouleau se trouve directement au-dessus d'une écaille réparée, la surface du chemin de roulement soutenant la charge est réduite.

Il est reconnu dans le secteur que la présence d'écailles réparées a une incidence négative sur la durée de vie des roulements, comparativement aux chemins de roulement sans écaille réparée. Par exemple, un chemin de roulement comportant une écaille réparée de $\frac{3}{8}$ pouce offre une durée de vie calculée ne représentant que 36,5 % de celle d'un chemin de roulement nouveau ou non endommagé⁹. Même si la durée de vie calculée était plus longue dans le cas d'écailles réparées de plus petite dimension, compte tenu de la variabilité des réparations, aucune durée de vie L10 définie n'est prédite pour les roulements à rouleaux remis à neuf. En situation réelle, d'autres facteurs sont réputés avoir une incidence négative sur la durée de vie utile, et la défaillance des roulements à rouleaux elle-même peut avoir une cause autre que l'écaillage causé par la fatigue. Selon les données de l'AAR sur les roulements à rouleaux qui ont surchauffé pendant la période 2008–2010 (Tableau 1), les défauts suivants sont responsables de plus de 90 % des défaillances confirmées des roulements à rouleaux qui ont surchauffé :

⁸ Brenco Technical Forum 90-1, *Bearing Life*, Brenco Incorporated 1990.

⁹ Rapport d'enquête du BST n° R11T0016.

% des défaillances confirmées des roulements à rouleaux	Cause
31,9	Écaillage causé par la fatigue
25,8	Usure par l'action de l'eau
14,6	Dommmages mécaniques
10,9	Roulement lâche
4,6	Défaut des adaptateurs
3,7	Défaut des roues

Tableau 1. Causes de la surchauffe confirmée des roulements à rouleaux

Normes de remise à neuf des roulements à rouleaux de VIA

Selon les normes de remise à neuf des roulements à rouleaux de VIA, les roulements à rouleaux doivent être remis à neuf conformément aux normes énoncées dans le manuel de la partie II de la section H du Manual of Standards and Recommended Practices de l'AAR. En outre, VIA donne les instructions suivantes pour la remise à neuf des cuvettes des roulements à rouleaux et des cônes pour chaque type de voiture.

Voitures Renaissance :

Cuvette

1. Dimension maximale du contre-alésage : 8,2530 pouces
2. Diamètre extérieur minimal de la cuvette : 9,0500 pouces
3. Pose d'un bouchon en plastique K145179 sur les trous du pourtour
4. Marquage de la zone de chargement au moyen d'un crayon de peinture
5. Interdiction d'appliquer des décalcomanies de VIA

Cône - La taille de l'alésage doit être celle établie par le fabricant d'équipement d'origine (de 5,1168 pouces à 5,1178 pouces). Il est possible d'utiliser des cônes réusinés ou chromés. Seuls les éléments provenant des roulements des voitures Renaissance de VIA peuvent être utilisés.

Voitures AES :

Cuvette - Une décalcomanie portant les spécifications de VIA Rail doit être apposée. Seuls les éléments provenant des roulements des wagons de raccord ou des voitures peuvent être utilisés.

Cônes - Il est possible d'utiliser des cônes réusinés ou chromés. Seuls les éléments provenant des roulements des wagons de raccord ou des voitures peuvent être utilisés.

Voitures LRC :

Cuvette

1. Pas de décoloration due à la chaleur/de grippage/d'écaillage/de détérioration par entaille/d'échancrures/d'usure marquée par l'action de l'eau sur les chemins de roulement.
2. Aucune décalcomanie ne doit être apposée sur le diamètre extérieur.

Note : Les cuvettes réusinées ou chromées ne doivent PAS être utilisées. Seules les cuvettes acceptables indiquées comme matériel de VIA doivent être utilisées.

Cône

1. La taille de l'alésage doit être celle établie par le fabricant d'équipement d'origine (de 5,6870 pouces à 5,6880 pouces).
2. Pas de décoloration due à la chaleur/de grippage/d'écaillage/de détérioration par entaille/d'échancrures/d'usure marquée par l'action de l'eau sur les rouleaux ou les chemins de roulement intérieurs.

Note : Il est possible d'utiliser des cônes réusinés ou chromés. Seuls les éléments provenant des roulements des voitures LRC de VIA peuvent être utilisés.

Examen du roulement à rouleaux R4 qui a cédé

La seule marque visible sur le roulement à rouleaux qui a cédé (R4) se trouvait sur le cône extérieur; selon cette marque, l'élément avait été fabriqué en 1979. Durant l'examen avec désassemblage, les observations suivantes ont été faites pour le roulement à rouleaux R4 :

- Le bouchon du chapeau d'extrémité en plastique était absent et les filetages exposés étaient rouillés.
- Les principaux composants du roulement à rouleaux R4 étaient considérablement décolorés par la chaleur, ils présentaient des marques de grippage et ils avaient subi une déformation plastique.
- La cage du cône intérieur était désaxée et, avec les rouleaux, elle est demeurée fixée à la cuvette, tandis que le cône était fixé à la fusée d'essieu. On a constaté la présence d'écaillés sur le chemin de roulement du cône.
- Les rouleaux du cône extérieur, la cage et les deux joints ont été détruits. On a constaté la présence d'écaillés sur le chemin de roulement de la cuvette et celui du cône.

Compte tenu de la gravité des dommages, il n'a pas été possible de déterminer de manière précise la cause de la défaillance du roulement R4. Toutefois, les dommages constatés portent à croire que la présence d'écaillés a entraîné la défaillance de la cage et le grippage du roulement, ce qui a causé la surchauffe.

En ce qui concerne le roulement à rouleaux du côté opposé de l'essieu (L4), ses principaux composants, c.-à-d. la cuvette, le cône intérieur et le cône extérieur, avaient été fabriqués en 1981, en 1976 et en 1972, respectivement. Ce roulement à rouleaux a été remis à neuf à plusieurs reprises.

Autres défaillances de roulements à rouleaux survenues récemment sur des voitures AES de VIA

Depuis cet événement, il y a eu 4 autres défaillances de roulements à rouleaux sur des voitures AES :

VIA 4000 - 12 février 2011

À environ 17 h 20, le train de voyageurs 60 de VIA (VIA 60) qui se dirigeait vers l'est, pourvu de voitures AES, a franchi un DBC en voie au point milliaire 4,80 dans la subdivision de Montréal du CN; aucune alarme n'a été relevée. Le train a poursuivi sa route jusqu'à sa destination, soit la Gare centrale de Montréal (point milliaire 0,0). Après le débarquement des passagers, le train s'est rendu au Centre de maintenance de VIA à Montréal aux fins d'entretien et d'inspection. Durant l'inspection avant départ de type C régulière, on a constaté que le roulement à rouleaux R4 de la voiture VIA 4000, qui était la seconde voiture du train VIA 60, avait surchauffé considérablement. L'essieu monté en cause a été retiré et envoyé en atelier en vue d'un examen (événement du BST n° R11D0026).

L'inspection avec désassemblage du roulement à rouleaux a révélé ce qui suit :

- Le bouchon du chapeau d'extrémité en plastique était absent et les filetages exposés étaient rouillés.
- Les composants extérieurs étaient décolorés par la chaleur. Le chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette était considérablement écaillé, le cône présentait de fortes marques de grippage et avait subi une déformation plastique, et de nombreux rouleaux manquaient ou avaient fondu. De nombreuses nervures de la cage correspondante étaient rompues.

La défaillance du roulement à rouleaux R4 a vraisemblablement commencé par un écaillage du chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette, lequel a entraîné la défaillance de la cage et le grippage du roulement ayant causé la surchauffe.

VIA 8340 - 29 avril 2011

Durant une inspection visuelle des voitures au Centre de maintenance Mimico de Toronto, un roulement à rouleaux suspect (R1) a été découvert sur la voiture VIA 8340. L'essieu monté en cause a été retiré et envoyé en atelier en vue d'un examen (événement du BST n° R11T0133).

L'inspection avec désassemblage du roulement à rouleaux a révélé ce qui suit :

- Le bouchon du chapeau d'extrémité en plastique était absent et les filetages exposés étaient rouillés.
- Les rouleaux et le chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette comportaient des taches et des échancrures. Le chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette comportait une zone d'une largeur de 2 pouces où

l'écaillage était prononcé; cette zone s'étendait à travers tout le chemin de roulement.

La défaillance du roulement à rouleaux R1 a été causée par les écailles présentes sur le chemin de roulement de la cuvette du côté extérieur.

VIA 8714 - 29 avril 2011

L'équipe du train de voyageurs 2 de VIA (VIA 2) a reçu une indication de DBC anormalement élevée pour le roulement à rouleaux R3 de la voiture VIA 8714. L'équipe a utilisé un pistolet infrarouge pour vérifier la température du roulement à rouleaux et a pu ainsi confirmer qu'elle était de 220 F. Le train a repris sa route à une vitesse de 15 mi/h et on a garé la voiture visée à l'endroit suivant qui s'y prêtait. L'essieu monté en cause a été retiré et envoyé en atelier en vue d'un examen (événement du BST n° R11W0141).

L'inspection avec désassemblage du roulement à rouleaux a révélé ce qui suit :

- Le bouchon du chapeau d'extrémité en plastique était absent et les filetages exposés étaient rouillés.
- L'extérieur de la cuvette présentait des marques de grippage en circonférence, ce qui indiquait que la cuvette avait tourné dans la boîte d'essieu.
- Les composants extérieurs étaient décolorés par la chaleur. On a relevé des traces d'usure par l'action de l'eau sur le chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette. Le chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette, le chemin de roulement du cône et les rouleaux étaient considérablement usés et affichaient des signes d'écaillage, tandis que l'usure de la cage correspondante excédait les limites de réforme.

La défaillance du roulement R3 a été probablement causée par une défaillance du circuit de graissage, qui a entraîné une usure et un écaillage marqués du chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette, du chemin de roulement du cône et des rouleaux. Cela a causé le grippage du roulement et la rotation de ce dernier dans la boîte d'essieu, ce qui a mené à la surchauffe.

Roulement R2 de la voiture VIA 4112 - 30 avril 2011

Le train de voyageurs 95 de VIA (VIA 95) se déplaçait vers l'ouest dans la subdivision de Grimsby du CN, lorsque l'équipe a reçu une alarme du DBC situé au point milliaire 28,60. Au moment de l'inspection, l'équipe a découvert une roue grippée sur la voiture VIA 4112; le grippage était survenu en raison de la surchauffe d'un roulement à rouleaux R2. L'essieu monté en cause a été retiré et envoyé en atelier en vue d'un examen (événement du BST n° R11T0095).

L'inspection avec désassemblage du roulement à rouleaux a révélé ce qui suit :

- Le bouchon du chapeau d'extrémité en plastique était absent et les filetages exposés étaient rouillés.
- L'extérieur de la cuvette présentait des marques de grippage en circonférence, ce qui indiquait que la cuvette avait tourné dans la boîte d'essieu.
- Les composants extérieurs présentaient des taches et des échancrures.
- Le chemin de roulement situé du côté intérieur de la cuvette et le cône étaient décolorés par la chaleur et présentaient des marques de grippage. Le chemin de roulement situé du côté intérieur de la cuvette était considérablement écaillé; des signes d'écaillage moindres ont été observés sur les rouleaux et le chemin de roulement du cône correspondant. La cage du cône intérieur était tordue et 2 de ses nervures étaient rompues.

La défaillance du roulement R2 a été causée par l'écaillage des composants intérieurs, ce qui a causé la défaillance de la cage correspondante. Cela a entraîné le grippage du roulement et la rotation de ce dernier dans la boîte d'essieu, ce qui a mené à la surchauffe.

Les renseignements recueillis au cours des 5 examens avec désassemblage portant sur les roulements à rouleaux de VIA (y compris le roulement à rouleaux en cause dans l'événement) sont résumés au Tableau 1.

N° de voiture de VIA	Pos. du roulement ayant cédé	Méthode de détection	Date de fabrication de la cuvette	Nombre de fois où la cuvette a été réparée	Date de la dernière réparation de la cuvette	Date de fabrication du cône intérieur	Nombre de fois où le cône intérieur a été réparé	Date de la dernière réparation du cône intérieur	Date de fabrication du cône extérieur	Nombre de fois où le cône extérieur a été réparé	Date de la dernière réparation du cône extérieur
4009	R4	Inspection visuelle	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	avril 1979	S. O.	S. O.
4000	R4	Inspection visuelle	ZI-67	S. O.	S. O.	D-68	S. O.	S. O.	Déc. 1971	S. O.	S. O.
8340	R1	Bruit pendant qu'on tournait manuellement le roulement sur l'essieu	février 1990	3	juillet 2009	nov. 1995	Aucun	Aucun	nov. 1972	Aucun	Aucun
8714	R3	DBC	mai 1986	3	août 2005	sept. 1974	2	juillet 1996	mai 1971	1	août 1991
4112	R2	DBC	juin 1974	3	avril 2008	février 1988	Aucun	Aucun	juillet 1987	Aucun	Aucun
Tous les roulements à rouleaux inspectés étaient des roulements à rouleaux coniques de 6 ½ pouces sur 12 pouces de catégorie F fabriqués par Timken et remis à neuf par la filiale Rail Bearing Services de Timken.											
Le surlignage jaune indique la date de fabrication d'un composant qui a cédé.											

Données sur les roulements à rouleaux de VIA ayant surchauffé

L'annexe A présente un sommaire des données sur les roulements à rouleaux de VIA ayant surchauffé de novembre 2008 à mai 2011.

Les observations suivantes ont été faites :

- une défaillance de roulement à rouleaux extérieur sur une voiture Renaissance a été confirmée, laquelle défaillance a été détectée par le système embarqué de surveillance des roulements à rouleaux;
- trois défaillances de roulements à rouleaux intérieurs sur des voitures LRC ont été confirmées, lesquelles défaillances ont été détectées par les systèmes embarqués de surveillance des roulements à rouleaux;
- dix défaillances de roulements à rouleaux extérieurs sur des voitures AES ont été confirmées;
- des dix défaillances de roulements à rouleaux sur des voitures AES, cinq ont été détectées par des DBC en voie et cinq autres ont été détectées par d'autres moyens, habituellement une inspection visuelle;
- des dix défaillances de roulements à rouleaux sur des voitures AES, sept sont survenues au cours d'une période d'un an allant de juin 2010 à avril 2011.
- Aucune fusée d'essieu n'a surchauffé sur une voiture de VIA.

Alarmes de DBC pour voitures et wagons

À des fins de comparaison, on a procédé à un examen des relevés des DBC pour le train VIA 70 (le train en cause dans l'événement), de ceux du train VIA 60 (12 février 2011) et de ceux d'un train de marchandises type (Annexe B).

Voici ce que l'on a déterminé :

- La valeur moyenne donnée par les DBC pour tous les roulements à rouleaux du train de marchandises allait de 4,5 à 4,6 mm.
- L'indication moyenne donnée par les DBC pour tous les roulements à rouleaux sur les deux trains VIA qui comportaient des voitures AES allait de 1,7 mm à 1,8 mm.
- La position R4 de la voiture VIA 4009 du train 70 (le roulement en cause dans l'événement) a donné une valeur de 3,4 mm et la position R4 de la voiture VIA 4000 du train 60 a donné une indication de 4,0 mm.

Il y a eu d'autres événements où un roulement à rouleaux a cédé lorsque la valeur indiquée était inférieure au niveau d'alarme de roulements à rouleaux « chauds » des DBC du CN, mais que ladite valeur était supérieure de plus de 2 fois à la température moyenne des roulements à rouleaux du train. Par exemple, le 26 janvier 2011, 21 wagons d'un train de marchandises du CFCP qui se dirigeait vers le sud dans la subdivision de Mactier du CFCP ont déraillé près de Buckskin (Ontario) (événement du BST n° R11T0016). On a établi que la cause du déraillement était la surchauffe d'une fusée d'essieu occasionnée par la non-détection d'une défaillance du roulement à rouleaux L4. Avant le déraillement, pendant le déplacement du train sur la voie du

CN, le roulement à rouleaux qui a fini par céder avait donné des indications de température qui étaient inférieures aux niveaux d'alarmes de roulements à rouleaux « chauds » des DBC du CN, mais qui étaient néanmoins plus de 2 fois supérieures à la température moyenne des roulements à rouleaux du train en cause.

Les rapports ci-après du Laboratoire technique du BST ont été préparés :

- LP031/2011 – Examen de roulements à rouleaux – Train de voyageurs 70 de VIA, voiture VIA 4009
- LP117/2011 – Examen de roulements à rouleaux – Train de voyageurs 60 de VIA, voiture VIA 4000
- LP118/2011 – Examen de roulements à rouleaux – Train de voyageurs 2 de VIA, voiture VIA 8714
- LP119/2011 – Examen de roulements à rouleaux – Train de voyageurs 95 de VIA, voiture VIA 4112
- LP120/2011 – Examen de roulements à rouleaux – Voiture VIA 8340

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

Analyse

La méthode d'exploitation du train et l'entretien de la voie étaient conformes aux exigences de la compagnie et à celles de la réglementation. On estime que les conditions d'exploitation et l'état de la voie observés n'ont pas été des facteurs de causalité dans le cadre de cet événement. L'analyse mettra l'accent sur les défaillances des roulements à rouleaux de VIA, la capacité des systèmes de DBC en voie à détecter les roulements à rouleaux ayant surchauffé sur les voitures de VIA et les normes de remise à neuf des roulements à rouleaux des voitures de VIA.

L'incident

Juste avant d'arriver à la gare d'Oakville, le 6 février 2011, le train VIA 70 a franchi un DBC du CN situé au point milliaire 33,00 dans la subdivision d'Oakville, sans qu'aucune alarme de DBC ne soit relevée. À l'arrivée du train à Oakville pour un arrêt planifié (point milliaire 21,40), le chef de gare de VIA a constaté que de la fumée émanait du roulement à rouleaux R4 de la voiture AES de VIA 4009. L'incident est survenu lorsque le roulement à rouleaux de la voiture AES de VIA a surchauffé et cédé; toutefois, la surchauffe n'a pas été détectée par un DBC du CN situé à moins de 12 milles de la gare.

Systèmes de détection de boîtes chaudes

L'examen des relevés des DBC pour le train VIA 70, le train VIA 60 et un train de marchandises type a révélé un écart considérable entre les indications données par les DBC pour les trains de marchandises et celles données pour les trains de voyageurs. La valeur moyenne donnée par les DBC pour tous les roulements à rouleaux du train de marchandises allait de 4,5 à 4,6 mm, tandis que la valeur moyenne donnée par les DBC pour tous les roulements à rouleaux des 2 trains de VIA comportant des voitures AES allait de 1,7 à 1,8 mm.

La position R4 de la voiture VIA 4009 du train 70 a généré une valeur de 3,4 mm et la position R4 de la voiture VIA 4000 du train 60 a donné une indication de 4,0 mm juste avant l'arrêt. Bien que ces valeurs soient inférieures aux seuils d'alarme de roulements à rouleaux « chauds » des DBC du CN, elles étaient au moins 2 fois plus élevées que la valeur moyenne donnée pour les trains de voyageurs. Les roulements à rouleaux de la voiture AES étaient probablement en train de surchauffer et de commencer à céder sans qu'une alarme de DBC soit déclenchée.

En raison de la configuration du bogie de la voiture AES, dans laquelle le roulement à rouleaux est logé dans une boîte d'essieu et les entretoises de plaque de garde recouvrent partiellement la partie inférieure de la boîte d'essieu, les DBC ne pouvaient effectuer un balayage approprié. Ainsi, les températures données par les DBC pour les voitures AES de VIA étaient anormalement basses et imprécises.

Contrairement aux voitures Renaissance et LRC de VIA, les voitures AES ne sont pas pourvues de systèmes embarqués automatiques pour la surveillance des roulements à rouleaux qui peuvent indiquer aux équipes de conduite qu'un roulement à rouleaux est en train de céder. Ainsi, pendant leur durée de service, environ 50 % des voitures de VIA demeurent vulnérables aux défaillances de roulements à rouleaux non convenablement surveillées et possiblement non détectées. Cela est plus particulièrement préoccupant dans le corridor Québec-Windsor haute vitesse, qui compte de longues portions de voies principales doubles et des lieux où il peut passer jusqu'à 100 trains par jour. Dans de telles circonstances, compte tenu de l'absence d'un système qui surveille de façon constante et précise les roulements à rouleaux des voitures AES de VIA, des roulements à rouleaux ayant surchauffé risquent de demeurer en service et de faire l'objet d'une défaillance pouvant avoir des conséquences catastrophiques et de présenter des risques proportionnels pour le public voyageur.

L'examen des données des DBC pour le matériel de transport de marchandises et le matériel de transport de voyageurs a permis de déterminer que des roulements à rouleaux avaient cédé dans des situations où les températures relevées par les DBC étaient inférieures aux seuils d'alarme de roulements à rouleaux « chauds » du CN, bien que la température du roulement à rouleaux était plus de 2 fois supérieure à la température moyenne des roulements à rouleaux du train. Dans chaque cas, des examens avec désassemblage des roulements à rouleaux ont permis de confirmer que lesdits roulements avaient surchauffé et cédé. Si un DBC indique qu'un roulement à rouleaux présente une température 2 fois plus élevée que la température moyenne de tous les roulements à rouleaux du train sur lequel il se trouve, ce roulement à rouleaux est susceptible de faire l'objet d'une défaillance.

Défaillance et remise à neuf des roulements à rouleaux

Les cuvettes, les rouleaux et les cônes des roulements à rouleaux sont trempés, tandis que les cages des cônes sont généralement formées à froid à partir d'acier malléable à faible teneur en carbone. Une fois que des écailles commencent à se former sur l'un des composants trempés, de petites pièces d'acier très dur se mettent à circuler avec la graisse alors que le roulement à rouleaux tourne. Le matériau dont se compose la cage, qui est plus mou, s'enlève au contact des particules d'acier trempé. La cage finit par céder, les rouleaux ne sont plus maintenus en place,

la géométrie du roulement à rouleaux est compromise et le roulement à rouleaux finit lui aussi par céder. En ce qui concerne le roulement à rouleaux R4 de la voiture VIA 4009, compte tenu de la gravité des dommages, il n'a pas été possible de déterminer de manière précise la cause de la surchauffe. Toutefois, la présence d'écailles sur le chemin de roulement du côté extérieur de la cuvette R4 de la voiture VIA 4009 et sur les chemins de roulement des cônes, en plus des défaillances de cages observées, laisse croire que l'écaillage a entraîné la défaillance des cages et le grippage des roulements, ce qui a amené la surchauffe.

Depuis novembre 2008, plus de 70 % (soit 10 sur 14) des roulements à rouleaux ayant surchauffé sur des voitures de VIA étaient montés sur des voitures AES. Des 10 défaillances de roulements à rouleaux sur des voitures AES, 5 ont été détectées par des DBC en voie et 5 autres ont été détectées par d'autres moyens, habituellement une inspection visuelle. Les défaillances de roulements à rouleaux sur les voitures AES semblent survenir plus fréquemment; il y en a eu 5 depuis février 2011. Dans chacun des 5 cas, les composants qui ont cédé avaient plus de 20 ans et l'un d'eux avait 44 ans. Plusieurs des composants avaient été remis à neuf plusieurs fois. Même s'il y avait des exceptions, compte tenu de l'âge du parc de voitures AES et du fait que le bassin de roulements à rouleaux de VIA est réservé, cela équivaut potentiellement à une durée de service des roulements à rouleaux allant de 2,84 à 5,95 millions de milles.

Bien que l'AAR n'exige pas le retrait des roulements à rouleaux en fonction d'un critère donné lié à l'âge ou à la distance parcourue, les composants des roulements à rouleaux ont une durée de vie restreinte qui est définie par l'écaillage attribuable à la fatigue. Il est reconnu que l'écaillage peut être causé par de nombreux facteurs, mais ledit écaillage indique également qu'un composant d'un roulement à rouleaux a atteint la fin de sa durée de vie en fatigue. Dans les 5 cas de défaillance de roulements à rouleaux ayant fait l'objet d'un examen, on a constaté la présence d'écailles soit sur les chemins de roulement des cuvettes, soit sur les cônes; ces écailles ont probablement causé les défaillances ou contribué à ces dernières. Compte tenu de l'âge et de la durée de vie potentielle des roulements à rouleaux des voitures AES de VIA, et du fait que des écailles étaient présentes dans chacune des 5 défaillances de roulements à rouleaux, il est possible que d'autres composants de roulements à rouleaux du parc approchent de la fin de leur durée de vie en fatigue et qu'ils risquent de céder.

Selon les normes de remise à neuf des roulements à rouleaux de VIA, les roulements à rouleaux doivent être remis à neuf conformément aux normes énoncées dans la partie II de la section H du Manual of Standards and Recommended Practices de l'AAR. Ces normes sont considérées comme les normes minimales à observer. En outre, VIA met en œuvre une norme distincte en matière de remise à neuf des roulements à rouleaux pour chaque type de voiture faisant partie de son parc. Toutefois, aucune des normes de VIA n'impose de restrictions quant à l'utilisation de chemins de roulement de cônes ou de cuvettes comportant des écailles réparées. Par contraste, certains autres chemins de fer mettent en œuvre des prescriptions supplémentaires plus poussées en matière de remise à neuf qui interdisent la présence d'écailles ou d'autres défauts dans les composants des chemins de roulement.

Les normes de remise à neuf des roulements à rouleaux énoncées dans le Manual of Standards and Recommended Practices de l'AAR sont fondées sur les pratiques en la matière appliquées aux wagons. Selon ces pratiques, il faut procéder au retrait et à l'inspection des roulements à rouleaux chaque fois qu'un essieu monté est enlevé et envoyé à un atelier de roues en vue d'une remise à neuf. Compte tenu du cycle de vie moyen des essieux montés des wagons, cela signifie

que les roulements à rouleaux seraient habituellement retirés et inspectés durant la remise à neuf à environ tous les 220 000 milles.

À titre comparatif, lorsque les essieux montés de VIA sont retirés en raison de défauts de la bande de roulement et qu'il reste suffisamment de matière sur cette dernière, VIA reprofile les roues alors que les roulements à rouleaux se trouvent encore sur les essieux et les essieux montés reprofilés sont remis sous un autre wagon de VIA. Des 5 roulements à rouleaux ayant cédé qui ont été examinés, seuls 3 portaient des dates de remise à neuf lisibles. Un de ces 3 roulements à rouleaux a été remis à neuf, pour la dernière fois, il y a plus de 5 ans. Comme la distance parcourue estimée des voitures AES de VIA est de 138 000 milles chaque année, le roulement à rouleaux qui a cédé aurait pu parcourir 690 000 milles sans être soumis à une inspection avec désassemblage. Cet intervalle est environ 3 fois plus long que l'intervalle type pour la remise à neuf d'un essieu monté de wagon. La charge exercée sur les roulements des voitures AES est toutefois plus faible que celle à laquelle sont soumis les roulements des wagons.

Des intervalles considérablement plus longs entre les opérations de remise à neuf des roulements à rouleaux pourraient exiger la mise en œuvre de normes de remise à neuf plus rigoureuses. La durée de vie utile des roulements à rouleaux de VIA entre les inspections avec désassemblage peut être prolongée; toutefois, les normes de VIA autorisent l'utilisation de composants de roulements à rouleaux remis à neuf dont les chemins de roulement comportent des écailles réparées qui sont susceptibles d'avoir une durée de vie réduite. Dans de telles conditions, l'absence d'une norme de remise à neuf de l'entreprise plus rigoureuse liée à l'utilisation des composants comportant des écailles réparées accroît le risque de défaillance des roulements à rouleaux faisant partie du bassin réservé de roulements à rouleaux de VIA, qui gagne en âge.

Tous les roulements à rouleaux ayant cédé sur des voitures AES de VIA se trouvaient du côté droit (R). Dans chaque cas, le bouchon en plastique de l'orifice du chapeau d'extrémité était absent et les filetages exposés étaient rouillés, ce qui indiquait que le bouchon manquait depuis longtemps. Bien que l'orifice du bouchon du chapeau d'extrémité soit également protégé par un joint de caoutchouc interne, l'absence d'un bouchon du chapeau d'extrémité en plastique peut permettre l'entrée de contaminants dans le roulement à rouleaux, ce qui peut faire survenir plus rapidement une défaillance de ce dernier.

Aperçu de la réglementation

L'AAR interdit l'échange, entre compagnies de chemins de fer, de wagons dont la conception du bogie empêche l'analyse appropriée des roulements à rouleaux par les DBC, sauf si de tels wagons sont pourvus d'un autre dispositif de détection approuvé (par exemple, des détecteurs embarqués). Au Canada, cependant, la réglementation ne comporte pas de restrictions semblables concernant les voitures dont le bogie présente une conception similaire.

En outre, bien que le *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des voitures voyageurs* approuvé par TC exige la présence d'un détecteur de roulements à rouleaux ayant surchauffé et d'un système d'alarme connexe pour chaque roulement à rouleaux installé à l'intérieur d'une roue, il n'existe aucune instruction de ce type à l'égard des roulements à rouleaux installés à l'extérieur d'une roue, car on a toujours supposé que de tels roulements à rouleaux étaient protégés par les

DBC. Toutefois, comme le démontre cet événement, les roulements à rouleaux montés à l'extérieur d'une roue ne peuvent pas tous être surveillés de manière efficace par les systèmes de DBC en voie actuels. En conséquence, compte tenu des dispositions du règlement, ce dernier ne garantit pas que toutes les voitures sont protégées de manière efficace contre les roulements à rouleaux ayant surchauffé, ce qui accroît les risques de défaillance de ces derniers et de déraillement.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Un roulement à rouleaux ayant surchauffé sur une voiture AES de VIA n'a pas été détecté par un DBC du CN et a ensuite cédé dans les 12 milles suivants.
2. Les boîtes d'essieu des voitures AES de VIA, qui renferment les roulements à rouleaux, et les entretoises de plaque de garde qui recouvrent partiellement la partie inférieure des boîtes d'essieu ont nui à l'action de détection du DBC, ce qui a entraîné des indications de température anormalement basses et imprécises.
3. Le roulement à rouleaux a probablement cédé lorsque la présence d'écailles a entraîné la défaillance de la cage et le grippage du roulement, ce qui a causé la surchauffe.

Faits établis quant aux risques

1. En raison de l'absence d'un système qui surveille de façon constante et précise les roulements à rouleaux des voitures AES de VIA, des roulements à rouleaux ayant surchauffé risquent de demeurer en service et de faire l'objet d'une défaillance pouvant avoir des conséquences catastrophiques et de présenter des risques proportionnels pour le public voyageur.
2. Compte tenu de l'âge et de la durée de vie potentielle des roulements à rouleaux des voitures AES de VIA, et du fait que des écailles étaient présentes dans chacune des 5 défaillances de roulements à rouleaux, il est possible que d'autres composants de roulements à rouleaux du parc approchent de la fin de leur durée de vie en fatigue et qu'ils risquent de céder.
3. L'absence d'une norme de remise à neuf de l'entreprise plus rigoureuse liée à l'utilisation des composants comportant des écailles réparées accroît le risque de défaillance des roulements à rouleaux faisant partie du bassin réservé de roulements à rouleaux de VIA, qui gagne en âge.
4. Le *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des voitures voyageurs* approuvé par Transports Canada ne garantit pas que toutes les voitures sont protégées de manière efficace contre les roulements à rouleaux ayant surchauffé, ce qui augmente le risque de défaillance de ces derniers et de déraillement.

Autre fait établi

1. Si un DBC indique qu'un roulement à rouleaux présente une température 2 fois plus élevée que la température moyenne de tous les roulements à rouleaux du train sur lequel il se trouve, ce roulement à rouleaux est susceptible de faire l'objet d'une défaillance.

Mesure de sécurité prise

Avis de sécurité ferroviaire du BST

Le 17 mars 2011, le BST a émis la lettre d'information sur la sécurité ferroviaire 03/11 à l'intention de Transports Canada (TC), de VIA et du CN. La lettre indiquait que les voitures AES de VIA et certaines configurations de bogie de locomotive nuisaient à l'action de balayage des DBC, ce qui pouvait entraîner des indications de températures de roulements à rouleaux anormalement basses et imprécises. Il n'existe apparemment pas de système de détection embarqué ni de système de DBC en voie pour la protection fiable du matériel de transport de passagers AES et de certaines locomotives de transport de marchandises contre la surchauffe des roulements à rouleaux. La lettre laissait supposer que TC pouvait souhaiter garantir que tout le matériel roulant soit protégé convenablement contre la surchauffe des roulements à rouleaux et la défaillance de ces derniers, qui pouvait avoir des conséquences catastrophiques.

Le 28 mars 2011, le CN a répondu qu'il avait rencontré VIA pour examiner le problème et qu'il avait été informé que VIA comptait installer du matériel de détection embarqué à bord des voitures de son parc. Le CN a également examiné ses dossiers concernant les défaillances de fusées d'essieu sur les locomotives. Selon cet examen, aucune fusée d'essieu n'a surchauffé dans son parc de locomotives depuis plus de 10 ans. L'examen a également permis de déterminer que bien que les roulements des locomotives tendent à générer des températures plus basses en raison de leur plus grande taille, leur surchauffe peut être détectée avec succès au moyen des systèmes de DBC du CN en voie, et du processus d'établissement des tendances qu'elle met en œuvre au moyen de ses seuils d'alarme standard, et elle l'a d'ailleurs été.

Le 27 mai 2011, TC a répondu en indiquant que VIA comptait doter de matériel de détection embarqué toutes les voitures de son parc. Dans l'intervalle, on a modifié les entretoises de plaque de garde d'une voiture en découpant une portion de celles-ci. L'opération suivante prévue consistait à surveiller cette voiture alors qu'elle était en service afin de déterminer si les capteurs de DBC installés en voie pouvaient fonctionner convenablement grâce aux entretoises modifiées. Si l'essai s'avérait positif, VIA allait préparer une estimation des coûts liés à la modification de toutes les entretoises de plaque de garde des voitures des parcs AES I et AES II, les voitures AES I et AES II utilisées en service corridor constituant la priorité.

Le 14 octobre 2011, TC a fourni une mise à jour. Selon la mise à jour, bien que VIA s'était initialement engagée à doter de systèmes embarqués de détection des roulements à rouleaux ayant surchauffé l'ensemble des wagons AES II et des fourgons à bagages AES utilisés en service corridor, avant la fin de 2011, elle a ensuite changé ses plans en raison de contraintes de financement et de production.

VIA Rail Inc.

Le 30 novembre 2011, VIA a fourni une mise à jour sur de nombreuses activités liées aux défaillances des roulements à rouleaux sur les voitures AES :

- Des dispositifs embarqués de surveillance des roulements à rouleaux sont en cours d'installation sur tous les fourgons à bagages AES utilisés en service corridor (plus grande vitesse). À ce jour, 4 fourgons sur 8 en sont équipés et les autres en seront dotés avant la fin de 2011. L'installation des dispositifs de surveillance des roulements à rouleaux sur les 33 voitures AES II utilisées en service corridor est reportée au deuxième trimestre de 2012, moment où le nouveau financement sera confirmé par le gouvernement.
- Afin de contribuer à atténuer les risques auxquels sont exposées les voitures AES II dans le court terme, VIA modifie les entretoises de plaque de garde. La modification effectuée par VIA consiste à pratiquer une découpe dans l'entretoise pour permettre au capteur de repérer la boîte d'essieu, dans laquelle se trouve le roulement à rouleaux. On a demandé l'avis d'experts en matière de bogies, ce qui a permis de déterminer que les entretoises de plaque de garde ne devaient pas être retirées. Un essai sur un prototype a démontré que la valeur enregistrée par le capteur était légèrement plus élevée sur la voiture modifiée.
- VIA a doté 5 voitures AES des entretoises de plaque de garde modifiées et les installera sur 5 autres d'ici la fin de 2011. VIA surveillera les voitures modifiées pour déterminer s'il y a amélioration de la lecture effectuée par les capteurs en voie. L'objectif est que la modification des voitures du parc AES II soit terminée au début de février 2012.
- VIA examine sa prescription en matière de requalification des roulements et envisage d'y inclure une certaine limite d'âge pour les composants ayant fait l'objet d'une requalification. L'objectif est d'émettre une prescription révisée avant la fin du 1^{er} trimestre de 2012.
- VIA a émis le document Maintenance du matériel roulant - Bulletin de service n° T041 intitulé *Défaillance de roulements d'essieu (essieux montés) : remplacement des essieux montés suspects en vue de l'inspection des roulements*, en juin 2011, pour souligner la nécessité de faire preuve d'une plus grande vigilance à l'égard des bruits inhabituels émis par les roulements et des indications visuelles de défaillance des roulements. Cela a entraîné une augmentation du nombre de retraits d'essieux montés de VIA en raison de roulements bruyants ou rigides; par la suite, il a été confirmé que certains présentaient bel et bien des défauts.

Mesure de sécurité requise

Préoccupation de sécurité

Aux États-Unis, on interdit l'échange, entre compagnies de chemins de fer, de wagons dont la conception du bogie empêche l'analyse adéquate des roulements à rouleaux par les DBC, sauf si de tels wagons sont pourvus d'un autre dispositif de détection approuvé (par exemple, des détecteurs embarqués). Au Canada, comme il n'existe pas de restriction semblable à l'égard des voitures, des trains de VIA dont la configuration du bogie empêche l'analyse adéquate des roulements à rouleaux par les DBC circulent régulièrement sur les voies du CFCP et du CN.

Les voitures LRC et Renaissance de VIA sont pourvues de systèmes embarqués automatiques pour la surveillance des roulements à rouleaux, tandis que les voitures AES ne le sont pas. Depuis novembre 2008, plus de 70 % (soit 10 sur 14) des roulements à rouleaux ayant surchauffé sur des voitures de VIA étaient montés sur des voitures AES. Non seulement les roulements à rouleaux des voitures AES ont-ils une fréquence de défaillance plus élevée, mais en plus, ils constituent actuellement ceux qui sont les moins susceptibles d'être détectés par un système de surveillance.

En raison de la configuration du bogie de la voiture AES, dans laquelle le roulement à rouleaux est logé dans une boîte d'essieu et les entretoises de plaque de garde recouvrent partiellement la partie inférieure de la boîte d'essieu, les DBC ne peuvent effectuer un balayage adéquat. Ainsi, les températures données par les DBC pour les roulements à rouleaux des voitures AES sont anormalement basses et imprécises. Pour résoudre ce problème, VIA a indiqué initialement qu'elle installerait du matériel de détection embarqué sur ses 220 voitures AES. Cependant, en raison de contraintes de financement et de production, le plan a été subséquemment modifié pour n'inclure que 33 voitures AES II.

Le *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des voitures voyageurs* approuvé par TC exige la présence d'un détecteur de roulements à rouleaux ayant surchauffé et d'un système d'alarme connexe pour chaque roulement à rouleaux monté à l'intérieur d'une roue. Il n'existe pas d'instruction semblable concernant les roulements à rouleaux montés à l'extérieur d'une roue, car on a supposé qu'ils étaient protégés par les DBC. Toutefois, cette enquête a permis de démontrer que les roulements à rouleaux installés à l'extérieur d'une roue ne peuvent pas tous être surveillés de manière constante et précise. En conséquence, le Bureau continue de craindre qu'en l'absence de la prise de mesures générales par l'industrie ou de règlements et de directives de TC, garantissant que toutes les voitures sont protégées contre les roulements à rouleaux ayant surchauffé, il y ait un risque accru de défaillance de ces derniers et un potentiel proportionnel de déraillement des trains de voyageurs.

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 18 avril 2012. Il est paru officiellement le 22 mai 2012.

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

*Annexe A – Roulements à rouleaux de VIA ayant surchauffé
novembre 2008-2011*

Date de défaillance	Type de matériel	N° de wagon	Pos.	Système embarqué		Bordure de voie	Autre	Conf.
				Installation	Alarme	Détection	Détection	Chaleur
1 ^{er} novembre 2008	AES	8404	L1	Non	S. O.	Oui	Non	Oui
10 mars 2009	LRC	3308	L2	Oui	Oui	S. O.	S. O.	Oui
8 avril 2009	REN	7401	L1	Oui	Oui	S. O.	S. O.	Oui
17 juin 2009	LRC	3342	R2	Oui	Oui	S. O.	S. O.	Oui
23 juin 2009	LRC	3312	R2	Oui	Oui	S. O.	S. O.	Oui
12 octobre 2009	AES	8405	R2	Non	S. O.	Non	Oui	Oui
30 novembre 2009	AES2	4122	R3	Non	S. O.	Oui	Non	Oui
16 juin 2010	AES	8305	R4	Non	S. O.	Non	Oui	Oui
12 septembre 2010	AES2	4008	R2	Non	S. O.	Oui	Non	Oui
6 février 2011	AES2	4009	R4	Non	S. O.	Non	Oui	Oui
13 février 2011	AES2	4000	R4	Non	S. O.	Non	Oui	Oui
29 avril 2011	AES	8714	R3	Non	S. O.	Oui	Non	Oui
29 avril 2011	AES	8340	R1	Non	S. O.	Non	Oui	Oui
30 avril 2011	AES2	4112	R2	Non	S. O.	Oui	Non	Oui

4

5

5

14

Annexe B – Comparaison des indications données par les DBC

Note : Les images de gauche contenues dans l'annexe B n'existent pas en français. Le texte a été reproduit et traduit ci-dessous par souci de commodité.

Site :	Site :
Fullname :	Nom complet :
Subdivision :	Subdivision :
Mile :	Point milliaire :
Territory :	Territoire :
WIS type :	Type de système d'inspection en voie :
Circuit Number :	Numéro de circuit :
Branch or Main :	Embranchement ou voie principale :
Backup Power :	Source d'alimentation d'appoint :
Date :	Date :
Arrival Time :	Heure d'arrivée :
Speed in :	Vitesse :
Direction :	Direction :
Number of Cars :	Nombre de wagons :
Number of Axles :	Nombre d'essieux :
North Rail Bearing Avg :	Moyenne roulements rail nord :
South Rail Bearing Avg :	Moyenne roulements rail sud :
North Rail Wheel Avg :	Moyenne roues rail nord :
South Rail Wheel Avg :	Moyenne roues rail sud :
Integrity Alarms	Alarmes d'intégrité
No integrity alarms present	Pas d'alarmes d'intégrité présentes

Indications données par les DBC pour le train 70 de VIA – Point milliaire 33, subdivision d'Oakville – 6 février 2011

Site: ASH2
 Fullname: Aldershot Track 2
 Subdivision: Oakville
 Mile: 33
 Territory: 3AC
 WIS type: DHP2000
 Circuit Number: LLL_325
 Branch or Main: main
 Backup Power:

Date: 2011-02-06
 Arrival Time: 09:30:18
 Speed In: 62 mph
 Direction: E
 Number of Cars: 6
 Number of Axles: 32
 North Rail Bearing Avg 1.8 mm
 South Rail Bearing Avg 1.7 mm
 North Rail Wheel Avg 20°F
 South Rail Wheel Avg 24°F
 Integrity Alarms
 No integrity alarms present

