

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR UN ACCIDENT FERROVIAIRE
R99T0031

DÉRAILLEMENT

CANADIEN NATIONAL
TRAIN NUMÉRO CN M-304-41-05
POINT MILLIAIRE 255,1, SUBDIVISION RUEL
NESWABIN (ONTARIO)
6 FÉVRIER 1999



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 sur un accident ferroviaire

Déraillement

Canadien National

Train numéro CN M-304-41-05

Point milliaire 255,1, subdivision Ruel

Neswabin (Ontario)

6 février 1999

Rapport numéro R99T0031

Résumé

Le 6 février 1999, vers 16 h 28, heure normale de l'Est, 20 wagons du train de marchandises n° M-304-41-05 du Canadien National, qui roulait vers l'est de Hornepayne (Ontario) à Toronto (Ontario), ont déraillé au point milliaire 248,5 de la subdivision Ruel. Au nombre des wagons qui ont déraillé (du 21^e au 40^e derrière les locomotives) se trouvaient un wagon-citerne chargé de gaz de pétrole liquéfié et deux wagons-citernes chargés d'un mélange liquide inflammable dont le benzène était le constituant principal et le dicyclopentadiène était le deuxième ingrédient principal. Un des wagons-citernes chargés du mélange de benzène a été perforé et son contenu a pris feu, si bien que le produit a été perdu complètement. Le benzène liquide et du bois de sciage éparpillé sur le lieu du déraillement ont alimenté un incendie qui a brûlé pendant plusieurs jours. Par la suite, on a constaté que le palier d'essieu d'un des autres wagons qui avaient déraillé avait surchauffé. Le lieu de l'accident étant isolé, les risques pour le public ont été réduits au minimum. Personne n'a été blessé lors de l'accident.

This report is also available in English.

1.0	Renseignements de base	1
1.1	L'accident.....	1
1.2	Victimes	4
1.3	Marchandises dangereuses.....	4
1.3.1	Mélange de liquides inflammables.....	4
1.3.2	Gaz de pétrole liquéfié (GPL)	6
1.4	Domages au matériel roulant	6
1.5	Autres dommages	7
1.6	Renseignements sur le personnel.....	8
1.7	Renseignements sur le train.....	8
1.8	Renseignements sur le lieu de l'événement	8
1.9	Méthode de contrôle du mouvement des trains	9
1.10	Conditions météorologiques	9
1.11	Renseignements consignés	9
1.11.1	Locomotive	9
1.11.2	Système de détection en voie (SDV).....	9
1.12	Inspections	10
1.12.1	Inspections du Département d'ingénierie.....	10
1.12.2	Inspection de sécurité du wagon CN 604697	10
1.12.3	Inspections en cours de route	11
1.12.4	Autres renseignements — Roulements à rouleaux et surchauffe de fusée d'essieu (SFE)...	12
1.13	Technologie du SDV	14
1.13.1	Historique.....	14
1.13.2	Description générale	16
1.13.3	Détecteur de roues chaudes (DRC).....	17
1.13.4	Détecteur de pièces traînantes (DPT)	17
1.13.5	Limitations du matériel des systèmes	18
1.13.6	Ordinateur du bureau	21
1.14	Personnel d'entretien, techniciens et opérateurs	22
1.14.1	Personnel d'entretien du Département de la signalisation et des communications (S & C)	22
1.14.2	Techniciens du S & C (au bureau et sur place).....	23

1.14.3	Opérateurs des voitures TEST	24
1.14.4	Opérateurs de détecteurs de boîtes chaudes (ODBC).....	25
1.14.5	Contrôleurs de la circulation ferroviaire – Mécanique (CCFM).....	26
1.15	Fonction de détection de la surchauffe des roulements et charge de travail dans ce domaine	26
1.15.1	Fonction de détection de la surchauffe des roulements	26
1.15.2	Critères de déclenchement d'une alarme de danger immédiat (AWA) relative à la surchauffe d'un roulement	27
1.15.3	Critères du TP-105	28
1.15.4	Moyennes par côté de wagon et par côté de train.....	30
1.15.5	Rubans défectueux	30
1.15.6	Charge de travail.....	32
1.15.7	Source des roulements mis à l'écart en 1999.....	33
1.16	Examen des pièces des essieux	34
1.17	Gestion et supervision	35
1.17.1	Information de base	35
1.17.2	Responsabilités et rapports hiérarchiques au bureau du SDV d'Edmonton.....	35
1.17.3	Gestion de la qualité.....	36
1.18	Surveillance réglementaire	38
1.19	Observations des SDV dans d'autres compagnies ferroviaires canadiennes.....	41
2.0	Analyse	43
2.1	Roulement à rouleaux.....	45
2.2	Inspections	45
2.2.1	Surveillance électronique	45
2.2.2	Inspections matérielles	46
2.2.3	Tempilstik	47
2.3	Système de détection en voie (SDV).....	48
2.3.1	Généralités	48
2.3.2	Essais mensuels	49
2.3.3	Essai dynamique	49
2.4	Gestion et supervision	50

2.4.1	Rôles et responsabilités au bureau du SDV	50
2.4.2	Connaissance des systèmes	51
2.4.3	Charge de travail.....	53
2.4.4	Impact de la variabilité des résultats sur la charge de travail.....	54
2.4.5	Interprétation du ruban	55
2.4.6	Gestion de la qualité.....	56
2.5	Surveillance réglementaire	56
3.0	Conclusions.....	59
3.1	Faits établis quant aux causes et facteurs contributifs	59
3.2	Faits établis quant aux risques	59
4.0	Mesures de sécurité.....	63
4.1	Mesures prises	63
4.1.1	Améliorations au SDV	63
4.1.2	Mesures de réglementation.....	64
4.2	Mesures nécessaires.....	65
4.3	Préoccupations liées à la sécurité.....	66
5.0	Annexes	
	Annexe A - Examen des wagons-citernes incendiés.....	69
	Annexe B - Renseignements généraux sur les roulements à rouleaux	71
	Annexe C - Comparaison entre les différents manuels de référence relatifs au SDV	73
	Annexe D - Exemples des subdivisions où des trains de voyageurs circulent et où l'espacement entre les DBC est de plus de 25 milles.....	75
	Annexe E - Observation relative au matériel du SDV d'autres compagnies ferroviaires	79
	Annexe F - Liste des rapports pertinents	85
	Annexe G - Sigles et abréviations	87

Figures

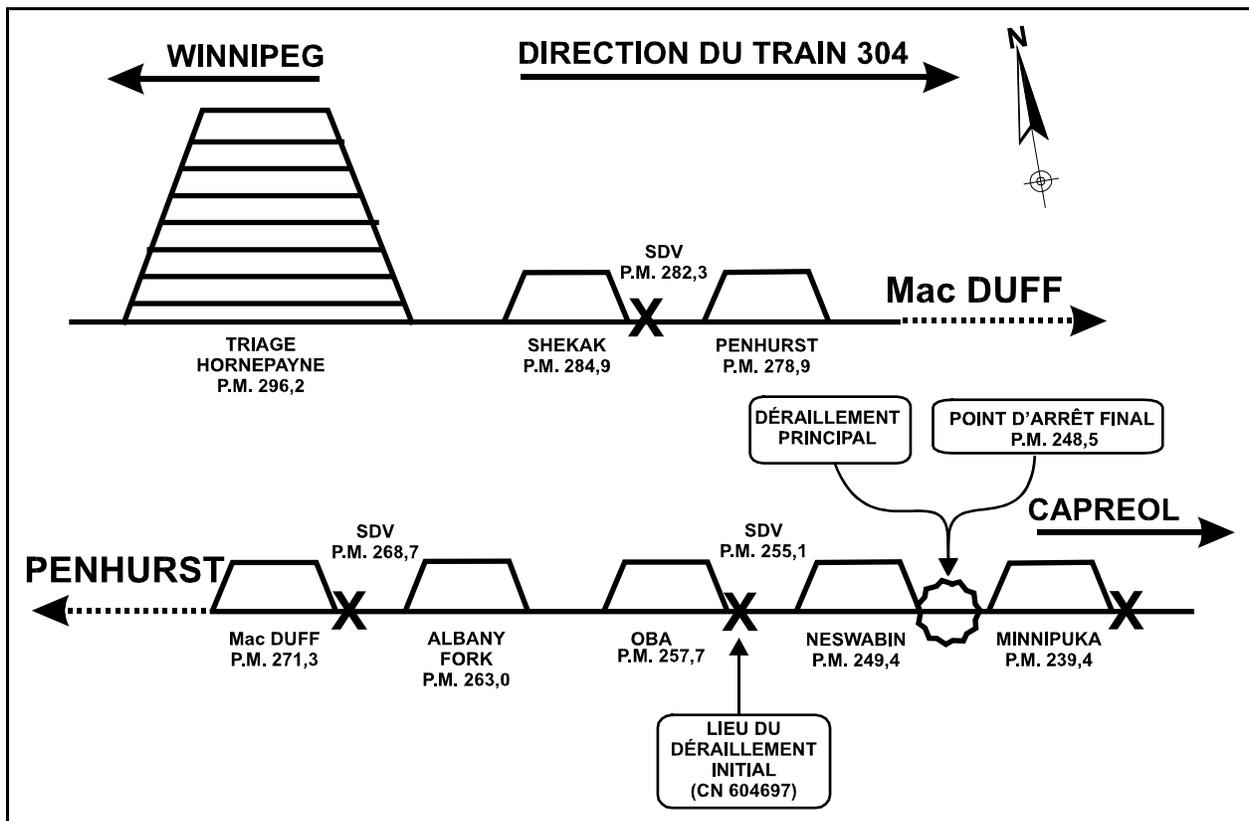
Figure 1 -	Disposition générale de la voie, direction du train et lieu de l'accident.....	1
Figure 2 -	Vue aérienne du lieu de l'accident.....	3
Figure 3 -	Dommages causés par le feu à l'enveloppe du wagon-citerne chargé de GPL (CGTX 63501)	4
Figure 4 -	Wagon-citerne de benzène endommagé (AGEX 1001).....	7
Figure 5 -	Croquis simplifié montrant les endroits où des inspections au défilé ont été faites et les sites de SDV par rapport au lieu de l'accident.....	12
Figure 6 -	Vue latérale d'un roulement à rouleaux et du longeron de bogie	13
Figure 7 -	Vue en bout d'un roulement à rouleaux et du longeron de bogie	13
Figure 8 -	Vue de la plaque de blocage de roulement à la position L-3 du wagon CN 604697.....	13
Figure 9 -	Vue de la plaque de blocage de roulement et de la partie restante du bout de l'essieu	13
Figure 10 -	Morceaux des pièces internes d'un roulement à rouleaux	13
Figure 11 -	Nombre de surchauffes de fusées d'essieu (de 1994 à 2000) signalées par les compagnies ferroviaires canadiennes de catégorie 1	14
Figure 12 -	Site de SDV avec détecteur de pièces traînantes et détecteur de roues chaudes.....	15
Figure 13 -	Configuration type du SDV du CN	16
Figure 14 -	Détecteur de pièces traînantes à palettes.....	18
Figure 15 -	Vue en bout d'un DPT à impacteur montrant l'emplacement d'un des accéléromètres, sous la plaque de choc.....	18
Figure 16 -	Vues de côté du boîtier des roulements à rouleaux de locomotive	20
Figure 17 -	Vue en bout du boîtier des roulements à rouleaux d'un autorail.....	20
Figure 18 -	Affichage de l'écran Devtronics à l'intention des ODBC et des CCFM, montrant l'emplacement de certains des messages guides	21
Figure 19 -	Écrans d'ordinateur dont se servent les ODBC et les CCFM.....	22
Figure 20 -	Configuration type d'un train TEST du CN, locomotive du service marchandises, wagon couvert bourré d'instruments et voiture spécialisée de contrôle de l'état géométrique de la voie.....	25

Figure 21 - Critères du CN en matière de surveillance de la température des roulements à rouleaux.....	27
Figure 22 - Écran d'affichage qui permet aux ODBC et aux CCFM de contrôler l'état de certains sites de SDV	33
Figure 23 - Objectifs de validation désirés	55
Figure 24 - Valeurs de validation obtenues	55

1.0 Renseignements de base

1.1 L'accident

Vers 16 h 15, heure normale de l'Est (HNE)¹, le train de marchandises n° M-304-41-05 (train 304) du Canadien National (CN) roule vers l'est entre Hornepayne (Ontario) et Toronto (Ontario). Quand le train passe devant l'installation de détection du Système de détection en voie (SDV) du point milliaire 255,1 de la subdivision Ruel, près d'Oba (Ontario), le SDV détecte plusieurs anomalies près des 95° et 96° essieux du train, notamment une surchauffe de roulements, des roues chaudes et des pièces traînantes. Le détecteur de pièces traînantes (DPT) du SDV avait été retiré du service plus de 12 heures auparavant². La figure 1 montre une vue



schématisation de la voie ferrée dans le secteur d'Oba.

¹ Toutes les heures sont en HNE (temps universel coordonné moins cinq heures), à moins d'indication contraire.

² Trois trains ont dû s'arrêter par suite d'indications relatives à des pièces traînantes, et aucune pièce traînante n'a été trouvée lors des inspections faites par les équipes. Un des trains visés par ces inspections était conduit par la même équipe que celle du train 304. Étant donné le manque de fiabilité apparent des renseignements du DPT, on a retiré le DPT du service en attendant qu'il soit inspecté par un employé qualifié du Département de la signalisation et des communications.

La position des pièces traînantes détectées (95^e et 96^e essieux) coïncide avec la position du bogie arrière d'un wagon plat à parois de bout, le CN 604697 (le 21^e wagon), qui est chargé de bois de sciage. Un message radio est transmis directement à l'équipe du train à partir du site de SDV (« automate vocal »), qui avise verbalement l'équipe de la présence de « pièces traînantes », suivi de messages radio portant sur des « alarmes multiples ». Des tonalités intermittentes sont aussi transmises à l'intention de l'équipe pour l'aviser de la détection d'alarmes multiples. L'équipe ignore en quoi consistent exactement les défauts relevés par le SDV, et les tonalités qui parviennent à l'équipe ne font pas de différence entre une boîte chaude et une pièce traînante puisque les deux défauts indiquent la présence de problèmes potentiellement graves qui exigent une attention immédiate.

Les membres de l'équipe font ralentir leur train, se préparant à s'arrêter et à faire une inspection visuelle. Pendant qu'ils ralentissent, ils communiquent par radio avec le contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à Toronto pour faire part de leur situation et aussi pour aviser le CCF qu'ils ont été arrêtés par une alarme au même endroit lors de leur parcours précédent. Ils demandent des instructions au CCF. Le CCF leur répond que le DPT est présentement retiré du service, mais qu'il va consulter l'opérateur de détecteurs de boîtes chaudes (ODBC) d'Edmonton (Alberta) pour être fixé³.

Après avoir reçu l'appel du CCF de Toronto, l'ODBC d'Edmonton consulte le contrôleur de la circulation ferroviaire – Mécanique (CCFM), qui travaille au même bureau, pour s'informer des conditions signalées sur le ruban à Oba. Le CCFM conclut que le ruban produit lors de l'inspection à Oba est « défectueux ».⁴ Le CCF dit ensuite au train de poursuivre sa route. Aucune restriction n'est imposée à l'équipe.

Vers 16 h 28, quand le train passe à la hauteur de l'aiguillage est de Neswabin, point milliaire 248,5, les freins d'urgence en provenance de la conduite générale se déclenchent. Une fois le train arrêté, les membres de l'équipe entendent un grand bruit et voient derrière eux, à environ 20 longueurs de wagon, un nuage de fumée qui s'approche, poussé par le vent en direction est (voir la figure 2). Le train compte 20 wagons-citernes contenant sept marchandises dangereuses différentes, répartis entre les wagons formant le train. Les membres de l'équipe envoient immédiatement un message radio au CCF de Toronto pour l'aviser de l'accident. Les membres de l'équipe ignorent si des wagons de marchandises dangereuses sont touchés par l'accident et, le cas échéant, quels sont les wagons en cause, et ils ignorent aussi combien de wagons ont déraillé, mais ils peuvent décrire au CCF les bruits qu'ils entendent et la fumée et le feu qu'ils observent de l'endroit où ils se trouvent. Ils détellent les deux locomotives du reste du train et avancent en direction est pour atteindre un endroit qu'ils

³ L'information provenant des détecteurs de l'ensemble du réseau du CN est transmise à un bureau central situé à Edmonton, où elle est interprétée par des systèmes informatisés, après quoi elle est examinée par les ODBC (parfois appelés opérateurs du Système de détection en voie) et par des contrôleurs de la circulation ferroviaire – Mécanique, postés au centre de contrôle de la circulation ferroviaire.

⁴ Le terme « ruban défectueux » est celui qu'on emploie pour décrire un ruban dont les données ne sont pas fiables. Pour plus de détails à ce sujet, voir la section 1.15.5.



jugent sûr, aux environs du point milliaire 239.

Le CCF commence immédiatement à appliquer les mesures d'urgence, à savoir une intervention multidisciplinaire à laquelle participent la police, les services d'incendie, la compagnie ferroviaire, l'expéditeur et les équipes d'intervention d'urgence d'entrepreneurs privés, ainsi que différents organismes de réglementation de compétence provinciale et fédérale.

Une inspection aérienne du train faite ultérieurement révèle que 20 wagons ont déraillé : du 21^e au 40^e derrière le groupe de traction. On constate que le wagon plat à parois de bout CN 604697 a subi une surchauffe de fusée d'essieu (SFE)⁵. Il sera déterminé par la suite que la surchauffe a touché la position L-3, à savoir la roue adjacente à la roue avant du bogie arrière sur le rail sud (95^e essieu). Les wagons qui ont déraillé comprennent un wagon-citerne chargé de gaz de pétrole liquéfié (GPL) et deux wagons-citernes de benzène, en l'occurrence un mélange liquide inflammable (voir la section 1.3). Un des wagons-citernes de benzène, le wagon AGEX 1001, subit des dommages considérables et perd la totalité de son chargement. Le benzène liquide et du bois de sciage qui s'est éparpillé sur le lieu de l'accident après être tombé de wagons plats à parois de bout détruits dans l'accident alimentent un gros incendie qui fait rage pendant plusieurs jours.

L'enveloppe du wagon-citerne chargé de GPL, le wagon CGTX 63501, est roussie par la chaleur de l'incendie,

⁵

Le terme « surchauffe de fusée d'essieu » est celui qu'on emploie dans le domaine ferroviaire pour désigner la rupture complète d'un essieu causée par la surchauffe d'un roulement. Pour plus d'information à ce sujet, voir la section 1.12.4.

mais le wagon ne laisse pas fuir son chargement (voir la figure 3). L'intervention d'urgence est menée avec



efficacité et dans les meilleurs délais.

1.2 *Victimes*

Personne n'a été blessé par suite du déraillement.

1.3 *Marchandises dangereuses*

1.3.1 *Mélange de liquides inflammables*

Les wagons-citernes AGEX 1001 et PROX 41841 contenaient un mélange de liquides inflammables dont le benzène était le principal élément constituant. D'après le document d'expédition, le produit a été expédié comme étant des « liquides inflammables, n.s.a. (benzène), classe 3, PG I, UN 1993 ». Le deuxième ingrédient principal était le dicyclopentadiène. En plus des deux ingrédients principaux, le mélange contenait plus de 10 autres composés aromatiques.

Le benzène, le principal constituant du mélange inflammable, est un liquide toxique inflammable dont les vapeurs peuvent causer un feu à inflammation instantanée (classe 3, UN 1993). La limite inférieure d'explosivité (LIE)⁶ du benzène est de 1,2 p. 100 et sa limite supérieure d'explosivité (LSE) est de 7,8 p. 100;

⁶ La limite inférieure d'explosivité, parfois appelée limite inférieure d'inflammabilité, est la concentration

ces deux valeurs correspondent à la concentration en volume du produit dans l'air. Le point d'éclair du benzène est de 12 degrés Fahrenheit (°F). Le benzène est un produit toxique qui affecte le système nerveux central, le système respiratoire, le sang et la moelle osseuse (p. ex. leucémie). Les principales voies de pénétration sont la voie pulmonaire et la voie percutanée. Le benzène est un agent cancérigène connu qu'il est difficile de reconnaître à l'odeur. La limite maximale d'exposition pour le benzène est établie à 0,1 partie par million (ppm) par le *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), et à 0,5 ppm par l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH). La limite d'exposition à court terme (15 minutes) est fixée à 1 ppm par le NIOSH et à 2,5 ppm par l'ACGIH. Les tests de l'Association canadienne de normalisation montrent qu'une personne moyenne est capable de détecter l'odeur du benzène à des concentrations de 4,68 ppm ou plus, tout dépendant de la personne et des conditions dans lesquelles le test est mené. Des concentrations de ces niveaux sont supérieures aux limites maximales permises. La pression de vapeur du benzène est de 75 mm à 68 °F.

Des hygiénistes du travail embauchés par un entrepreneur privé ont contrôlé les lieux et ont avisé les employés qui travaillaient sur place lorsque les niveaux de benzène rendaient nécessaire le port d'équipements spécialisés de protection personnelle comme des vêtements de protection et des appareils respiratoires autonomes. Des fonctionnaires du ministère de l'Environnement de l'Ontario ont supervisé les efforts de nettoyage et de remise en état du lieu du déraillement.

Le dicyclopentadiène est un solide toxique et inflammable à odeur de camphre, et dont le point de fusion est de 91 °F. La pression de vapeur du dicyclopentadiène est de 1,4 mm à 68 °F. Étant donné ces caractéristiques, il est habituellement transporté en solution avec le benzène. Les limites d'inflammabilité sont une LIE de 0,8 p. 100 par volume et une LSE de 6,3 p. 100 par volume. Le point d'éclair du dicyclopentadiène est de 90 °F. Il s'agit d'un produit assez réactif qui peut polymériser (subir une réaction chimique pendant laquelle les molécules se combinent) de façon explosive ainsi que dépolymériser. Il est considéré comme un produit modérément toxique lorsqu'il pénètre dans le corps par voie pulmonaire, et légèrement toxique en cas de contact cutané. La limite maximale d'exposition est fixée à 5 ppm par l'ACGIH et par le NIOSH. Les organes qui sont affectés par une exposition au dicyclopentadiène sont les reins, le système nerveux central et le système respiratoire. Aux États-Unis, ce produit fait l'objet d'études dans le cadre du programme de toxicologie génétique administré par l'*Environmental Protection Agency* (EPA). Ce programme évalue les liens qui existent entre ce produit et des mutations génétiques et autres désordres de nature génétique.

1.3.2 Gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Le propane transporté dans des wagons-citernes est un gaz inflammable liquéfié (c'est-à-dire expédié sous pression) incolore. Il a une LIE de 2,4 p. 100 par volume et une LSE de 9,5 p. 100 par volume. Son point d'éclair est de moins 156 °F. La limite maximale d'exposition est de 1 000 ppm. Il présente un grand risque d'incendie quand il est exposé à une source d'inflammation ou quand la citerne qui le contient est exposée à la

minimale en volume dans l'air au-dessus de laquelle le mélange peut exploser au contact d'une source de chaleur externe comme une étincelle ou une flamme. La limite supérieure d'explosivité est la concentration maximale en volume dans l'air au-dessous de laquelle le mélange peut être enflammé.

chaleur ou à des flammes. Le propane peut réagir vigoureusement ou exploser quand il est en contact avec un oxydant. À de fortes concentrations, il est toxique pour le système nerveux central, et peut aussi avoir des propriétés asphyxiantes.

1.4 *Domages au matériel roulant*

Seize des vingt wagons déraillés du train 304 ont été détruits, dont trois wagons-citernes qui ont été incendiés après le déraillement. Quatre wagons ont subi des dommages mineurs et ont été remis en service après avoir été réparés.

Le wagon affecté par une SFE, le CN 604697, a été légèrement endommagé. Quand le wagon a été examiné après l'accident, on n'a pas trouvé de signes de graisse pour roulements à rouleaux sur le bogie et le faux-châssis du wagon, au-dessus de l'endroit où la SFE a été localisée (position L-3).

Les wagons-citernes de benzène, l'AGEX 1001 et le PROX 41841, ont été construits d'après la spécification DOT-111A100W1. Le wagon AGEX 1001 a subi de lourds dégâts lors du déraillement et a perdu tout son contenu (voir la figure 4). Le fait que les wagons répondant à la norme minimale de la classe 111A soient susceptibles d'être endommagés pendant un déraillement est connu depuis longtemps dans l'industrie



ferroviaire de l'Amérique du Nord, et notamment chez les organismes de réglementation ferroviaire. Le wagon-citerne de GPL, le CGTX 63501, a été construit d'après la spécification DOT-112J340W. Il a été endommagé considérablement mais il n'a pas laissé fuir son contenu.

Le personnel du BST a examiné trois des wagons-citernes qui ont été les plus endommagés. Les résultats détaillés de cet examen figurent à l'annexe A.

1.5 Autres dommages

Les premières marques relevées sur les traverses se trouvaient à environ 200 pieds avant le SDV, au point milliaire 255,1. L'essieu monté déraillé du wagon CN 604697 a causé des dommages mineurs à la voie ferrée sur une distance de 6,75 milles. L'accident a causé des dommages considérables au détecteur de boîtes chaudes (DBC) du point milliaire 255,1, et à l'aiguillage ouest commandé à distance de la voie d'évitement Neswabin, au point milliaire 249,8. L'aiguillage est commandé à distance et le signal nain de Neswabin, au point milliaire 248,5, ont été détruits, de même que 500 pieds de voie situés immédiatement à l'est de l'aiguillage est

commandé à distance. Sur le lieu du déraillement principal, l'accident a causé la destruction de quatre poteaux de téléphone et du matériel connexe. Les dommages à la propriété se sont élevés à un total de plus de 1,5 million de dollars.

1.6 Renseignements sur le personnel

L'équipe de conduite du train était composée d'un mécanicien, d'un chef de train et d'un chef de train adjoint. Ils répondaient aux exigences de leurs postes respectifs et satisfaisaient aux exigences en matière de repos et de condition physique.

1.7 Renseignements sur le train

Le train 304 comptait 2 locomotives et 71 wagons : 57 wagons chargés, 13 wagons vides et 1 wagon de résidus. Il transportait une variété de marchandises dangereuses :

- 1 wagon chargé de GPL, classe 2.1, UN 1075
- 10 wagons chargés de chlorure de vinyle, classe 2.1, UN 1086
- 2 wagons chargés de benzène/dicyclopentadiène, classe 3, UN 1993
- 3 wagons chargés d'ammoniac anhydre, classe 2.4, UN 1005
- 2 wagons chargés de méthanol, classe 3, UN 1230
- 1 wagon chargé d'éthylèneglycol, classe 9, NA 3082
- 1 wagon de résidus de N-diméthylformamide, classe 3, UN 2265

Le train mesurait environ 4 850 pieds et pesait quelque 7 000 tonnes.

1.8 Renseignements sur le lieu de l'événement

Dans le secteur où le déraillement s'est produit, la voie principale de la subdivision était simple et était affectée au service voyageurs et au service marchandises. La structure de la voie consistait en des longs rails soudés (LRS) de 136 livres, laminés en 1992 et posés en 1993 sur des traverses de bois dur n° 1. Les rails étaient retenus à chaque traverse par six crampons, reposaient sur des selles de 14 pouces à double épaulement, et étaient encadrés par des anticheminants Fair améliorés à toutes les deux traverses. Le ballast de laitier concassé remplissait toutes les cases et il était en bon état. La plate-forme de la voie était surélevée d'environ 10 à 15 pieds par rapport au niveau du sol environnant.

Les vitesses autorisées dans l'indicateur entre le point milliaire 245,5 et le point milliaire 252,2 de la subdivision Ruel étaient de 55 mi/h pour les trains de voyageurs et de 45 mi/h pour les trains de marchandises.

1.9 *Méthode de contrôle du mouvement des trains*

Du point milliaire 1,6 au point milliaire 295,6 de la subdivision Ruel, le mouvement des trains est régi par commande centralisée de la circulation en vertu du Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REF), et est supervisé par un CCF posté à Toronto.

1.10 *Conditions météorologiques*

Au moment du déraillement, la température était d'environ moins 10 degrés Celsius, et le vent soufflait du nord-ouest à environ 15 km/h. Il n'y avait aucune précipitation; toutefois, les trains soulevaient de la poudrière sur leur passage, en raison de chutes de neige récentes.

1.11 *Renseignements consignés*

1.11.1 *Locomotive*

La transcription des données du consignateur d'événements a indiqué que les freins d'urgence se sont déclenchés à 16 h 28 min 28 s. À ce moment, le train roulait à 42 mi/h et la manette des gaz était à la position n° 8. À 16 h 29 min 16 s, la vitesse consignée du train était de 0 mi/h.

1.11.2 *Système de détection en voie (SDV)*

L'examen des données consignées par les sites de SDV des points milliaires 282,3, 268,7 et 255,1 de la subdivision Ruel a révélé les renseignements suivants :

- Aucune température anormale des roulements à rouleaux ou pièce traînante n'a été détectée lors du passage du train au site de SDV de Shekak, point milliaire 282,3.
- Le site de SDV de MacDuff, point milliaire 268,7, a généré une indication de début de surchauffe de roulement à Edmonton pour le 95^e essieu, en raison d'une différence de température entre les roulements du rail nord et ceux du rail sud. La lecture de l'imprimé de l'analyseur pour le rail nord a été de 1,8 mm (« signal forfaitaire »⁷) et

⁷ La section 1.13.2 décrit comment l'énergie thermique est convertie en signal électrique qui est affiché dans un graphique mesuré en millimètres. Les « signaux forfaitaires » sont des déviations de 1,8 mm et constituent les lectures minimales que les analyseurs du CN peuvent enregistrer. Quelle que soit la quantité de chaleur que l'analyseur capte au passage d'un palier d'essieu, l'équipement du bureau est conçu pour ajouter une déviation de 1,6 mm à la lecture. Le matériel sur le terrain ajoute aussi 0,2 mm, soit un total de 1,8 mm, à chaque analyse de palier d'essieu. De cette façon, chaque essieu est facilement identifié aux fins du compte des essieux.

celle du rail sud a été de 8,2 mm, soit un écart de 6,4 mm entre le rail nord et le rail sud. Les procédures en vigueur dans le réseau du CN exigent que les équipes des trains soient avisées de la surchauffe d'un roulement dès que l'écart dépasse 8 mm⁸.

- Comme on l'a indiqué précédemment (section 1.1), l'automate vocal du SDV à Oba, point milliaire 255,1, a communiqué plusieurs alarmes, notamment des alarmes de surchauffe de roulements, de roues chaudes et de pièces traînantes. Il n'a envoyé à l'équipe aucune information signalant que le SDV ait été endommagé ou rendu inopérant par le passage du train.

1.12 Inspections

1.12.1 Inspections du Département d'ingénierie

La dernière inspection faite par une voiture TEST (Pandrol Jackson) dans la subdivision Ruel remontait aux 15 et 16 janvier 1999. À cette occasion, on n'a relevé dans le secteur du déraillement aucun défaut qui exigeait une intervention immédiate. En mai 1998, des équipes surnuméraires d'entretien de la voie ont réalisé un programme de remplacement des traverses entre le point milliaire 268 et le point milliaire 295,6. La dernière inspection de la voie a été faite par un superviseur de la voie le 4 février 1999 et n'a révélé aucune irrégularité. Le contremaître d'entretien de la voie de l'équipe locale de protection de la voie contre la neige et un employé d'entretien des signaux ont parcouru la voie à bord d'un véhicule rail-route entre 10 h et 14 h le jour de l'accident, et n'ont encore là relevé aucune anomalie.

1.12.2 Inspection de sécurité du wagon CN 604697

Le wagon CN 604697, transportant un chargement de bois de sciage, était parti du nord de la Colombie-Britannique et était destiné à un client de l'est des États-Unis. Le dossier de réparations montre que l'essieu monté n° 3 (le troisième essieu à partir du bout B du wagon) a été remplacé pour la dernière fois en 1995, à un atelier de réparation situé aux États-Unis. Le wagon avait parcouru 132 000 milles depuis le remplacement de l'essieu monté. Le chargement de bois de sciage qu'il transportait était réparti également sur toute la longueur du wagon.

⁸ Tout écart de plus de 6 mm entre la chaleur captée sur un rail et celle qui est captée sur l'autre rail est censé générer un signal jaune sur les écrans des ODBC et des CCFM d'Edmonton. Un écart de plus de 8 mm est censé générer une alarme rouge qui oblige l'équipe à immobiliser immédiatement le train et à l'inspecter.

Avant de quitter le triage Prince George du CN pour son voyage vers l'est, le wagon avait fait l'objet d'une inspection de sécurité initiale⁹ faite par un inspecteur de wagons autorisé, inspection qui n'avait révélé aucun défaut. Auparavant, le wagon CN 604697 avait fait partie d'un train qui a été mis en cause dans une collision le 31 janvier 1999, à Jasper (Alberta). Neuf des wagons de tête du train de Jasper ont déraillé ou ont été soumis à de fortes charges de compression. Le wagon CN 604697 était à la 30^e position de ce train et n'a pas déraillé. Des inspecteurs de wagons autorisés l'ont inspecté sur place après l'accident¹⁰. Comme il ne montrait pas de signes évidents de dommages dus au déraillement ou de fortes charges de compression, le wagon a été jugé apte à être remis en service. Par suite du déraillement survenu à Neswabin, on a examiné les dossiers de réparations des 25 premiers wagons qui n'avaient pas déraillé lors de la collision de Jasper, afin de déterminer si un de leurs essieux montés avait subi une rupture prématurée des roulements à rouleaux; on n'a relevé aucune défectuosité de ce genre.

D'autres inspections de sécurité du wagon CN 604697 ont été effectuées en cours de route à Edmonton et à Winnipeg; encore là, aucun défaut n'a été signalé. Le pesage du wagon sur les bascules du triage Winnipeg a révélé que son poids total était en deçà des limites acceptables.

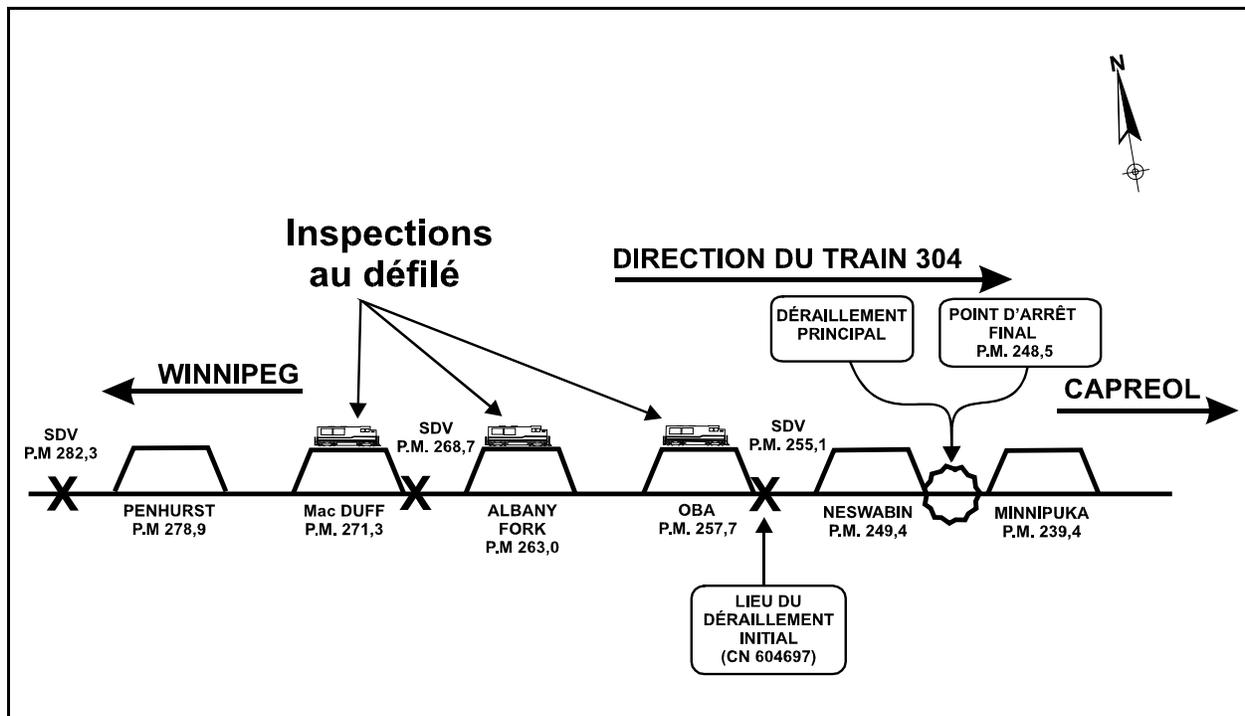
1.12.3 Inspections en cours de route

Avant le site de SDV d'Oba, le train était passé devant deux sites de SDV (Shekak, point milliaire 282,3, et MacDuff, point milliaire 268,7), et l'automate vocal de ces deux sites n'avait communiqué aucun message d'alarme de danger immédiat (AWA). Toutefois, l'écran d'affichage à Edmonton montrait à l'ODBC une indication de début de surchauffe de roulement (jaune) au point milliaire 268,7.

Entre le terminal initial de Hornepayne et l'endroit où est survenu le déraillement, soit une distance d'environ 41 milles, le train 304 avait été inspecté par les équipes de trois autres trains arrêtés dans les trois voies d'évitement qui précédaient le lieu du déraillement (voir la figure 5). Le train 304 n'a été inspecté que du côté nord à ces trois endroits. En raison des conditions d'enneigement, il y avait peu d'endroits sûrs où les employés pouvaient se placer pour inspecter un train au défilé du côté sud de la voie. Aucun défaut n'a été relevé lors de ces inspections.

⁹ Pendant une inspection de sécurité, on n'évalue que l'état des éléments extérieurs visibles des roulements à rouleaux.

¹⁰ On n'a pas fait démonter les essieux pour vérifier l'état des roulements à rouleaux; d'ailleurs, aucune règle en vigueur dans l'industrie n'exige qu'on les démonte.



1.12.4 Autres renseignements — Roulements à rouleaux et surchauffe de fusée d'essieu (SFE)

Les roulements à rouleaux sont pressés au bout des essieux des wagons, près du voile de la roue. Habituellement, il y a huit roulements à rouleaux par wagon, dont chacun est placé à chaque bout des quatre essieux. Les roulements à rouleaux sont normalement coniques; ils supportent le poids du wagon et de son contenu et le transfèrent aux essieux, aux roues et aux rails. Le roulement est placé à l'intérieur d'un logement aménagé dans le longeron de bogie. Les pièces mobiles du roulement à rouleaux permettent à l'ensemble roues pleines / essieu auquel le roulement est fixé de tourner avec le moins de friction possible (voir les figures 6 et 7). L'annexe B donne des renseignements généraux sur les roulements à rouleaux.

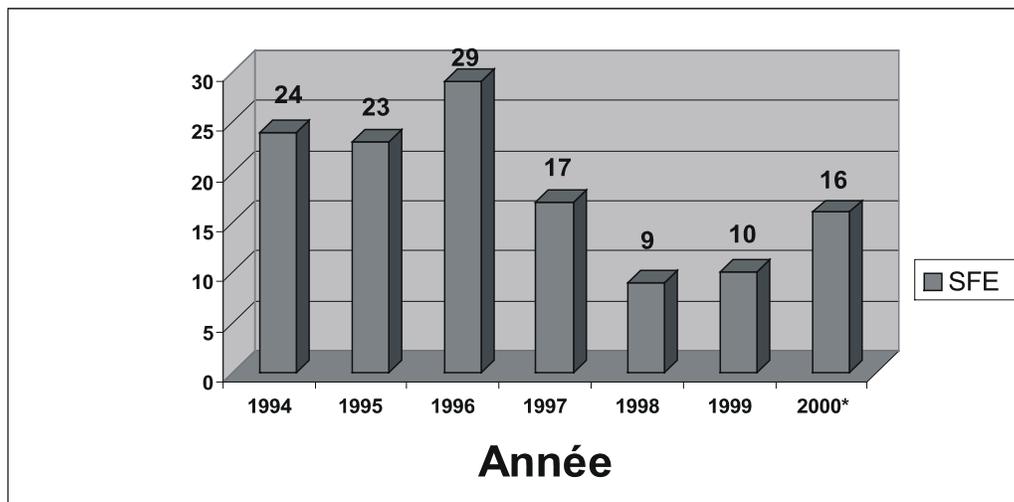


**ENDROIT O LE DTECTEUR
CAPTE HABITUELLEMENT
LA TEMPRATURE
DES ROULEMENTS**

La surchauffe des roulements à rouleaux découle d'un mauvais graissage ou de défauts mécaniques qui entraînent une augmentation du frottement des roulements. Ce phénomène est appelé « boîte chaude » dans le jargon ferroviaire. La température des roulements peut continuer d'augmenter et causer une rupture complète de l'essieu, ce qu'on appelle communément une « surchauffe de fusée d'essieu » (voir les figures 8, 9 et 10).



Normalement, la SFE cause le déraillement du wagon affecté. Si la rupture de l'essieu se produit pendant que le train roule à grande vitesse, ce déraillement entraîne fréquemment celui de plusieurs wagons ou cause des dommages à plusieurs wagons. La figure 11 montre le nombre total de SFE depuis 1994; ces renseignements ont été fournis au BST au cours de l'enquête par les trois compagnies ferroviaires canadiennes de catégorie 1.



Lorsqu'une boîte d'essieu commence à chauffer sous un wagon équipé de roulements à rouleaux, la température peut s'élever rapidement et causer une SFE après quelques milles seulement. L'examen de 47 déraillements consécutifs à une SFE qui sont survenus entre 1992 et 1996 a montré que 22 des déraillements se sont produits cinq milles ou moins après que le train a dépassé un DBC opérationnel qui n'avait pas lancé d'alarme¹¹. Dans certains parcours principaux, les DBC sont espacés de 25 à 30 milles, soit la distance que les anciens paliers lisses, maintenant interdits, pouvaient parcourir sans causer une SFE en cas de

¹¹ D'après un échantillonnage de 47 SFE survenues entre 1992 et 1996, la distance moyenne à laquelle un essieu s'est rompu complètement après que le train a dépassé un DBC opérationnel était de 11,5 milles (la distance médiane était de 8 milles, et 22 ruptures d'essieux se sont produites à 5 milles ou moins).

surchauffe. Grâce au perfectionnement de la technologie des roulements à rouleaux, les paliers lisses de tous les wagons d'échange ont été remplacés.

1.13 Technologie du SDV

1.13.1 Historique

Au cours des 25 à 30 dernières années, les compagnies ferroviaires de l'Amérique du Nord ont intégré un grand nombre de DBC et de DPT à leur infrastructure ferroviaire. Cette technologie a aidé le personnel des chemins de fer à identifier les problèmes d'exploitation qui représentaient un risque pour la sécurité ferroviaire.

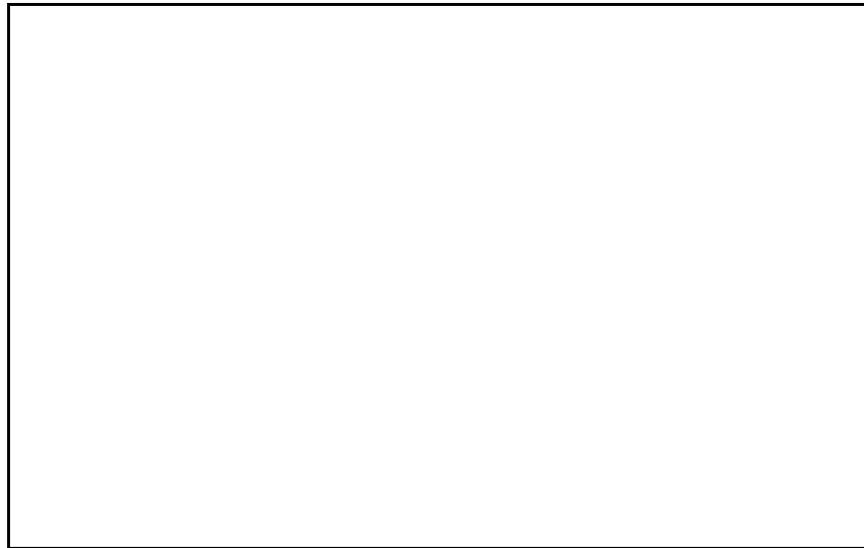
Après le déraillement survenu à Mississauga en 1979, des « points de contrôle d'entrée » ont été établis aux abords des zones à forte densité de population. Avant d'entrer dans ces zones, les trains transportant des marchandises dangereuses devaient être inspectés. À l'intérieur des zones en question, les trains étaient soumis à certaines restrictions visant à assurer la sécurité ferroviaire. Les compagnies ferroviaires pouvaient se conformer aux exigences d'inspection si le train était inspecté par un détecteur de boîtes chaudes et de pièces traînantes au cours de laquelle aucune anomalie n'avait été relevée. En l'absence de cette technologie, il fallait prendre d'autres mesures, notamment faire arrêter les trains et les faire inspecter par les équipes ou par d'autres employés des chemins de fer.

Par la suite, certains DBC ont été améliorés grâce à l'ajout de détecteurs de roues chaudes (DRC) et à des améliorations sensibles du matériel; p. ex. passage de la technologie analogique à la technologie numérique, technologie améliorée d'analyse infrarouge et, plus récemment, matériel informatique perfectionné. À mesure que la confiance des usagers s'est accrue et que les compagnies ferroviaires ont constaté une amélioration de la sécurité de leurs opérations, davantage de DBC, de DRC et de DPT ont été ajoutés à leur infrastructure fixe, si bien que les sites ont fini par être appelés systèmes de détection en voie (SDV).

De nos jours, le SDV du CN est un système réparti composé de capteurs sur le terrain reliés aux ordinateurs des bureaux (situés à Edmonton, Toronto et Montréal) et à un réseau d'employés des différents départements du CN (Signalisation et Communications, Mécanique et Opérations) qui se chargent de différentes fonctions relatives aux données du SDV (essais, lecture et interprétation).

1.13.2 Description générale

Le DBC capte l'énergie infrarouge rayonnante émise par le roulement au moment où celui-ci passe devant le détecteur. L'énergie thermique est convertie en un signal électrique proportionnel à la quantité de chaleur par rapport à la température ambiante. La température ambiante est déterminée grâce à l'analyse du fond des wagons qui passent. Le signal électrique est envoyé à une unité de traitement des données (UTD) placée dans une guérite adjacente, en l'occurrence une structure qui abrite les différents appareils électriques et électroniques nécessaires à l'exploitation du réseau ferroviaire. Quand le train a dépassé le site, les données, dans lesquelles les indications sur les roues chaudes et les pièces traînantes sont signalées, sont envoyées au bureau pour interprétation. Il s'agit de données brutes « non interprétées » qui sont envoyées au bureau où l'on fera l'analyse des degrés de chaleur du matériel. Si la quantité d'énergie relevée par le DBC dépasse les valeurs préétablies, l'indication appropriée est générée. Cette indication est immédiatement relayée à l'écran de l'ODBC (où elle est affichée sous forme de graphique gradué en millimètres) et est relayée à l'équipe du train par le système d'AWA, qui envoie un message radio par l'intermédiaire de l'automate vocal (voir la figure 13).



De nos jours, des DBC sont placés à des endroits stratégiques dans les réseaux centraux de la plupart des grandes compagnies ferroviaires. Les principales cibles des détecteurs sont les roulements des wagons de marchandises (qui représentent environ 97 p. 100 du nombre total d'essieux). Le CN compte 68 subdivisions protégées par des DBC, ce qui représente plus de 97,9 p. 100 du trafic ferroviaire du CN. Parmi les 48 autres subdivisions, 11 ont moins de 20 milles de longueur et acheminent 0,4 p. 100 du trafic. Les 37 autres subdivisions qui ne sont pas équipées de DBC acheminent 1,7 p. 100 du trafic ferroviaire du CN. L'espacement type des DBC dans les parcours des couloirs principaux du CN et du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) excède rarement 30 milles. Après un vaste programme quinquennal d'immobilisations à l'ouest de Capreol, les espacements ont été réduits à une distance de 12 à 15 milles dans plusieurs parcours du réseau principal du CN. Dans bien des cas, les endroits où les risques étaient faibles, comme les subdivisions où le nombre de tonnes brutes-milles est peu élevé ou dans lesquelles on ne transporte pas de marchandises dangereuses, n'ont pas été ciblés pour l'installation de DBC. Le CN continue d'investir dans l'augmentation du nombre de DBC afin de réduire progressivement l'espacement des détecteurs sur les voies du réseau principal, et s'efforce d'améliorer le rendement des roulements à rouleaux.

1.13.3 Détecteur de roues chaudes (DRC)

Le DRC est similaire au DBC, en ce sens qu'il capte l'énergie thermique rayonnée. Dans ce cas-ci toutefois, le capteur vise le voile de la roue près de la table de roulement, à environ 2 pouces 1/2 au-dessus du rail. Au CN, les DRC comprennent un filtre en forme de « M » qui élimine les lectures de température élevée de la table de roulement dues au serrage momentané des freins du train. Certains systèmes emploient un analyseur du DRC des deux côtés de la voie, mais la plupart ne font appel qu'à un seul analyseur placé d'un côté de la voie ferrée. Quand un seul DRC contrôle les roues sur le rail rapproché et sur le rail éloigné, il est normalement placé à un certain angle par rapport à la voie. L'analyseur peut contrôler la surface extérieure du voile d'une roue tournant sur le rail rapproché ou la surface intérieure du voile d'une roue tournant sur le rail éloigné. On établit une température de référence en plaçant un panneau blanc du côté le plus éloigné de la voie, face à l'analyseur du DRC. Le panneau de référence fournit une valeur de base permettant d'obtenir des lectures relatives de température des voiles de roue. Les données sont transmises à l'UTD placée dans la guérite et sont comparées aux valeurs seuils de déclenchement des alarmes. Comme dans le cas du DBC, le système d'AWA transmet les alarmes à l'ODBC et à l'équipe du train par l'intermédiaire de « l'automate vocal ».

1.13.4 DéTECTEUR DE PIÈCES TRÂINANTES (DPT)

Il y avait deux modèles différents de DPT, le modèle à palettes (mécanique) ou le modèle à impacteur (électronique). Le modèle à palettes (voir la figure 14) consistait en des plaques de choc, placées à l'intérieur et à l'extérieur des rails et reliées à un arbre muni d'un interrupteur déclenché par des cames et d'un ressort de rappel. Tout objet qui heurterait les palettes dans une direction ou dans l'autre ferait tourner l'arbre et causerait une ouverture momentanée des contacts de l'interrupteur. L'ouverture du circuit déclencherait une alarme. Le modèle à impacteur (voir la figure 15) a été conçu pour atténuer les problèmes associés aux appareils à palettes lorsque l'enneigement est considérable, et n'a aucune pièce mobile. Des plaques de choc stationnaires placées entre les rails et à l'extérieur de ceux-ci sont munies d'accéléromètres qui détectent l'énergie d'un impact. Lorsque l'énergie due à l'impact est suffisante, un signal électrique est généré et est reconnu par l'UTD, laquelle génère une alarme. Les alarmes du DPT sont toujours relayées à l'équipe du train par l'automate vocal, et à l'ODBC par modem.



1.13.5 Limitations du matériel des systèmes

Les DBC sont réglés pour fonctionner à des températures ambiantes allant de moins 40 °C à plus 160 °C. Ils sont conçus pour contrôler des trains dont la vitesse peut atteindre 120 mi/h. Des conditions environnementales rigoureuses comme des tempêtes de neige, de la poudrerie, des fortes pluies et de la glace, peuvent affecter la qualité des données d'analyse.

Le type de boîtier dans lequel les roulements à rouleaux sont intégrés au bogie peut influencer sur la capacité des analyseurs de capter l'énergie thermique infrarouge. La plupart des wagons de marchandises sont équipés de bogies standard pour wagons de marchandises, que les analyseurs peuvent contrôler facilement, mais le matériel roulant équipé de bogies inhabituels, lourds ou compliqués (p. ex. locomotives, wagons de marchandises et voitures pour voyageurs équipés d'installations spéciales) peut empêcher la propagation de la chaleur rayonnée dont les DBC font l'analyse. Certaines voitures pour voyageurs (p. ex. les voitures de type Légères, Rapides et Confortables (LRC)) n'ont pas de roulements externes et sont donc équipées de systèmes de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu. Le système monté à bord surveille continuellement

l'état des roulements à rouleaux internes qui ne sont pas contrôlés par les analyseurs des DBC conventionnels.

Le matériel roulant suivant de VIA Rail Canada Inc. (VIA) est muni de roues dont les roulements sont externes :

Matériel roulant	Nombre de voitures / locomotives
voitures HEP I (automatrices à alimentation électrique de service, acier inoxydable, service transcontinental)	180 voitures
voitures HEP II (automatrices, acier inoxydable, service dans le couloir Québec-Windsor)	33 voitures
locomotives F40 (GM, service dans le couloir Québec-Windsor et service transcontinental)	58 locomotives
locomotives GPA-418 (GM, autre service — nord du Québec et du Manitoba)	7 locomotives
locomotives MPA-27 (Bombardier, LRC, service dans le couloir Québec-Windsor)	7 locomotives

Les vitesses maximales autorisées actuellement pour chaque type de matériel roulant sont les suivantes :

Type de matériel roulant	Vitesse maximale autorisée
voitures HEP I	90 mi/h
voitures HEP II	95 mi/h
voitures LRC	100 mi/h
locomotives F40	95 mi/h
locomotives GPA-418	89 mi/h
locomotives MPA-27	100 mi/h

Seules les voitures du parc LRC (98 voitures) ont des roulements internes, et elles sont toutes équipées de dispositifs de bord de surveillance. Quelques locomotives de VIA¹² ont à leur bord des dispositifs de détection de la surchauffe des paliers d'essieu. Normalement, les locomotives du CN et du CFPC ne sont pas équipées de tels dispositifs de bord de surveillance électronique. Les locomotives non équipées de dispositif de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu dépendent du SDV pour détecter les paliers d'essieu en surchauffe.

La Southern Technologies Corporation (STC)¹³ et la Harmon Industries¹⁴, les deux principaux fournisseurs de DBC en Amérique du Nord, ont fait savoir que, même dans des conditions environnementales favorables, il est impossible de contrôler avec exactitude la température de certains roulements de locomotives. Le DBC fonctionne comme il se doit, mais certaines pièces mécaniques situées entre le roulement et l'analyseur cachent parfois le roulement au moment de son passage devant le DBC (voir les figures 16 et 17). Ces pièces mécaniques diffèrent suivant la taille des essieux et le type de locomotive. Les locomotives représentent un faible pourcentage de tous les essieux contrôlés, mais contrairement au matériel roulant affecté au service marchandises, bien des locomotives ont du personnel à leur bord.



Figure 16 - Vues de côté du boîtier des roulements à rouleaux de locomotive (Nota : plaque de fixation sous le roulement)

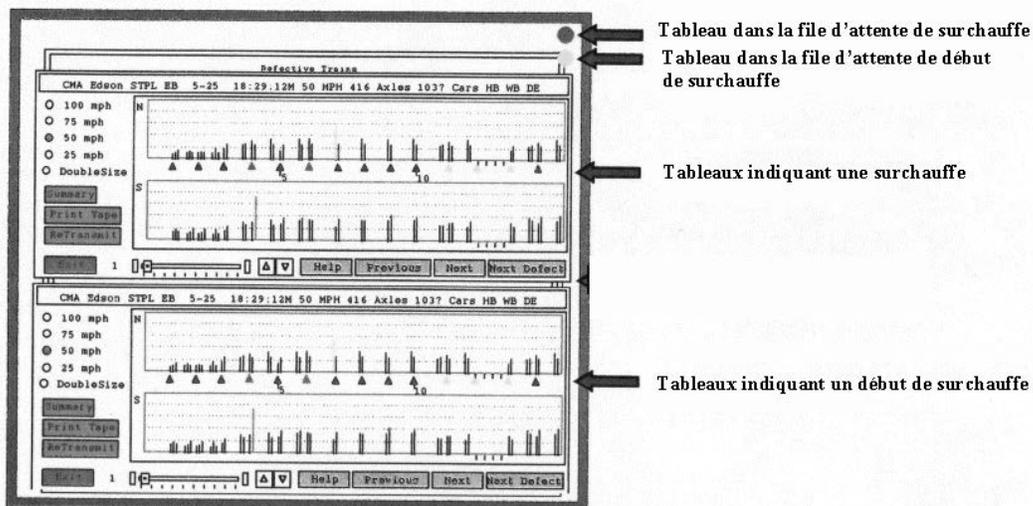
1.13.6 Ordinateur du bureau

¹² À une certaine époque, près de la moitié des locomotives de VIA étaient équipées de capteurs de surchauffe des paliers d'essieu. Toutefois, après un accident survenu à Biggar (Saskatchewan) en 1997, on a jugé que les capteurs de surchauffe des paliers d'essieu extérieurs posaient des problèmes et on les a retirés. Seules les sept locomotives de Bombardier (MPA-27) dont la vitesse nominale est de 100 mi/h sont encore équipées de capteurs fonctionnels de surchauffe des paliers d'essieu. Toutes les locomotives de VIA sont maintenant équipées de dispositifs de bord de surveillance des paliers de suspension de moteur de traction.

¹³ La STC est le fournisseur du matériel Sentry.

¹⁴ La Harmon Industries est le fournisseur du matériel Servo.

Les données envoyées par l'UTD placée dans la guérite en bordure de la voie sont reçues par l'ordinateur du bureau central et sont traitées par un logiciel spécialisé (Devtronics). L'opérateur se sert aussi du logiciel Devtronics pour visualiser l'information sous forme de tableau « analogique » affiché sur un écran vidéo. Si les valeurs du SDV correspondent aux paramètres de fonctionnement normaux, l'opérateur ne reçoit pas d'avis concernant l'inspection du train, mais l'information est affichée à l'écran de l'opérateur sous forme d'une ligne de message verte dans la fenêtre sur l'état de fonctionnement. Si les valeurs atteignent les critères du TP-105¹⁵ ou d'autres critères définis dans le logiciel (p. ex. la moyenne par côté de wagon et la moyenne par côté de train, expliquées plus en détail à la section 1.15.4), les données sont présentées à l'opérateur sous la forme d'un ruban analogique affiché à l'écran de l'ordinateur. S'il y a plus d'un ruban à examiner, le premier est affiché et les autres sont placés dans une file d'attente, et une alarme visible ainsi qu'une alarme sonore alertent l'opérateur (voir la figure 18).



¹⁵

Le CN a rédigé un manuel d'utilisation intitulé *Hot Wheel, Hot Box & Dragging Equipment Systems, Operating Guidelines* (Systèmes de détection de roues chaudes, de boîtes chaudes et de pièces traînantes, Guide de l'utilisateur), appelé couramment TP-105.

Normalement, un train n'apparaît pas au complet à l'écran (p. ex. 35 wagons apparaissent normalement à l'écran), en raison de la taille du ruban analogique. Pour visualiser le ruban analogique au complet, l'ODBC doit le faire défiler d'une direction à l'autre (voir la figure 19). Quand la lecture « high » (élevé) apparaît, l'opérateur peut obtenir un supplément

d'information en cliquant sur la partie appropriée du ruban. Après avoir examiné le ruban, l'opérateur peut soit accuser réception pour confirmer qu'il a visualisé et interprété le ruban, soit replacer le ruban dans la file d'attente à des fins de consultation future.

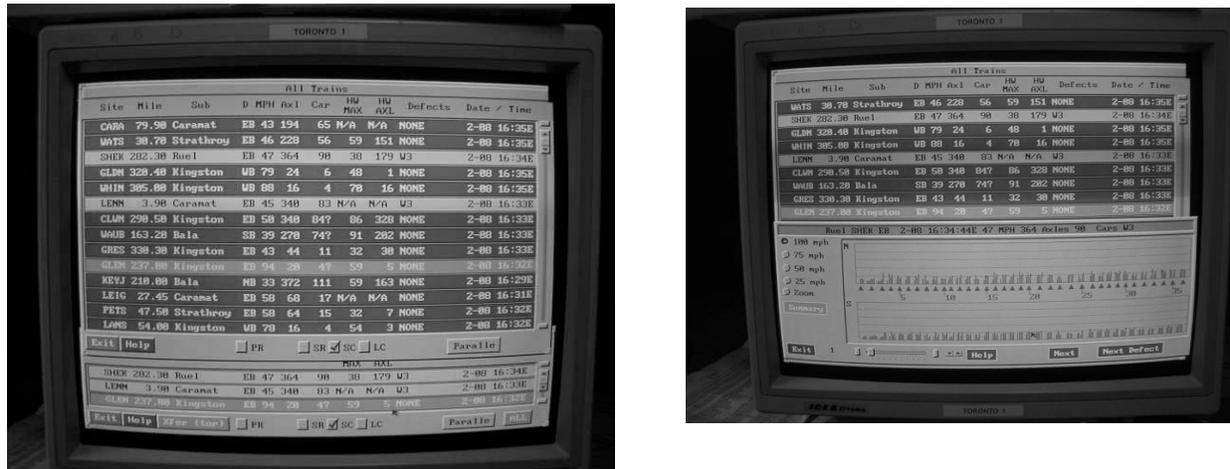


Figure 19 - Écrans d'ordinateur dont se servent les ODBC et les CCFM (Noter la version électronique du ruban analogique affichée au bas de l'écran, à droite)

1.14 Personnel d'entretien, techniciens et opérateurs

1.14.1 Personnel d'entretien du Département de la signalisation et des communications (S & C)

Le personnel d'entretien du Département de la signalisation et des communications (S & C) relève d'un superviseur des signaux au sein du S & C. Les employés se chargent de procéder aux essais mensuels des sites de SDV. Ils utilisent un appareil fourni par le fabricant, et appelé simulateur de fonctions, pour simuler la surchauffe d'un roulement. Le réglage de température employé pour les essais est de 135 °C au-dessus de la température ambiante. La température à partir de laquelle le SDV génère une alarme est de 180 °C au-dessus de la température ambiante. Des entrevues menées avec du personnel d'entretien du S & C ont révélé que la formation relative aux essais des sites de SDV consistait essentiellement en une formation en cours d'emploi, au cours de laquelle on regarde d'autres personnes effectuer les essais mensuels.

Les employés d'entretien du S & C répondent aussi aux appels de service au besoin. Lors de l'événement, ils avaient de la difficulté sur le terrain à identifier les problèmes des différents éléments du SDV, et plus particulièrement le DPT, et ils devaient souvent demander l'assistance de techniciens pour les réparations de nature très technique. De nombreux sites des secteurs du nord n'étaient accessibles qu'à bord de véhicules rail-route. Cette restriction avait une incidence sur la durée de retrait du service d'un site comparativement à des sites en zone urbaine, habituellement plus accessibles (p. ex. par la route).

Quand ils répondent à des appels de dépannage concernant le SDV, les employés du S & C s'efforcent avant tout de rétablir le bon fonctionnement du SDV. Comme les plaintes transmises aux employés d'entretien du S & C par les employés de l'exploitation (équipes des trains, CCF, etc.) portaient surtout sur le fait que le SDV arrêtait des trains inutilement (fausses alarmes), une des tâches courantes des employés consistait à s'assurer que le SDV cesse d'envoyer des messages d'alarme sans raison. Pour s'assurer que les réparations sur place permettaient de corriger le problème causé par un site de SDV, on en était venu à établir une pratique informelle consistant à faire passer quatre trains (qui avaient donné des indications normales à des sites précédents) devant un site sans qu'ils génèrent d'alarmes avant de certifier que le site était réparé.

1.14.2 Techniciens du S & C (au bureau et sur place)

Les techniciens du S & C qui travaillaient dans les bureaux associés au SDV étaient postés aux centres de contrôle de la circulation ferroviaire de Montréal, Toronto et Edmonton. Toutefois, ils relevaient directement d'un superviseur de la signalisation au sein du S & C.

Concernant le SDV, les techniciens de bureau du S & C étaient chargés surtout de lire et d'interpréter les rubans d'essai générés par le personnel d'entretien du S & C sur place, de consigner les appels de dépannage associés aux sites de SDV, de répartir le personnel afin d'assurer le bon fonctionnement des sites et de lire et d'interpréter les rubans d'essai générés par la voiture TEST du CN. Certains techniciens du bureau ont dit qu'ils n'avaient reçu aucune formation officielle sur l'interprétation des rubans d'essai, et qu'ils ont seulement lu l'information fournie dans les manuels et observé d'autres personnes pendant qu'elles faisaient le travail.

Les techniciens du S & C qui travaillaient sur le terrain à l'inspection et à l'entretien des sites de SDV étaient normalement affectés à des ateliers de réparation radio ou à des bureaux sur le terrain établis à des endroits stratégiques le long de l'emprise dans tout le réseau du CN. Les techniciens étaient moins nombreux que les employés d'entretien des signaux. Habituellement, un technicien de signaux couvrait le territoire de plusieurs employés d'entretien. Les techniciens du S & C se chargeaient du travail technique plus complexe, étant donné leur

formation technique plus vaste, et étaient habituellement appelés à intervenir lorsque des employés d'entretien du S & C avaient besoin d'une aide technique plus détaillée. Les techniciens du S & C relevaient d'un superviseur des signaux sur le terrain.

1.14.3 *Opérateurs des voitures TEST*

Actuellement, le CN compte deux voitures spécialisées de contrôle de l'état géométrique de la voie (voitures TEST), qui mesurent l'état de la voie ferrée. Les deux voitures TEST ont à leur bord un opérateur chargé d'assurer le bon fonctionnement de l'équipement informatisé de contrôle de l'état géométrique de la voie. Une seule de ces voitures TEST est capable de procéder à des essais dynamiques des DBC. Le dernier passage de cette voiture dans les principaux itinéraires du couloir de l'est du Canada, notamment dans la subdivision Ruel, remonte à septembre 1995. À titre expérimental, le CN a équipé une de ses voitures TEST de simulateurs de roues chaudes, mais cette modification n'a pas été fructueuse en raison de problèmes de dégagement et la technologie a été retirée en raison de dommages répétés subis pendant le service. Aucune des voitures TEST n'a été équipée pour vérifier les DPT.

Aucune autre compagnie ferroviaire canadienne n'est réputée avoir une voiture capable de faire des essais dynamiques relatifs à un aspect ou à un autre du fonctionnement des sites de SDV.

La voiture TEST est attelée à un wagon couvert bourré d'instruments, et les deux sont tirés par une locomotive affectée au service marchandises (voir la figure 20); par conséquent, la vitesse maximale de service du train TEST est limitée à la vitesse de zone permise dans la subdivision pour les trains de marchandises (habituellement 60 mi/h), aux ordres de limitation de vitesse temporaires ou permanents, ou aux autres restrictions en vigueur (p. ex. un bulletin de marche).

La vitesse maximale autorisée pour les trains de voyageurs dans les subdivisions du CN est habituellement de 70 ou de 80 mi/h, mais elle peut atteindre 100 mi/h pour les trains LRC dans les itinéraires du couloir Québec-Windsor. La vitesse maximale permise pour les trains de marchandises est habituellement de 60 mi/h, mais des trains désignés sont autorisés à rouler à 65 mi/h (p. ex. trains intermodaux rapides). Le CN a laissé savoir que, comme l'objectif principal est de contrôler les roulements des wagons de marchandises (qui représentent environ 97 p. 100 de tous les essieux), et comme les voitures affectées au service voyageurs du couloir est (qui comptent pour une grande partie de la distance parcourue par les voitures rapides de VIA) sont équipées de roulements internes et de capteurs thermiques montés à bord des voitures, l'emploi des voitures TEST répond aux besoins du point de vue statistique.

Le traitement des données par l'ordinateur de bord de la voiture TEST ralentit lorsque la voiture roule à 65 mi/h pendant des périodes prolongées. Les données ne sont pas perdues, mais leur enregistrement est seulement retardé, étant donné les délais de traitement.



1.14.4 Opérateurs de détecteurs de boîtes chaudes (ODBC)

Les ODBC sont des employés syndiqués du Groupe de l'exploitation et relèvent du gestionnaire du centre de contrôle de la circulation ferroviaire d'Edmonton. La fonction première des ODBC consiste à examiner les rubans du SDV afin d'identifier les pièces traînantes et les éventuelles boîtes chaudes, et de détecter les conditions qui pourraient indiquer un mauvais fonctionnement d'un détecteur. Avant l'introduction du CCFM, l'ODBC se chargeait aussi de faire arrêter les trains en réponse à des alarmes de roues chaudes.

La formation des ODBC consiste en une journée de cours en classe, y compris un examen, suivie d'au moins quatre jours de formation en cours d'emploi en compagnie d'un ODBC plus expérimenté. La période de formation en cours d'emploi peut être prolongée à la discrétion du superviseur. Des cours de recyclage facultatifs sont offerts aux employés qui ont suivi la formation mais qui n'ont pas occupé le poste depuis six mois. Après 12 mois passés sans occuper le poste, l'employé doit suivre le cours de recyclage, lequel peut consister en au moins une des activités suivantes : « observation » d'un opérateur expérimenté pendant quelques périodes de travail, cours en classe, et examen.

La politique de la compagnie précise que, si des instructions nouvelles, révisées ou supplémentaires sont introduites (tout dépendant de l'étendue des changements), des cours de recyclage peuvent s'avérer nécessaires pour tous les employés touchés. En ce qui a trait au logiciel Devtronics, les ODBC ont reçu des instructions sur la façon de s'en servir et ont bénéficié d'une période de transition de plusieurs mois pendant laquelle on se servait simultanément du nouveau système informatisé et du vieil ordinateur du bureau du CN. Au cours de

cette période, les ODBC ont aussi eu la possibilité de faire des recommandations fondées sur leur expérience, en vue de la mise au point du système.

1.14.5 *Contrôleurs de la circulation ferroviaire – Mécanique (CCFM)*

Les postes de CCFM sont des postes de gestion qui relèvent du directeur du Département de mécanique, Ouest. Les titulaires reçoivent une formation officielle permettant de travailler en fonction des directives d'exploitation du TP-105. Le reste de leurs compétences en lecture et en interprétation des rubans est obtenu à mesure qu'ils gagnent de l'expérience.

L'établissement des postes de CCFM a fait suite aux travaux d'un groupe d'étude qui a examiné les raisons de la rupture des roues. Dans le cadre de cette étude, on a déterminé qu'une surveillance et des mesures proactives pourraient prévenir les ruptures de roues associées au blocage des freins. Lors de l'établissement du groupe des CCFM, la mise en place de ces mesures a été réalisée grâce à une surveillance des données du DRC. À mesure que les CCFM ont gagné de l'expérience dans l'interprétation des données sur les roues chaudes, ils ont commencé à élargir leur rôle et à s'occuper davantage des données sur la surchauffe des roulements. Grâce à cet apprentissage expérientiel, combinant l'examen des rubans relatifs aux roues chaudes et à la surchauffe des roulements, ils ont élaboré des stratégies permettant de mieux faire la distinction entre une roue chaude due au blocage d'un frein et la surchauffe d'un roulement due à la rupture d'une fusée d'essieu.

En plus de ces fonctions, les CCFM s'efforçaient de réduire le nombre d'arrêts inutiles de trains en ligne.

1.15 *Fonction de détection de la surchauffe des roulements et charge de travail dans ce domaine*

1.15.1 *Fonction de détection de la surchauffe des roulements*

On utilise des critères différents pour des niveaux différents d'état des roulements et les alarmes correspondantes. Le tableau (voir la figure 21) et les sections qui suivent décrivent avec plus de détails les différents critères de déclenchement des alarmes et les critères connexes relatifs au matériel roulant et aux systèmes variés que le SDV permet de contrôler¹⁶.

État des roulements	Critères	
	Écart absolu (mm)	Écart différentiel (mm)
Alarme de danger immédiat (AWA)	17	10
Surchauffe d'un roulement (HB et HD)	15	8
Début de surchauffe d'un roulement (WB et	12	6

¹⁶ Nota : les critères contrôlés par le SDV sont différents de ceux qu'on trouve dans le TP-105. On trouvera une comparaison entre les deux à l'annexe C.

WD)		
Début de surchauffe d'un roulement (W2), impulsion à double pente correspondant à la moyenne par côté de train	basé sur une comparaison de chaque impulsion d'un côté donné d'un train et la moyenne de TOUTES les impulsions de ce côté du train	
Début de surchauffe d'un roulement (W3), impulsion à double pente correspondant à la moyenne par côté de wagon	basé sur un coefficient entre l'impulsion la plus forte enregistrée de chaque côté de chaque wagon et la moyenne du reste des impulsions de ce côté du wagon	

Figure 21 - Critères du CN en matière de surveillance de la température des roulements à rouleaux

1.15.2 Critères de déclenchement d'une alarme de danger immédiat (AWA) relative à la surchauffe d'un roulement

L'AWA a été conçu pour avertir l'équipe d'un train quand une condition dangereuse, comme la surchauffe d'un roulement, une roue chaude ou une pièce traînante, est détectée. Dans le cas de la surchauffe d'un roulement, si le DBC atteignait ou dépassait un écart absolu de 17 mm ou un écart différentiel de 10 mm d'un côté de l'essieu ou de l'autre, le SDV émettait immédiatement une tonalité double, suivie d'un ou de messages, sur la voie désignée de communication radio en attente tête-queue (avisant l'équipe de l'alarme et indiquant le numéro de l'essieu et le côté du train). Si d'autres roulements en surchauffe ou d'autres pièces traînantes étaient détectés dans le même train, les tonalités doubles étaient émises chaque fois que des défauts étaient signalés et le message final envoyé par le SDV après le passage du train indiquerait « . . . multiple alarms, repeat, multiple alarms. . . » (alarmes multiples, je répète, alarmes multiples). Le système Devtronics signalait aussi les AWA au bureau de l'ODBC et du CCFM d'Edmonton. Une fois que le train était passé au-dessus du site de SDV, un ruban pouvait être interprété (normalement par l'ODBC) et la position du roulement en surchauffe était communiquée aux membres de l'équipe du train, qui pouvaient alors procéder à une inspection du train immobilisé.

Les Instructions générales d'exploitation (IGE) du CN exigeaient qu'on arrête le train immédiatement, conformément aux règles approuvées de conduite des trains, et qu'on signale au CCF l'endroit où la locomotive était arrêtée. Le membre de l'équipe qui faisait l'inspection se rendait au wagon identifié et inspectait toutes les fusées d'essieu. Si toutes les fusées semblaient normales, il fallait inspecter les fusées d'essieu d'au moins trois wagons précédant et suivant le wagon identifié. Le membre de l'équipe devait se servir d'un crayon thermo-sensible (« tempilstik ») pour déterminer si le roulement surchauffait dangereusement¹⁷. La fusion du tempilstik était censée indiquer qu'il fallait mettre le wagon « à l'écart » pour des réparations.

En plus d'utiliser un tempilstik pour déterminer l'état d'une fusée d'essieu suspecte, il fallait procéder à une inspection visuelle pour déterminer la présence éventuelle d'autres défauts. L'examen des données relatives aux arrêts de trains du CN de 1995 à 1999 a révélé que, de 30 p. 100 à 40 p. 100 du temps, les équipes des trains ne pouvaient pas trouver un défaut quand on leur ordonnait de s'arrêter pour inspecter un wagon en particulier.

La règle 36 E.1. du *Field Manual of the A.A.R. Interchange Rules* de l'Association of American Railroads (AAR) précise que, pour s'assurer de la surchauffe d'un roulement, on doit appliquer un crayon thermo-sensible (200 °F) ou un autre appareil de mesure de la température sur l'extérieur de la bague du roulement. L'utilisation d'un tempilstik permettait de confirmer que le roulement avait surchauffé et qu'il avait fait l'objet d'une inspection visuelle au moment où le wagon avait été mis à l'écart.

1.15.3 Critères du TP-105

L'utilisation par le CN des critères du TP-105 est antérieure à son utilisation des AWA faisant appel à l'automate vocal. Par cette mesure, le CN se distingue aussi comme étant une des rares compagnies ferroviaires de l'Amérique du Nord qui tentent de recourir au jugement des opérateurs pour compléter l'utilisation de la technologie. Les critères du TP-105 incorporent un seuil plus restrictif que celui utilisé par le système d'AWA. Les opérateurs se servent de ces critères plus restrictifs pour identifier les roulements qui pourraient en être aux premières étapes de surchauffe. Les critères du TP-105 comprennent des dispositions qui permettent de faire une détection précoce des roulements dans les conditions suivantes, conditions qui seront explicitées dans la présente section :

- surchauffe d'un roulement – écart absolu
- surchauffe d'un roulement – écart différentiel
- début de surchauffe d'un roulement – écart absolu
- début de surchauffe d'un roulement – écart différentiel

Quand un roulement analysé atteignait les critères du TP-105 indiquant une surchauffe (écart absolu de 15 mm

¹⁷ Le tempilstik laisse une tache luisante et creuse quand il est appliqué sur une fusée d'essieu dont la température excède le point de fusion du tempilstik (pour ses trains de marchandises, le CN utilise un tempilstik dont le point de fusion est de 200 °F, conformément aux exigences de l'Association of American Railroads).

ou écart différentiel de 8 mm), l'ODBC recevait un ruban électronique et un message en rouge apparaissait dans une fenêtre d'état à l'écran de l'ordinateur de l'ODBC. Le SDV ne diffusait pas de message sur le terrain à moins que les critères correspondant à une AWA (qui étaient plus élevés) ne soient dépassés. Il incombait alors à l'ODBC d'examiner le ruban et de confirmer si l'on avait dépassé les critères du TP-105. Le cas échéant, l'ODBC devait entrer en contact avec l'équipe du train par l'entremise du CCF approprié, faire arrêter le train et indiquer à l'équipe la position du roulement en surchauffe dans le train, aux fins d'une inspection.

Si un début de surchauffe d'un roulement était détecté (d'après le critère du TP-105, à savoir 12 mm d'écart absolu ou 6 mm d'écart différentiel), l'opérateur recevait encore un ruban, et un message en jaune était affiché dans la fenêtre d'état. Si un début de surchauffe était détecté, l'ODBC devait comparer ce ruban avec le ruban obtenu pour le même train au poste de détection précédent. L'ODBC devait ensuite porter une attention particulière au wagon suspect lorsque ce dernier passait au-dessus des détecteurs suivants, de façon à déterminer si le roulement surchauffait, s'il maintenait sa température ou s'il refroidissait.

Le système a été conçu de telle façon que, normalement, il ne transmette aucune information portant sur les alarmes de début de surchauffe de roulements aux équipes des trains ou aux CCF.

L'examen du ruban d'un train provenant d'un site *précédent* supposait qu'on détermine la direction du train, le nombre d'essieux dans le train (pour faciliter l'identification du train au site précédent), et le numéro de l'essieu qui surchauffait. Au moyen de cette information et de la connaissance qu'il avait des itinéraires des trains et de l'aménagement de la voie, l'opérateur pouvait déterminer l'endroit où le train avait été inspecté par le SDV pour la dernière fois. La détermination du dernier site où un train a été inspecté exigeait qu'on effectue certaines fonctions à l'aide du logiciel Devtronics (recherches dans quelques « fenêtres » de l'affichage à l'écran de l'ordinateur). L'opérateur ouvrait une fenêtre montrant le site précédent et examinait l'écran d'état pour localiser un train ayant un nombre similaire d'essieux, qui était passé au-dessus du site très récemment. Il pouvait alors rappeler le ruban correspondant à ce train et l'examiner.

La méthode employée pour surveiller un train pendant qu'il passait au-dessus des détecteurs *suivants* était la même, à peu de choses près. Il s'agissait de déterminer manuellement la direction du train, puis d'ouvrir une fenêtre qui permettait de choisir le site suivant. L'opérateur configurait ensuite le système pour lui faire afficher les rubans de tous les trains qui passaient au-dessus de ce site, quelles que soient les températures détectées par les capteurs. L'ODBC devait ensuite déterminer quel ruban était associé au roulement suspect. Aucun message spécial n'était porté à l'attention du ODBC pour indiquer que le site suivant était signalé à « la demande de l'opérateur », au lieu qu'un ruban soit généré durant les opérations courantes. Un essai effectué au cours de l'enquête a révélé qu'un ODBC pouvait signaler le mauvais analyseur suivant d'un secteur lorsque des trains passent d'une subdivision à une autre, et surtout quand l'ODBC ne connaissait pas parfaitement l'aménagement de la voie et les pratiques d'acheminement en vigueur dans le secteur.

1.15.4 Moyennes par côté de wagon et par côté de train

Le logiciel Devtronics permettait aussi d'identifier deux autres types de débuts possibles de surchauffe de roulements, à partir de la moyenne par côté de wagon et de la moyenne par côté de train. L'opérateur en

prenait connaissance de la même façon que pour les débuts de surchauffe de roulements, c'est-à-dire à partir de l'écart absolu (WB) ou différentiel (WD). La seule différence avait trait au fait qu'ils étaient étiquetés W2 et W3 à l'écran d'état, plutôt que WB ou WD. Quand un début de surchauffe d'un roulement était détecté, il était classé dans un des quatre types, par ordre de gravité, en suivant l'ordre de priorité suivant : WB, WD, W2 et W3 (du plus élevé au plus bas).

Certains ODBC et CCFM ne faisaient pas de distinction entre les indications W2 ou W3 et les indications WB ou WD. Les données W2 ou W3 représentent des circonstances particulières dans lesquelles un essieu peut commencer à surchauffer, mais ne correspondent pas aux critères stricts d'écart absolu de 12 mm ou d'écart différentiel de 6 mm qui correspondent à l'indication WD. Plusieurs ODBC ont expliqué qu'ils examinaient les rubans W2 et W3 à la recherche de valeurs excédant l'écart absolu de 12 mm ou l'écart différentiel de 6 mm. Ces employés consacraient donc du temps à examiner les rubans W2 et W3 à la recherche de valeurs qui, par définition, ne pouvaient être présentes que dans des indications WB ou WD.

1.15.5 Rubans défectueux

Les ODBC et les CCFM examinaient aussi les rubans pour trouver des indications relatives au mauvais fonctionnement des détecteurs. En se basant sur leurs instructions, les ODBC et les CCFM cherchaient les anomalies suivantes pour identifier les détecteurs défectueux :

- perte de lectures sur la température ou absence de lectures sur un des deux rails (des échantillons de rubans graphiques étaient inclus au TP-105)
- absence d'indications normales concernant les roulements à rouleaux sur des trains qui possèdent cet équipement
- traces irrégulières comme des pointes de bruit et des perturbations liées aux conditions météorologiques
- ondulations (c'est-à-dire variations de tension)
- lectures très élevées dues à un mauvais étalonnage de l'analyseur
- situations où un ou plusieurs affichages défectueux (c'est-à-dire données manquantes ou corrompues) restent sur le ruban électronique après un essai de retransmission des données venant du site
- présence des alarmes suivantes : « CHK TRN LENG » ou « DO AN RXT . . . » « TOO LONG TRN »¹⁸

Lors de l'accident en question, quand le train est passé au-dessus du site de SDV de MacDuff, une alarme différentielle de début de surchauffe d'un roulement (WD) a été générée pour le 95^e essieu. L'ODBC n'a pas examiné le site où le train était passé précédemment et n'a pas non plus signalé le site suivant (Oba) pour qu'on puisse comparer les deux lectures afin de déterminer si le roulement s'échauffait progressivement. Quand

¹⁸ Ces alarmes étaient applicables à l'ancien analyseur de DBC de bureau et ne s'appliquent pas à l'actuel système Devtronics. Le renvoi à ces articles dans le TP-105 sera supprimé au moment de la prochaine mise à jour du manuel.

le train est passé au-dessus du site de SDV d'Oba, il a généré un ruban électronique indiquant des alarmes multiples, y compris des alarmes de roues chaudes, de pièces traînantes et de roulements en surchauffe au 95^e essieu ou près de cet essieu. Il y a aussi eu des signaux forfaitaires (qui peuvent indiquer l'absence de lectures sur la température) sur le rail nord après le passage du 95^e essieu, et la présence de pointes anormales sur le rail sud.

L'ODBC a dit qu'initialement, il a cru qu'il s'agissait d'un ruban défectueux. Puis, constatant l'indication de roues chaudes, il a demandé des précisions au CCFM au sujet du ruban indiquant la présence de roues chaudes. Le CCFM savait que le DPT de ce site avait été retiré du service précédemment et, à partir de l'observation qu'il faisait du ruban sur les roues chaudes et la surchauffe de roulements, il a interprété les résultats comme étant l'indication d'un « ruban défectueux ». Cette information a été relayée au CCF qui avait demandé des précisions à l'ODBC, et on a autorisé le train à poursuivre sa route.

Les deux employés avaient fait leurs évaluations indépendamment l'un de l'autre et avaient échangé peu d'information sur les résultats des analyses de rubans dont chacun avait la responsabilité. Par la suite, l'ODBC a examiné le ruban provenant du détecteur de MacDuff et a identifié le début de surchauffe du roulement du 95^e essieu. À partir de cette « nouvelle information », l'ODBC a commencé à douter qu'il s'agisse d'un « ruban défectueux ». Auparavant, l'ODBC avait connu une situation où un train avait été victime d'une SFE et avait déraillé, détruisant l'analyseur d'un côté de la voie. Le ruban de sortie qu'on avait obtenu lors de cet accident était similaire à celui obtenu à Oba lors de l'accident à l'étude. Incapable de convaincre le CCFM de ses préoccupations, l'ODBC a fait plusieurs appels au CCF et au personnel du S & C à Toronto pour faire confirmer ses craintes quant à l'état du train. C'est pendant cet échange d'information que les freins d'urgence du train se sont déclenchés.

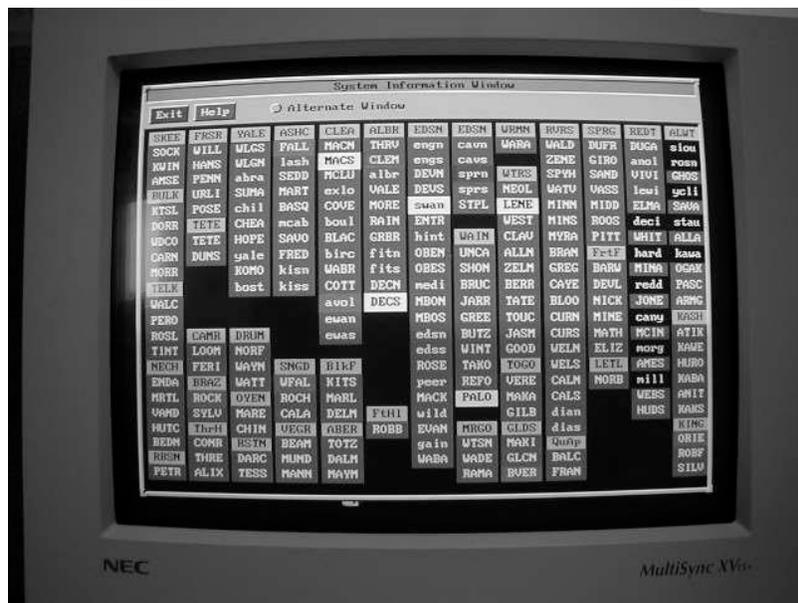
1.15.6 Charge de travail

Pendant une journée moyenne, il y avait environ 6 200 inspections de sites de SDV (une analyse de train complet par inspection de site de SDV) au cours d'une période de 24 heures. Dans à peu près 1 100 de ces événements, l'ODBC devait faire une inspection visuelle d'un « ruban » présenté à l'écran et confirmer qu'il l'avait faite. En moyenne au cours d'une journée, cela équivalait à examiner 45 rubans à l'heure, soit à un peu plus d'un ruban à inspecter et à confirmer chaque minute pendant les périodes de pointe de circulation. Il fallait de 5 à

10 secondes pour effectuer chacune de ces inspections. Pour les rubans qui répondaient aux critères WB, l'ODBC devait aussi faire des recherches sur les lectures précédentes pour le train et surveiller les lectures futures, ce qui pouvait prendre de 10 à 15 secondes supplémentaires. Les ODBC ont laissé savoir qu'en moyenne, ils devaient procéder de la sorte une dizaine de fois par quart de travail.

Dans le mois qui a précédé l'accident, le bureau d'Edmonton s'est vu confier la responsabilité de surveiller les sites dont la surveillance était auparavant assurée par Toronto et Montréal. Le nombre de sites dont le bureau d'Edmonton devait s'occuper a augmenté, passant d'environ 200 à 400. La gestion a indiqué que, pendant une période précédant la centralisation des données du SDV, les CCFM ont essayé de surveiller et de suivre les trains qui montraient des signes de rupture potentielle de roulements. Au cours de cette période d'essai, ils ont constaté qu'il était très difficile d'accomplir cette tâche tout en s'acquittant de leurs autres fonctions.

La figure 22 montre l'affichage d'un des trois moniteurs du bureau d'Edmonton, sur lequel on peut consulter l'état des données provenant des sites de SDV. Chaque boîte rectangulaire représente un site de SDV, et cet écran permet d'en surveiller près de 200 au total. Des couleurs différentes sont utilisées pour donner des renseignements sur chaque site, p. ex. analyse en cours, site en réparation ou perte de la communication des données.



Les responsabilités des CCFM comprenaient la surveillance des détecteurs de défauts de roues (DDR), qui identifient les wagons excédant certains seuils de défauts de roues. Cette surveillance consistait notamment à gérer le système dit des deux prises, par lequel les wagons qui ont été visés par deux détections du système de DDR au cours d'une période de 30 jours doivent faire l'objet d'un contrôle. Au cours des mois de pointe de l'hiver, soit janvier et février, au cours desquels le nombre d'alarmes de DDR est beaucoup plus élevé, les CCFM peuvent traiter de 2 000 à 3 000 messages de DDR chaque mois. Ce nombre diminue à quelques

centaines par mois pendant le reste de l'année.

Les CCFM tenaient des bases de données sur des sujets comme les arrêts de trains, les séparations de la conduite générale en ligne et les wagons mis à l'écart pour quelque raison que ce soit. Ces tâches s'ajoutaient à leurs fonctions consistant à surveiller les roues chaudes ou à aider les ODBC à surveiller la surchauffe des roulements à rouleaux et les pièces traînantes. Ils étaient aussi les points de contact pour le Département de mécanique lorsque des déraillements survenaient et étaient une ressource que les équipes des trains et les CCF pouvaient consulter au sujet d'autres questions de mécanique. La saison la plus occupée pour les CCFM s'étendait normalement de la mi-décembre à la fin mars.

1.15.7 Source des roulements mis à l'écart en 1999

Un examen de 130 wagons qui ont été mis à l'écart de trains du CN en 1999 pour cause de surchauffe de roulements a révélé que :

- 51 étaient affectés par une surchauffe de roulements détectée par l'AWA;
- 14 étaient affectés par une surchauffe de roulements correspondant aux critères du TP-105;
- 65 étaient affectés par une surchauffe de roulements déterminée par l'ODBC / le CCFM.

Le CN a laissé savoir que le pourcentage de surchauffe de roulements identifiée par les CCFM et les ODBC dans les données susmentionnées est plus élevé que d'habitude et que, pour 316 mises à l'écart en 1999, 106 (soit environ 33 p. 100) ont fait suite à des jugements portés par les CCFM et les ODBC.

1.16 Examen des pièces des essieux

Les pièces récupérées de l'essieu rompu du wagon CN 604697 ont été examinées (voir l'annexe E), de même qu'un essieu monté provenant du bout non déraillé du même wagon. En raison des dommages causés aux pièces de l'essieu près de la rupture de la fusée d'essieu, il a été impossible de procéder à un examen détaillé¹⁹.

On a examiné le roulement du côté opposé de l'essieu rompu en sectionnant la plaque de blocage et les cages du roulement. Des signes de durcissement localisé du métal (appelé « brinelling » en anglais)²⁰ ont été observés sur le chemin de roulement extérieur de la plaque de blocage, près des marques d'impact secondaire relevées sur sa surface extérieure. Il y avait beaucoup moins de graisse sur le cône intérieur que sur le cône extérieur. Les rouleaux et les cages étaient en bon état. Les cônes étaient en bon état, si ce n'est de l'oxydation

¹⁹ Il est difficile d'analyser les ruptures de roulements, étant donné qu'elles occasionnent souvent la destruction d'un grand nombre de pièces.

²⁰ Le terme « brinelling » est utilisé pour décrire la dureté d'un métal. Il porte le nom du métallurgiste suédois qui a conçu l'essai de dureté Brinell — une façon rapide et non destructrice de déterminer la dureté d'un métal.

secondaire du chemin de roulement du cône extérieur, près de la zone de choc de la plaque de blocage. Les joints étanches avant et arrière semblaient être en bon état de fonctionnement.

L'examen de l'essieu monté qui n'a pas déraillé a révélé que les deux roulements étaient en bon état.

L'examen des roues des deux essieux a révélé qu'elles étaient conformes aux spécifications.

On n'a relevé aucun signe de dommages antérieurs sur les pièces internes du roulement à rouleaux R-3, dommages qui auraient pu être causés à cet essieu monté lors de la collision survenue à Jasper (voir la section 1.12.2).

1.17 *Gestion et supervision*

1.17.1 *Information de base*

Le travail des CCFM et des ODBC était réalisé par un nombre relativement peu élevé de personnes (au minimum deux par quart de travail) et se faisait « à longueur de journée ». Leur travail avait évolué au cours des années avec l'installation d'autres équipements technologiques en bordure des voies, comme des lecteurs d'identification automatique du matériel roulant, les DDR et les détecteurs de roues froides. Les CCFM et les ODBC cherchaient continuellement des façons de mieux utiliser les données disponibles afin d'améliorer la sécurité ferroviaire. Les bureaux où ils travaillaient étaient adjacents au centre de contrôle de la circulation ferroviaire d'Edmonton.

Le superviseur des ODBC était posté dans le même immeuble, de sorte qu'il pouvait fréquemment superviser directement les ODBC. Le superviseur des CCFM était posté dans un autre immeuble situé à plusieurs milles de leur bureau.

1.17.2 *Responsabilités et rapports hiérarchiques au bureau du SDV d'Edmonton*

Le rôle des CCFM ayant évolué pour inclure l'examen attentif des rubans de boîtes chaudes, la gestion a constaté qu'il y avait des problèmes évidents relativement aux rapports entre les CCFM et les ODBC. Il y a eu des discussions pour déterminer si les ODBC devaient relever directement des CCFM. Toutefois, cette structure hiérarchique n'a pas été officialisée. Compte tenu de l'expansion des rôles des CCFM, la gestion s'est interrogée sur la pertinence de conserver les deux postes (ODBC et CCFM), et les intéressés ont discuté des façons d'améliorer l'efficacité dans ce domaine.

Dans l'année qui a précédé l'accident, le syndicat a exigé que la compagnie ferroviaire maintienne les postes d'ODBC. Lors de réunions subséquentes, le point de vue du syndicat a été accepté. En raison des perfectionnements technologiques (p. ex. le logiciel Devtronics), il a été décidé en 1999 de réduire les activités relatives aux ODBC et aux CCFM et de les centraliser au centre de contrôle de la circulation ferroviaire d'Edmonton. Dès lors, les données du SDV (et du DDR) de l'ensemble du Canada (à l'exception des données de quelques sites de SDV autonomes, surtout au Manitoba) ont été acheminées vers ce centre. À ce moment, on n'a pas délimité davantage la structure hiérarchique des CCFM et des ODBC.

Les gestionnaires responsables des CCFM croyaient que leur personnel était responsable de tous les aspects du travail au bureau d'Edmonton, y compris de la détermination finale de la signification des données, notamment des rubans sur la surchauffe de roulements. Par contre, les gestionnaires de l'exploitation ont affirmé que les ODBC avaient une autonomie complète quant aux applications relatives aux critères du TP-105 (détection des pièces traînantes et des roulements en surchauffe), et que les CCFM avaient la responsabilité complète quant aux sites de détection de roues chaudes et de roues froides et aux sites de DDR.

1.17.3 Gestion de la qualité

Le S & C du CN avait un Groupe de contrôle de la qualité dont la fonction consistait notamment à effectuer certains des essais périodiques demandés par le S & C. Le Groupe de contrôle de la qualité n'a pas fait une vérification continue de la qualité des activités d'installation, d'entretien ou d'essai des éléments du SDV. Le superviseur local du S & C devait s'assurer que les essais voulus étaient effectués et prendre les mesures d'application voulues. En 1995, le CN a formé une équipe d'action en matière de qualité, qui devait élaborer des « pratiques recommandées » visant à assurer un étalonnage approprié des dispositifs du SDV dans l'ensemble du réseau. L'information découlant des efforts de cette équipe a été largement diffusée dans le S & C.

Au cours de son enquête, le BST a examiné plusieurs configurations (p. ex. Servo ou Sentry; DPT à palettes ou électronique; avec ou sans DRC) du SDV dans cinq subdivisions du CN au Canada. Des écarts ont été relevés entre les procédures et les méthodes locales et dans les connaissances que le personnel du S & C avait au sujet des systèmes. Ces écarts sont résumés ci-après :

Procédures :

- emploi de formulaires non uniformisés pour consigner des activités d'entretien similaires (p. ex. vérifications mensuelles);
- variations dans les instructions transmises au personnel du S & C suivant les régions.

Méthodes :

- augmentation ou réduction de la température de départ pour obtenir la lecture de sortie appropriée, plutôt que d'étalonner l'appareil convenablement;
- emploi de techniques différentes pour le simulateur de fonctions (surchauffer le volant régulateur et adapter la température du simulateur avant et pendant son emploi; p. ex., éviter de l'exposer à la chaleur directe du soleil et le placer à l'ombre ou le retirer de son logement pendant l'hiver et le placer dans un lieu chauffé avant de s'en servir);
- emploi d'outils différents (p. ex. thermomètres, marteaux pour faire les essais des DPT, et emploi de produits nettoyants en aérosol);

- écarts dans la séquence des essais d'un site à un autre (p. ex. nombre de DPT mis à l'essai, ordre des détecteurs mis à l'essai et nombre d'accéléromètres mis à l'essai);
- acceptation de seuils d'essai différents par les techniciens du S & C du bureau.

Connaissance des systèmes :

- certains employés d'entretien du S & C avaient des critères différents pour déterminer si un résultat était acceptable;
- on a fait des essais répétés dans un site avec le même simulateur de fonctions jusqu'à ce qu'un ruban donnant des résultats acceptables soit produit (étalonnage);
- il était impossible de vérifier l'étalonnage du simulateur de fonctions immédiatement avant l'essai.

On a signalé qu'en raison de la variabilité des procédures et des méthodes, les résultats obtenus pour une donnée de départ ont différencié d'un site à un autre. Le BST a examiné des rubans de sortie générés par une voiture TEST du CN et a remarqué que, pour des valeurs de chaleur contrôlées et consignées par ordinateur, on obtenait des valeurs de sortie différentes d'un site à un autre. On a remarqué qu'un grand nombre des écarts tendaient vers une sur-sensibilité du système (c'est-à-dire qu'un roulement est identifié comme étant en surchauffe alors que sa température réelle est inférieure à la valeur seuil).

On ne faisait pas un examen à l'échelle nationale des données des voitures TEST pour avoir un aperçu des performances des sites de SDV. Les opérateurs des voitures TEST ne pouvaient qu'écouter pour détecter des alarmes sonores indiquant le dépassement de la valeur seuil. Ils ne recevaient pas de rétroaction immédiate en termes de résultats provenant du site de SDV.

On a relevé des irrégularités dans les manuels variés fournis aux différents groupes d'utilisateurs. Par exemple, le manuel TP-105 renfermait de l'information sur les différents critères qu'on devait appliquer aux différents types de matériel roulant ou de roulements (locomotives, voitures pour voyageurs, roulements lisses); pourtant, le système ne donnait pas d'indications aux opérateurs censés appliquer les critères en question. Certains manuels de référence précisaient des critères différents relativement à des articles ou à des conditions identiques. L'annexe C présente une comparaison de sujets choisis dans certains des manuels les plus courants qui sont mis à la disposition des différents groupes d'utilisateurs.

Certains manuels de formation n'avaient pas été révisés depuis quatre ou cinq ans et ne renfermaient aucune information sur certaines des technologies les plus récentes ajoutées à leur système, notamment le logiciel Devtronics.

Le manuel TP-105 décrivait un certain nombre de situations dans lesquelles on pouvait juger qu'un ruban était « défectueux », p. ex. un ruban qui perd les lectures de chaleur sur un des rails ou sur les deux rails devait être considéré comme étant défectueux. Il n'y avait aucune mention

dans le manuel quant à l'aspect du ruban de sortie lorsqu'un détecteur était endommagé, probablement par suite du déraillement d'un wagon, pendant qu'un train passait au-dessus d'un site de SDV.

1.18 *Surveillance réglementaire*

L'Association des chemins de fer du Canada (ACFC), au nom de ses compagnies membres, a déposé le Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REF) auprès de Transports Canada pour le faire approuver aux termes de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*. Le règlement a été approuvé par le ministre des Transports le 16 janvier 1990 en vertu de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* et s'applique aux compagnies ferroviaires assujetties à la réglementation fédérale et aux compagnies ferroviaires de compétence fédérale. Aux termes de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, ce règlement a un caractère réglementaire.

Les règles 110 et 111 du REF disent notamment (citation des portions pertinentes) :

110. SURVEILLANCE DES TRAINS QUI PASSENT

- (a) Lorsque leurs obligations et le terrain le permettent, au moins deux membres de l'équipe d'un train à l'arrêt, et les autres employés se trouvant le long de la voie, doivent se poster au sol des deux côtés de la voie pour surveiller l'état du matériel roulant des trains qui passent. Durant cette surveillance, le mécanicien du train à l'arrêt observera le côté le plus rapproché du train passant. Si du personnel de voie est sur place, au moins deux de ses membres doivent surveiller le train qui passe.

EXCEPTION : Les membres de l'équipe d'un train voyageurs sont dispensés des obligations qui précèdent, sauf lorsque leur train est à l'arrêt à un point de croisement en voie simple. Cependant, lorsqu'une anomalie dangereuse est découverte, on ne doit ménager aucun effort pour arrêter le train.

111. INSPECTION DU TRAIN

- (a) Avant le départ et chaque fois qu'elle en a l'occasion par la suite, l'équipe du train ou de la locomotive doit s'assurer que son matériel roulant est en bon état. En outre, elle doit examiner avec un soin particulier tout matériel roulant ajouté au train en cours de route pour s'assurer qu'il est en bon état.
- (b) Lorsque les membres d'une équipe sont postés à l'arrière d'un train en marche, ils doivent observer fréquemment la voie derrière eux pour déceler tout signe de pièce traînante ou de matériel roulant déraillé.
- (c) Tous les membres de l'équipe d'un train en mouvement doivent observer fréquemment les deux côtés de leur convoi pour s'assurer que tout est en ordre.

Avant que des trains sans fourgon de queue ne commencent à rouler au Canada en 1987, la Commission canadienne des transports a mené une vaste étude sur l'exploitation des chemins de fer, qui comprenait des « essais destinés à vérifier la fiabilité du moniteur de queue et des dispositifs connexes et à apprécier les risques que comporte l'exploitation des trains sans équipe de queue. . . . »²¹ L'étude a été suivie d'une ordonnance (R-41300) que le Comité des transports par chemin de fer a rendue à l'intention du CN et du CFCP le 14 décembre 1987, dans laquelle on exigeait que certaines conditions de sécurité soient respectées avant que les trains sans fourgon de queue commencent à circuler. Cette ordonnance a été incluse à un manuel intitulé *Décision concernant l'exploitation des trains sans fourgon de queue par la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada et Canadien Pacifique Limitée*. L'ordonnance comprenait 38 clauses auxquelles le CN et le CFCP devaient se conformer pour être autorisés à faire rouler des trains sans fourgon de queue. Certaines de ces clauses, qui ont trait à l'événement à l'étude, sont citées ci-après :

- 1.3 Un train sans fourgon de queue ne peut être exploité sur une distance de plus de 60 milles sans avoir passé un détecteur de boîtes chaudes et de pièces traînantes opérationnel ou sans avoir été inspecté de chaque côté par les employés mentionnés à l'article 1.11²² ou sans avoir été arrêté et inspecté.
- 1.4 Avant la mise en circulation d'un train sans fourgon de queue, tous les détecteurs de boîtes chaudes et de pièces traînantes aux points de contrôle d'entrée doivent être munis de détecteurs de roues chaudes.
- 1.22 À l'arrivée à un point de relève d'équipe, deux membres de l'équipe du train sans fourgon de queue entrant doivent se placer de part et d'autre de la voie sur laquelle le train circule et inspecter celui-ci pendant qu'il quitte le point de relève pour déceler les défauts et les conditions dangereuses. Dès la fin de l'inspection, ils doivent faire rapport par radio à l'équipe du train sortant de toute défectuosité ou condition dangereuse relevée.

²¹ Commission canadienne des transports, Comité des transports par chemin de fer, *Décision concernant l'exploitation des trains sans fourgon de queue par la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada et Canadien Pacifique Limitée*, décembre 1987, page 223.

²² L'article 1.11 énumère les employés qui pourraient être appelés à inspecter les trains qui passent et précise que ces employés devaient avoir en main ou à portée de la main une radio portative bidirectionnelle qui fonctionne et qui permet au CN ou au CFCP de communiquer avec l'équipe du train qui passe.

En 1994, dans une étude sur l'ordonnance R-41300, l'ACFC a répertorié les instructions que le CN et le CFCP avaient mises en place pour se conformer à chacune des exigences de l'ordonnance. Certaines des exigences avaient été mises en application, d'autres avaient fait l'objet d'IGE publiées par les compagnies, tandis que d'autres exigences avaient été révoquées. Les IGE sont des instructions que les compagnies ferroviaires publient à l'intention de leurs employés et dans lesquelles elles donnent des directives sur la marche à suivre à l'interne. Ces instructions ne sont pas présentées ou approuvées par l'organisme de réglementation, et les compagnies ferroviaires peuvent les retirer de leurs manuels d'exploitation sans en aviser l'organisme de réglementation.

Par suite de cet examen par l'ACFC, on a considéré que tous les aspects de l'ordonnance étaient traités dans les documents internes des compagnies ferroviaires et dans les conventions collectives ou qu'ils avaient été remplacés par des règles approuvées par le Ministère (comme le *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises*, le *Règlement sur les freins des trains de marchandises et de passagers*, ou le REF). Transports Canada s'est dit satisfait du niveau de sécurité révélé dans l'analyse de l'ACFC et a révoqué l'ordonnance R-41300 le 11 août 1995. Des dispositions ont été conservées au sujet des inspections aux points de relève d'équipes (disposition 1.22 dans l'ordonnance originale) et de l'obligation d'équiper les trains d'un système de contrôle de queue de train (disposition 1.1 de l'ordonnance originale). Les compagnies ferroviaires ne doivent se conformer à aucune directive réglementaire minimale concernant l'installation, l'inspection, l'étalonnage, les niveaux d'alarme et la gestion de la qualité relatifs au SDV. Il n'existe pas de réglementation qui oblige les compagnies ferroviaires de compétence fédérale à être équipées du SDV ou de tout autre système de détection en voie.

Transports Canada n'avait pas de programme de surveillance ou de vérification des SDV qui aurait permis de veiller à leur bon fonctionnement et de s'assurer qu'ils font l'objet d'essais, de réglages / d'étalonnages visant à assurer un fonctionnement sûr et continu²³. Dans le cadre du programme national de Transports Canada concernant la signalisation, certains inspecteurs régionaux de Transports Canada ont contrôlé certains des sites de SDV à la recherche de signes évidents de dommages causés par une pièce traînante qui aurait heurté une pièce du SDV. Le nombre des sites qui devaient être inspectés de la sorte était laissé à la discrétion de chaque région. Normalement, l'inspecteur de Transports Canada était accompagné d'un employé d'entretien du S & C de la compagnie, qui s'occupait notamment de consigner les lectures de voltage. Certains inspecteurs de Transports Canada se servaient d'un formulaire pour consigner leurs constatations; ce formulaire les amenait à vérifier surtout l'apparence des pièces, et non pas à faire des essais pour déterminer si les dispositifs répondaient à des normes pré-approuvées de la compagnie ou du fabricant.

1.19 Observations des SDV dans d'autres compagnies ferroviaires canadiennes

Les enquêteurs du BST ont visité un certain nombre de sites de SDV à la grandeur du Canada, en compagnie

²³ À une lettre du BST demandant des renseignements sur les DBC, Transports Canada a répondu qu'à l'heure actuelle, il n'y a à Transports Canada aucune législation relative aux DBC, et qu'il n'y a pas non plus de programme national de vérification et de surveillance des DBC. Transports Canada a aussi dit qu'il ne publie pas de directives spécifiques à l'industrie ferroviaire au sujet de cette question.

d'employés des chemins de fer (notamment des sites de SDV situés au Québec, en Ontario et en Alberta). En plus des installations du CN, les inspecteurs ont visité celles du CFCP, de VIA et du Chemin de fer du littoral nord de Québec et du Labrador (QNS&L). Après avoir examiné les différentes installations des SDV, il est devenu évident qu'il y avait des différences dans la protection assurée par chaque compagnie ferroviaire contre la surchauffe des roulements. Il y avait aussi un grand nombre d'endroits au Canada où il n'y avait aucune protection par DBC. Dans certaines de ces subdivisions, la circulation ferroviaire se composait de trains réguliers de voyageurs ou de convois réguliers de marchandises dangereuses, ou des deux. Dans d'autres subdivisions équipées de DBC, l'espacement des postes de détection était supérieur à 25 milles. Les tableaux des annexes D et E montrent certains de ces sites et comparent aussi certains des différents critères qui ont été observés.

2.0 Analyse

Quand on a inspecté le matériel roulant déraillé après l'accident, on a relevé une SFE de la roue n° 3 du wagon CN 604697. La façon dont les SFE se produisent est bien connue dans l'industrie ferroviaire. Quand le roulement à rouleaux de la position L-3 a surchauffé et a grippé, l'essieu a quitté son logement, ce qui a causé un amincissement de la section transversale. À force de s'amincir, l'essieu surchauffé n'a plus été en mesure de supporter le poids du wagon chargé et s'est rompu complètement. Les marques relevées sur la voie ferrée indiquent que l'endroit où la traverse danseuse du wagon a heurté la voie par suite de la rupture de l'essieu était à environ 200 pieds avant le site de SDV du point milliaire 255,1. Le train déraillé a continué sa route et a endommagé le DBC à cet endroit quand il est passé au-dessus. Le déraillement principal s'est produit à la hauteur de l'aiguillage est de Neswabin, environ sept milles plus loin.

L'analyse portera sur la rupture du roulement à rouleaux, sur les inspections visant à prévenir la rupture des roulements à rouleaux (inspections matérielles et inspections faisant appel à des moyens électroniques), sur les questions connexes relatives à la gestion et à la supervision, ainsi que sur la surveillance réglementaire.

La réaction des membres de l'équipe du train à l'information transmise par le site de SDV du point milliaire 255,2, près d'Oba, a été influencée par l'expérience qu'ils avaient vécue lorsqu'ils étaient passés à cet endroit lors de leur parcours précédent. (Pendant la soirée qui a précédé l'accident, les membres de l'équipe avaient été arrêtés par un signal sonore d'alarme de pièce traînante, et ils avaient inspecté le train à pied sur toute sa longueur sans rien trouver d'anormal. Par la suite, le DPT a été retiré du service, même si l'automate vocal continuait d'émettre des messages au sujet de pièces traînantes quand il était activé à l'intention des équipes des trains qui passaient.)

Le jour de l'accident, comme le train passait au-dessus du site de SDV à Oba, les membres de l'équipe ont reçu de l'automate vocal un message d'avertissement qui disait « dragging equipment, dragging equipment, multiple alarms, multiple alarms » (pièces traînantes, pièces traînantes, alarmes multiples, alarmes multiples). Les indications de surchauffe de roulements et de roues chaudes ont été immédiatement identifiées par des signaux sonores répétitifs et similaires, conformément à la conception du système, pendant que le train passait au-dessus du détecteur. D'après l'information fournie, l'équipe a déduit que les alarmes multiples avaient trait à la fonction de détection des pièces traînantes du SDV, plutôt qu'à une variété de problèmes, notamment la surchauffe d'un roulement.

Les membres de l'équipe ont cru qu'il n'y avait aucune pièce traînante dans leur train, et ont considéré que l'information transmise par le SDV était inexacte, étant donné que :

- l'équipe avait eu des problèmes la nuit précédente avec le même DPT;
- l'équipe croyait que le DPT ne fonctionnait pas bien;
- l'équipe savait que le train avait été inspecté par tous les éléments du SDV à deux sites précédents (Shekak et MacDuff) et croyait que ces inspections n'avaient relevé aucune anomalie;
- le train avait fait l'objet de trois inspections distinctes en bordure de voie, en cours de route vers Oba.

Les membres de l'équipe ont communiqué avec le CCF pour l'informer qu'ils s'arrêtaient à cause de l'alarme transmise par le SDV, conformément aux instructions, et pour l'aviser des problèmes qu'ils avaient eus avec le DPT au même endroit lors du parcours précédent.

Le CCF savait que le DPT à cet endroit avait été retiré du service, et l'équipe du train n'avait pas signalé de problèmes d'exploitation antérieurs depuis le départ de Hornepayne. Il a offert de communiquer avec le bureau de l'ODBC à Edmonton pour obtenir son avis. L'équipe du train et le CCF ignoraient qu'au moment du passage du train au site de SDV de MacDuff, le train avait déclenché une alarme « jaune » (début de surchauffe d'un roulement) à l'écran Devtronics, pour la même partie du train (autour du 95^e essieu), car cette information ne leur a pas été fournie.

À Edmonton, on n'a pas suivi le protocole de la compagnie, établi d'après le TP-105 (exigeant que les wagons affectés par un début de surchauffe d'un roulement fassent l'objet d'un suivi et d'inspections ultérieures). Par conséquent, les employés d'Edmonton ont examiné isolément les données provenant du site d'Oba et ont pris des décisions sans disposer des résultats de l'analyse précédente faite à MacDuff, à quelque 13,6 milles en amont. N'ayant pas les données antérieures à sa disposition, et parce que le CCFM n'a pas identifié le ruban de sortie du SDV comme ayant été produit par un analyseur endommagé par suite du déraillement d'un wagon, le CCFM a conclu erronément que le ruban était défectueux. La décision du CCFM a été acceptée, étant donné le rapport hiérarchique apparent entre le CCFM et l'ODBC.

Pendant les programmes de formation de la compagnie, les employés n'ont pas appris comment identifier ou reconnaître un ruban indiquant un site endommagé par un wagon déraillé. De même, le manuel de l'utilisateur ne contenait pas d'instructions sur les mesures spécifiques que les employés devaient prendre pour traiter un résultat anormal consécutif à une lecture de début de surchauffe. Les exemples graphiques du manuel, montrant un motif similaire à celui du ruban identifié comme étant défectueux à Oba, n'ont fait que renforcer l'appréciation initiale du CCFM. Sachant que la lecture « défectueuse » avait commencé dans la partie du train où le début de surchauffe avait été signalé précédemment, un opérateur expérimenté pourrait faire le recouplement (comme l'a fait ensuite l'ODBC), et conclure que les deux éléments dénotaient un même problème de sécurité.

2.1 Roulement à rouleaux

À cause de l'étendue des dommages, il a été impossible de déterminer la nature de la rupture qui a provoqué la surchauffe du roulement à rouleaux. Le poids du wagon chargé était en-deçà des limites autorisées et la charge était répartie également sur toute la longueur de la caisse du wagon. Par conséquent, la charge unitaire était répartie uniformément et ne saurait être mise en cause pour expliquer la surchauffe.

La roue avait parcouru moins que la moitié du nombre de milles qu'un roulement à rouleaux remis en état serait censé parcourir avant d'être remplacé. Par conséquent, la distance parcourue par l'essieu monté n'était pas considérée comme un facteur de risque important.

L'état du wagon au moment de l'examen fait après l'accident (à savoir absence de graisse dans le faux-châssis immédiatement au-dessus du roulement à rouleaux) indique qu'il n'y avait pas de signes évidents de problèmes de roulements qui auraient dû être relevés lors d'inspections de sécurité ou d'inspections faites par des employés en bordure de la voie au cours du trajet du wagon. Cela a été étayé par le fait que le wagon avait fait l'objet d'inspections de sécurité des roulements à rouleaux qui n'avaient pas révélé d'anomalies à plusieurs sites de SDV entre le point d'origine du wagon, à Prince George, et Neswabin.

L'enquête n'a pas permis de déterminer l'effet que la collision antérieure de Jasper a pu avoir sur le fonctionnement du roulement L-3 du wagon CN 604697. Il est possible, bien que peu probable, que lors de la collision de Jasper, le roulement ait subi des dommages qui ont hâté sa rupture ultérieure, étant donné les facteurs suivants :

- l'inspection des roulements opposés du même wagon, qui a révélé un état satisfaisant;
- le fait que les autres essieux montés des wagons en cause dans la collision de Jasper n'aient pas eu de problèmes;
- la distance à laquelle le wagon CN 604697 se trouvait par rapport à l'avant du train de Jasper.

2.2 Inspections

2.2.1 Surveillance électronique

La rupture d'un essieu et le déraillement qui s'ensuit peuvent survenir si des problèmes imminents affectant les roulements des essieux ne sont pas détectés. La surveillance électronique, que ce soit au moyen de systèmes de détection en voie ou de dispositifs de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu, peut réduire les risques de rupture catastrophique d'essieux due à des roulements défectueux. Toutefois, il existe au Canada du matériel roulant qui ne peut être surveillé électroniquement de façon fiable à l'aide des analyseurs en bordure de voie. Il a été noté que :

- la plupart des locomotives, notamment celles qu'on affecte au service voyageurs au Canada, ne sont pas équipées de dispositifs de bord de DBC;
- 25 p. 100 des voitures pour voyageurs affectées au couloir Québec-Windsor et toutes les voitures

en acier inoxydable affectées au service transcontinental ont des paliers d'essieu extérieurs et n'ont pas de dispositifs de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu;

- certain matériel roulant, p. ex. des wagons de marchandises, des voitures et des locomotives spécialement équipés, n'est pas toujours analysé avec exactitude par les DBC montés en bordure de la voie (en raison de la présence entre le roulement et l'analyseur de pièces mécaniques qui peuvent cacher le roulement). Certaines de ces dernières locomotives sont affectées à des trains de voyageurs à grande vitesse et roulent régulièrement à des vitesses atteignant 95 mi/h.

L'expérience a démontré que la conception des paliers d'essieu des voitures et des locomotives, combinée à la fréquence relativement élevée des inspections régulières, peut réduire le nombre des ruptures de roulements. Bien que les réseaux de détecteurs de la compagnie aient détecté la surchauffe de paliers d'essieu munis de roulements à rouleaux sur des voitures pour voyageurs et des locomotives, le système est conçu pour faire une analyse optimale des bogies de wagons pour marchandises conventionnels. En d'autres mots, la variété des modèles et des boîtiers de roulements influe sur les résultats des analyses thermiques, certains roulements donnant des lectures très inférieures à la réalité, et parfois même des lectures nulles. La sécurité ferroviaire est tributaire d'une analyse uniforme et exacte de la température réelle des roulements. Étant donné que le SDV ne peut pas analyser avec fiabilité les différents roulements en usage, on ne peut pas considérer qu'il est un moyen de protection fiable contre toutes les déficiences susceptibles d'affecter les roulements.

2.2.2 *Inspections matérielles*

Dans les secteurs où les moyens de surveillance électronique ne sont pas disponibles, on s'en remet aux inspections matérielles pour détecter les roulements défectueux avant qu'ils ne causent la rupture complète d'un essieu. Bien qu'il soit inutile d'insister sur les mérites des inspections faites par des inspecteurs de wagons autorisés, la capacité d'atteindre cet objectif est limitée par plusieurs facteurs :

- Il est impossible de déterminer avec fiabilité l'état des pièces internes des roulements en inspectant les parties visibles des pièces externes (p. ex. bague extérieure, retenues de graisse, bague de blocage et plaque de blocage). En outre, certaines pièces externes ne sont pas bien en vue (p. ex. paliers d'essieu des locomotives). Les pièces externes sont de mauvais indicateurs de l'état des pièces internes.
- Les inspections de sécurité effectuées sur des wagons immobilisés dans les terminus de départ principaux, surtout lorsque les wagons sont immobilisés depuis plusieurs heures et que la température des roulements est voisine de la température ambiante, ne facilitent pas l'identification des roulements dont le rendement laisse à désirer. De même, pendant ces inspections à l'arrêt, il est impossible de prédire les performances futures des roulements. L'annexe D montre qu'il y a de nombreux endroits (dont la majorité sont des secteurs à faible densité de circulation) dépourvus de DBC; or, les compagnies ferroviaires dépendent en grande partie de cette capacité limitée d'inspection matérielle pour assurer la sécurité de leurs opérations.
- Une fois un train en mouvement, on ne procède pas toujours aux inspections en bordure de la voie

des deux côtés du train, comme cet accident le démontre. Les trois équipes de trains qui ont croisé le train 304 entre Hornepayne et Neswabin ont toutes inspecté le train du côté nord seulement et n'ont pas détecté de surchauffe de roulements du côté sud du wagon CN 604697. Quand les inspections en bordure de la voie sont faites des deux côtés du train, un palier d'essieu qui en est encore aux étapes initiales de la rupture est peu susceptible d'être détecté tant que des signes évidents de surchauffe (fumée, feu ou bruit inhabituel) ne se manifestent pas.

- Pendant une inspection matérielle, un tempilstik ne peut pas toujours aider à identifier des roulements qui en sont aux premières étapes de surchauffe, comme nous allons le voir plus loin.

2.2.3 *Tempilstik*

Comme les équipes des trains ont relativement peu de connaissances techniques permettant d'identifier les roulements en surchauffe, elles doivent fréquemment porter des jugements qui débordent le cadre de leurs connaissances. À moins que le mauvais état des pièces ne soit passablement évident, cette tâche peut représenter un défi de taille, même pour une personne qui possède des connaissances plus poussées en mécanique. Pour cette raison, les équipes de trains du CN se servent normalement d'un outil approuvé par l'AAR, le tempilstik, pour déterminer si un roulement est en surchauffe. Cet instrument ne semble pas bien convenir à la tâche. Fréquemment, les équipes des trains sont avisées que le wagon à inspecter se trouve à une distance considérable (derrière les locomotives), parfois à plus d'un mille. Après avoir reçu une alarme, il faut du temps pour immobiliser le train, déterminer avec le CCF quel wagon doit être inspecté et revêtir les vêtements appropriés lorsqu'il faut s'acquitter de cette tâche en hiver. Dans l'intervalle, un roulement qui en est aux premières étapes d'une surchauffe peut refroidir et revenir à une température plus basse que le point de fusion du tempilstik avant que le membre de l'équipe ait la chance de l'inspecter; le risque que la défektivité ne soit pas détectée est alors accru.

Quand la température est inférieure au point de congélation, il devient encore plus difficile de reconnaître la surchauffe d'un roulement à l'aide du tempilstik. Par exemple, comme le système de DBC du CN est conçu pour détecter un roulement qui fonctionne à 180 °F ou plus au-dessus de la température ambiante, si la température ambiante est de moins 40 °F, un roulement excédera la valeur seuil d'alarme si sa température est de 140 °F ou plus. Un membre d'une équipe ne sera pas en mesure d'identifier un roulement qui fonctionne à 140 °F comme étant en surchauffe en se servant d'un tempilstik, car ce dernier ne fond qu'à 200 °F. Cela pourrait expliquer que, souvent, les équipes des trains ne décèlent aucun défaut quand elles s'arrêtent pour inspecter le train à la recherche d'éventuelles boîtes chaudes.

Compte tenu de ce qui précède, un membre d'une équipe qui ferait une inspection à la recherche de roulements en surchauffe ne peut pas identifier avec fiabilité un problème imminent, en raison des outils dont il dispose, de la température ambiante et des délais d'exécution de l'inspection. De plus, les inspections faites en bordure de la voie par les employés et les inspections à l'arrêt que les inspecteurs de wagons font dans les triages ne permettent pas de détecter ou de prédire de façon fiable les ruptures de roulements. Enfin, l'inspection de wagons immobilisés faite dans des triages par des inspecteurs de wagons autorisés n'est pas susceptible de déceler un roulement à rouleaux qui est sur le point de se rompre, car la plupart des pièces des roulements sont internes et ne sont pas visibles. Au Canada, il y a un grand nombre d'endroits où l'on s'en remet principalement aux inspections de ce type pour détecter les défauts de roulements à rouleaux.

2.3 *Système de détection en voie (SDV)*

2.3.1 *Généralités*

Le SDV du CN comprend trois lignes de défense visant à identifier les ruptures de roulements et à assurer une protection contre celles-ci. La première ligne consiste dans le système d'alarme de danger immédiat (AWA) sur le terrain. La deuxième ligne est assurée par un opérateur utilisant les critères plus bas du TP-105 pour découvrir les boîtes chaudes (et aviser les équipes des trains par l'intermédiaire du CCF). La troisième ligne de défense consiste en une détection précoce des ruptures imminentes de roulements grâce à l'identification de boîtes tièdes, correspondant à des critères encore plus bas.

Les défenses des deux premiers types ont trait à la sécurité, alors que la troisième a trait à la fois à la sécurité et à l'efficacité de la compagnie. Au CN, la première ligne de défense est plus rigoureuse que dans d'autres compagnies ferroviaires. Les deuxième et troisième lignes de défense assurent une protection additionnelle dont la plupart des autres compagnies ferroviaires ne disposent pas. Comparativement à d'autres compagnies ferroviaires de catégorie 1, le CN a conçu un système offrant de bons moyens de protection (c'est-à-dire doté de niveaux de protection multiples). Toutefois, comme dans tout système de défense compliqué, un examen approfondi peut révéler des lacunes et des possibilités d'amélioration des éléments du système, et des procédures et pratiques des gens qui s'en servent. L'enquête du BST, bien qu'elle n'ait pas été un examen technique exhaustif, a relevé plusieurs éléments relatifs aux essais du SDV qui semblent justifier une attention particulière.

2.3.2 *Essais mensuels*

Les essais mensuels du SDV au CN et dans d'autres compagnies ferroviaires canadiennes étaient effectués au moyen d'un simulateur de fonctions. En faisant une simulation électronique du passage d'un train dont les roulements sont à une température pré-déterminée, on mettait à l'épreuve la capacité du système de faire une lecture exacte d'une température d'entrée connue. Le réglage de température utilisé pour les essais du simulateur de fonctions était de 135 °F au-dessus de la température ambiante. Toutefois, la température de déclenchement de l'alarme du SDV était de 180 °F au-dessus de la température ambiante. Donc, comme l'essai mensuel n'était pas effectué à la température de déclenchement de l'alarme, il visait à vérifier si l'analyseur lisait correctement la température d'essai, mais il ne permettait pas de déterminer si l'AWA et l'automate vocal allaient s'activer aux températures critiques minimales des roulements.

2.3.3 *Essai dynamique*

Le CN est la seule compagnie ferroviaire canadienne de compétence fédérale qui possède une voiture capable de faire un essai dynamique de l'élément DBC de ses sites de SDV. Il n'avait qu'une voiture munie de cet équipement et, à cause d'un calendrier de travail chargé, cette voiture ne pouvait pas vérifier régulièrement tous les sites de SDV du CN. Les sites de SDV de l'est du Canada ne faisaient pas l'objet d'essais dynamiques pendant plusieurs années, car cette voiture était basée dans l'ouest du pays. De même, comme la vitesse du train d'essai est limitée à la vitesse maximale des trains de marchandises, soit habituellement 60 mi/h, les essais dynamiques effectués à certains endroits se font à des vitesses inférieures à la vitesse maximale en voie (p. ex. dans des secteurs très fréquentés comme la subdivision Kingston, il y a chaque jour des trains de voyageurs roulant à des vitesses de 95 mi/h à 100 mi/h). Le CN s'en remettait aux fabricants des DBC pour mesurer en laboratoire la vitesse de réponse des analyseurs en fonction de la vitesse et pour construire l'équipement de façon qu'il réponde à ces spécifications. Toutefois, les essais dynamiques du fonctionnement du SDV dans son environnement réel, à des vitesses très inférieures à la vitesse maximale en voie, ne permettent pas de s'assurer que le système d'alarme fonctionnera de la façon prévue à des vitesses aussi élevées.

À l'heure actuelle, aucune compagnie ferroviaire canadienne de compétence fédérale ne procède à des essais dynamiques des DRC et des DPT, lesquels sont, avec les DBC, les éléments essentiels d'un système perfectionné de détection en voie.

La compagnie adaptait le processus d'inspection au moyen de la voiture TEST en fonction du principal type de trafic ferroviaire (c'est-à-dire roulements de wagons de marchandises), mais cette façon de faire offre peu de protection pour les opérations ferroviaires qui ne font pas partie de ces paramètres.

2.4 *Gestion et supervision*

2.4.1 *Rôles et responsabilités au bureau du SDV*

En raison des efforts d'avant-garde associés au fait qu'un nombre peu élevé d'employés étaient chargés sur le terrain de surveiller les « roulements en surchauffe » et les « roues chaudes », la gestion a laissé ces employés oeuvrer dans un environnement « non interventionniste » favorisant l'apprentissage et l'acquisition d'expérience. Grâce à cette absence de participation directe aux activités quotidiennes, des employés ont pu introduire de nombreuses améliorations dans l'utilisation de la technologie aux fins de la sécurité. Toutefois, un tel régime de supervision indirecte a aussi eu quelques effets négatifs.

Les postes de CCFM étaient des postes de gestion et, fréquemment, les CCFM exerçaient leur pouvoir discrétionnaire quant à l'application des critères du TP-105 (p. ex. choix du moment ou de la façon dont les wagons identifiés par le système étaient traités). Les rôles et les responsabilités des CCFM ont évolué, passant de l'examen des rubans de roues chaudes à une approche plus globale comprenant l'examen des rubans de roulements en surchauffe, le cas échéant. En examinant les rubans des détecteurs de roues chaudes et des détecteurs de roulements en surchauffe, les CCFM croyaient qu'ils étaient à même de « renverser » les décisions de l'ODBC s'ils estimaient que les lectures semblaient indiquer le « blocage d'un frein » plutôt que la rupture d'un roulement. Occupant des postes de gestion, les CCFM estimaient avoir le pouvoir d'exercer leur pouvoir discrétionnaire relativement aux critères du TP-105.

En raison du poste qu'ils occupaient, les ODBC n'avaient aucune marge de manoeuvre quant à l'application de la politique de la compagnie; par conséquent, une certaine frustration découlait des différentes façons de réagir à des wagons qui présentaient des stimuli similaires. Le renversement des décisions des ODBC par les CCFM tendait à rendre floue l'attribution des responsabilités confiées aux ODBC par la gestion. Avec le temps, les CCFM et les ODBC en sont venus à penser que les CCFM avaient le dernier mot sur les questions de bureau, étant donné qu'ils étaient gestionnaires et qu'ils avaient la capacité de « renverser » les décisions des ODBC.

Les désaccords et les différences de perspective qui opposaient les ODBC et les CCFM au sujet de leurs rôles et de leurs responsabilités avaient entraîné des différends par le passé, et il restait une certaine tension entre des membres des deux groupes par suite de la réorganisation et de l'arbitrage qui en avaient découlé. La gestion avait bien eu des discussions quant à la possibilité de faire relever les ODBC directement des CCFM, mais cette mesure n'a jamais été mise en application officiellement. Les gestionnaires de la Mécanique et des Opérations avaient des divergences de vues quant aux responsabilités du personnel du bureau du SDV.

D'après leurs instructions, les ODBC et les CCFM devaient discuter entre eux de chaque cas où une indication de roue chaude ou de surchauffe de roulement ne correspondait pas aux critères du TP-105, et chaque fois que l'une ou l'autre partie croyait qu'il fallait faire arrêter un train. Toutefois, il n'y avait pas de procédure claire

quant à savoir qui avait le dernier mot, ou quant à la façon de régler un différend potentiel. D'après les perceptions du personnel du bureau, la décision finale appartenait au CCFM.

Lors de l'événement à l'étude, quand le CCFM a déclaré qu'un ruban était défectueux, l'ODBC a accepté sa décision et a laissé le train continuer sa route, même s'il n'était pas certain que c'était la bonne chose à faire. C'est seulement après qu'on a autorisé le train à continuer sa route que le ruban provenant du site de SDV précédent (MacDuff) a été vérifié. Une fois le lien établi entre les lectures des deux sites, l'ODBC a commencé à communiquer avec d'autres pour faire confirmer ses doutes. Plutôt que de parler à son superviseur immédiat pour tirer les choses au clair, l'ODBC a communiqué à plusieurs reprises avec le CCF et avec le personnel du S & C à Toronto dans l'espoir d'obtenir une vérification de ses craintes quant à l'état du train. Les freins d'urgence du train se sont déclenchés pendant un de ces échanges.

Les malentendus entre les deux principaux usagers des données du SDV (ODBC et CCFM) au sujet de leurs responsabilités propres et des rapports hiérarchiques, combinés à un manque de communication, les ont empêchés de travailler dans un environnement très coopératif. Donc, le train n'a pas été arrêté au moment où l'ODBC a compris que les indications du SDV pouvaient signaler un problème de sécurité, et cela malgré le fait que le DBC et le DPT avaient tous deux indiqué correctement qu'il y avait une anomalie.

2.4.2 *Connaissance des systèmes*

Pour qu'un système décentralisé comme le SDV fonctionne avec efficacité, il faut que ses différents éléments soient bien intégrés. Dans le cas des employés, cela suppose que chacun ait une connaissance adéquate des systèmes pour être en mesure de comprendre les effets de leurs décisions et de leurs actions sur les autres éléments du système.

Certains des employés interrogés ont reçu peu de formation officielle et ne comprenaient pas bien l'étendue de leurs responsabilités. Des employés chargés d'examiner des renseignements essentiels du point de vue de la sécurité, comme l'intégrité des roues et des roulements d'un train de voyageurs, se doivent de bien comprendre ce qu'ils doivent surveiller et de bien savoir quels sont les pouvoirs dont ils disposent lorsqu'ils relèvent un problème (p. ex. ordonner l'arrêt immédiat du train). Dans l'accident à l'étude, l'ODBC expérimenté n'était pas certain que tout était normal dans le train; toutefois, il n'estimait pas avoir l'autorité voulue pour faire arrêter le train et pour conseiller aux membres de l'équipe d'inspecter leur matériel roulant. Le protocole de la gestion ne précisait pas que, dès que les résultats de l'analyse seraient moins qu'acceptables, il y aurait des motifs d'imposer une exploitation prudente, même s'il fallait pour ce faire informer l'équipe du train de l'existence *possible* d'une défectuosité dans son train. On ignore si la décision prise par l'équipe (à savoir de continuer sa route sans inspecter son train) avait été différente si l'ODBC avait appelé l'équipe du train, plutôt que l'inverse, et l'avait mise au courant de l'information qui lui avait été transmise par les deux derniers sites de SDV.

On a relevé d'autres exemples d'intervenants-clés qui ne comprenaient pas bien l'ensemble du système, à savoir dans le domaine du fonctionnement du logiciel (p. ex. les calculs algorithmiques effectués par le logiciel Devtronics après l'analyse d'un train). Certains des opérateurs ne comprenaient pas bien les codes

correspondant aux alarmes W2 et W3, alors que ces alarmes d'avertissement étaient censées inciter les CCFM et les ODBC à exercer une surveillance aux fins de la sécurité. En l'absence d'une bonne compréhension du fondement de ces alarmes, certains de ces usagers principaux n'étaient pas en mesure de faire une analyse pertinente de l'information fournie par le système.

Essentiellement, les ODBC prenaient le temps d'examiner ces rubans pour trouver un écart considérable, alors que dans les faits, ils n'en auraient jamais trouvé. La valeur de ces rubans tenait à la possibilité d'identifier un roulement en surchauffe ou en début de surchauffe au milieu de lectures dont la moyenne d'ensemble était très faible. Leur réaction normale a été de réagir aux critères du TP-105 concernant des valeurs ou des écarts maximaux. Cette façon de faire ne tenait pas compte de la capacité de l'ordinateur de mettre en évidence un wagon susceptible d'être affecté par des problèmes imminents, et ce peu importe que l'équipement sur le terrain ait été étalonné correctement ou non. En réagissant de cette façon aux messages de sécurité, on a fait échec à certains dispositifs de sécurité perfectionnés qui sont intégrés au système. D'autres usagers du logiciel Devtronics se servent des algorithmes pour aviser directement les équipes des trains de la présence possible de boîtes chaudes, plutôt que d'utiliser les données pour déterminer si un ODBC devrait ou non examiner la représentation d'un train pour y trouver d'éventuels défauts.

Le fait que les employés n'aient pas tous le même degré de sensibilisation au protocole de la compagnie et le même niveau de connaissances des systèmes (en ce qui a trait au SDV) démontre soit que certains employés n'ont pas compris les rôles et responsabilités qui leur incombent, soit que la méthode employée pour former le personnel et assimiler les connaissances était inadéquate.

2.4.3 Charge de travail

Comme nous l'avons indiqué précédemment, le SDV du CN comprenait trois lignes de défense visant à identifier les ruptures de roulements et à assurer une protection contre celles-ci. Chacune des deux premières lignes de défense consistait dans l'identification des boîtes chaudes et faisait appel à un message communiqué à l'équipe du train (soit par le CCF soit par l'automate vocal de l'AWA). La troisième ligne de défense était constituée de la surveillance des tendances en temps réel, assurée par les ODBC d'Edmonton, qui devaient identifier et surveiller les boîtes tièdes, correspondant à un critère moins élevé, ce qui permettrait de faire une détection précoce des ruptures imminentes de roulements. Cette dernière défense, qui entraîne l'application de critères plus stricts en ce qui a trait au SDV que dans d'autres compagnies ferroviaires, offre un potentiel de sécurité accru mais peut aussi mobiliser beaucoup de personnel.

La configuration du système obligeait les ODBC et les CCFM à effectuer un certain nombre de tâches manuelles, suivant les critères différents dont les opérateurs devaient suivre l'évolution mentalement. Cette tâche s'ajoutait à leur charge de travail et était sujette à des erreurs des opérateurs. Le logiciel installé ne les aidait pas à identifier des renseignements-clés, comme le numéro du matériel roulant touché, l'identification du train, la position du site de DBC suivant dans le sens du mouvement et l'information provenant du DBC précédent. Il était peut-être possible de garder toute cette information en mémoire quand les sites de SDV étaient répartis dans plusieurs bureaux (le nombre de sites était inférieur). Avec la centralisation des activités de surveillance, le nombre de sites de SDV a augmenté, passant de 100 à 200 dans la région de l'Ouest, auxquels se sont ajoutés près de 200 autres sites des bureaux de Toronto et Montréal. La surveillance de tout ce trafic est devenue un défi de taille pendant les périodes d'affluence, et à plus forte raison quand les opérateurs ne connaissent pas les itinéraires des trains et l'agencement des voies ferrées (p. ex. quand un train quitte une subdivision pour s'engager dans une autre subdivision avant d'être arrivé à la limite de la première). À cela s'ajoutaient des difficultés additionnelles dues au fait que certains sites généraient plus d'alarmes en raison d'un étalonnage trop sensible.

Étant donné leur charge de travail et l'obligation d'établir des priorités dans leurs activités, les ODBC ont adapté leur tâche en fonction des changements dans la charge de travail, et se sont concentrés sur les éléments de la deuxième ligne de défense (les roulements identifiés comme étant en surchauffe d'après les critères du TP-105), même si les lectures de niveau plus faible font partie intégrante de la troisième ligne de défense. À l'avenir, l'automatisation du processus de surveillance des tendances pourrait contribuer à un meilleur usage de ces données.

En raison du regroupement dans un seul bureau des activités de surveillance de tous les sites de SDV, combiné au nombre de tâches non informatisées, les ODBC et les CCFM avaient de la difficulté à prendre en compte toutes les exigences du TP-105. Or, si la surveillance ne tient pas compte de toutes les exigences du TP-105, les possibilités de détection précoce des roulements en surchauffe s'en trouvent réduites.

2.4.4 Impact de la variabilité des résultats sur la charge de travail

Les écarts dans les résultats acceptables pour chaque site de SDV ont eu pour effet de réduire la qualité des données et, partant, la protection assurée par le système. Même si les ODBC étaient tenus de suivre les wagons identifiés par des indications précoces de surchauffe de roulements à mesure qu'ils passaient dans plusieurs sites, leurs efforts étaient parfois entravés par la qualité des données fournies par le système.

La variabilité des résultats a rendu difficile l'analyse comparative entre les sites. Quand, d'un site à un autre, les données de sortie variaient pour une donnée de départ constante, l'opérateur était moins en mesure de faire un usage utile des données du SDV et de déterminer de façon éclairée si la température d'un roulement augmentait ou diminuait.

Les résultats transmis par des sites de SDV trop sensibles ont occasionné une augmentation de la charge de travail des ODBC et du taux de fausses alarmes. Cela a aussi altéré la confiance des usagers dans l'ensemble du système et a incité des usagers à considérer que le système, et non pas le train, était défectueux. Le taux de fausses alarmes envoyées par le système et la confirmation insuffisante des réparations effectuées sur place pour corriger le problème original ont contribué à la pratique préconisée par les responsables de l'entretien, consistant à laisser passer quatre trains au-dessus d'un site avant de certifier que le site de SDV était réparé. Cette façon de tester le fonctionnement du SDV peut sembler pratique, mais elle est sujette à l'erreur.

Dans les faits, les objectifs de validation des réparations (voir la figure 23) devraient être de faire en sorte que les trains défectueux génèrent une alarme du SDV (case C), et que les trains non défectueux n'en génèrent pas (case B). À cela s'ajoute la nécessité de réduire le plus possible le nombre d'erreurs de deux types — l'erreur associée aux roulements non défectueux qui génèrent une alarme (faux positifs, case D), et l'erreur associée aux roulements défectueux qui ne génèrent pas d'alarme (faux négatifs, case A).

Le modèle de validation employé au moment de l'accident (voir la figure 24), à savoir une vérification de l'absence d'alarmes, ne permet pas de s'assurer qu'un roulement défectueux déclenchera une alarme (case A). Même si la probabilité est relativement faible, le système pourrait faire en sorte qu'un train affecté par un défaut identifié correctement par le SDV ne soit pas arrêté pendant que la validation s'exécute (case C). Si un des quatre trains déclenchait une alarme, on considérerait que l'essai n'a pas fonctionné et le SDV serait identifié comme devant

être réparé de nouveau par un technicien du S & C. En outre, quand on valide un site de SDV après que des réparations ont été faites, en se basant sur l'absence d'alarmes, on n'est pas certain qu'une vraie alarme sera détectée.

		tat du matériel roulant	
		Dfectueux	Non dfectueux
tat de l'alarme	Absence d'alarme	A Rduire le nombre de faux ngatifs	B Identifier correctement
	Alarme	C Identifier correctement	D Rduire le nombre de faux positifs

		tat du matériel roulant	
		Dfectueux	Non dfectueux
tat de l'alarme	Absence d'alarme	Rduire le nombre de faux ngatifs Pas Identifié	Identifier correctement OK
	Alarme	Identifier correctement Pas Identifié (trait comme une panne du SDV)	Rduire le nombre de faux positifs OK

2.4.5 Interprétation du ruban

Le fait de ne pas surveiller les trains répondant aux critères d'un début de surchauffe d'une boîte au moment de leur passage au-dessus des sites de SDV précédents et suivants, conformément au protocole du TP-105 du CN, peut faire en sorte qu'un ruban d'un site de SDV soit jugé « défectueux » quand il est examiné isolément et qu'un début de surchauffe d'un roulement ne soit pas identifié de façon proactive.

À la lecture des pointes inhabituelles apparaissant sur le ruban du site de SDV relativement à l'accident, il est immédiatement évident qu'il y a eu un problème, soit avec le SDV soit avec le train. En soi, la perte de lectures sur la température sur un rail après le 95^e essieu pourrait porter à croire qu'un ruban « défectueux » a été transmis. Quand on examine cette information en même temps que le ruban qui a été généré lorsque le train est passé au-dessus du site précédent de MacDuff (qui a montré un début de surchauffe d'un roulement au

95^e essieu), on pourrait en conclure qu'il est arrivé quelque chose de catastrophique au 95^e essieu. En fait, après la détermination initiale relative à un ruban « défectueux », l'ODBC a examiné le ruban du site de SDV précédent (MacDuff) et, se rappelant un événement similaire qui s'était produit auparavant, il a soupçonné que le train avait déraillé et avait endommagé le DBC à Oba. L'ODBC n'a pas pu faire part de ses inquiétudes à temps pour atténuer l'impact du déraillement.

Étant donné que l'ODBC et le CCFM n'ont pas utilisé initialement toute l'information qu'ils avaient à leur disposition et n'ont pas collaboré pour échanger des renseignements d'importance critique, ils n'ont pas suivi le plan d'action le plus sûr (faire arrêter et inspecter le train).

2.4.6 *Gestion de la qualité*

Même si la gestion avait certains éléments d'un programme d'assurance de la qualité, la mise en place de ce programme était avant tout théorique et sa mise en oeuvre s'était faite surtout au sein du S & C. Le programme ne surveillait pas l'ensemble des systèmes de sécurité pour s'assurer de leur bon fonctionnement. Le personnel de gestion et de supervision ne coordonnait pas ses efforts avec ceux de toutes les parties (Transports, Matériel roulant et Ingénierie) pour instaurer une démarche systémique de gestion de la qualité. Bien que le nombre de ruptures d'essieux dues à des SFE soit relativement peu élevé, les conséquences fâcheuses de ces accidents justifient qu'on y porte une attention particulière.

Un manque de communication a été relevé entre les principaux intervenants (p. ex. le CCFM et l'ODBC). On a remarqué que des documents écrits fournis aux employés du Groupe de la signalisation ne concordaient pas avec les instructions locales de leur personnel sur le terrain, notamment les courriels (p. ex. différences dans les limites maximales et minimales acceptables pour les rubans d'essai, et dans le nombre de degrés au-dessus de la température ambiante qu'on devait utiliser pour étalonner le système). Les écarts dans les procédures, les méthodes et la connaissance des systèmes, autant pour les activités sur le terrain que pour les activités du bureau, dénotent un manque d'uniformité dans l'application du programme de gestion de la qualité.

En l'absence d'un programme exhaustif de gestion de la qualité, des anomalies ont été introduites dans le système de DBC, ce qui a entraîné des écarts de performance du système et a rendu difficile toute analyse comparative des données du SDV d'un site à un autre.

2.5 *Surveillance réglementaire*

Les inspecteurs de Transports Canada doivent atteindre l'objectif fixé par la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, à savoir une *loi visant à assurer la sécurité de l'exploitation des chemins de fer et modifiant certaines lois en conséquence*.

Pour atteindre cet objectif, la Direction de la sécurité ferroviaire a mis en place un grand nombre de programmes de réglementation dont la mise en oeuvre est assurée par les inspecteurs régionaux, mais les programmes d'inspection régionaux ne comprennent pas de programme officiel d'inspection des SDV. Bien que les inspecteurs de Transports Canada visitent quelques sites de SDV et remplissent un formulaire d'inspection sur lequel ils notent les lacunes, et qu'ils soumettent ensuite ces renseignements à la compagnie ferroviaire pour qu'elle prenne des mesures correctives, ces inspections ne sont pas obligatoires dans le cadre d'un programme de réglementation documenté. Le formulaire indique les éléments que l'inspecteur devrait vérifier sur place. La plupart des éléments en question visent l'apparence extérieure (p. ex. peinture des appareils, propreté des miroirs). En l'absence d'exigences réglementaires, les inspecteurs sont limités quant aux éléments qu'ils doivent vérifier pendant l'inspection des sites de SDV.

Il existe des règles pour s'assurer que des inspections de certains types sont effectuées sur un train en cours de route, mais les employés mènent ces inspections peu fréquemment (quand on croise d'autres trains et qu'on fait une inspection au défilé de son propre train); d'ailleurs, ces inspections ne révéleraient vraisemblablement que des dommages très avancés. Il est rare que l'inspection visuelle d'un train qui passe, faite à partir du sol, révèle un problème de roulement imminent si le problème en question n'a pas progressé considérablement, et une inspection faite par un membre d'une équipe à partir d'une locomotive pendant que le train circule révélerait uniquement des problèmes qui montrent des signes visuels évidents (ce qui signifierait alors que la pièce a déjà atteint un degré avancé de détérioration).

Avec l'examen de l'ordonnance R-41300 par l'ACFC, et comme Transports Canada adhère à la démarche du gouvernement fédéral en matière de déréglementation, l'ordonnance a été révoquée puisque l'examen a démontré que le CN et le CFCP avaient pris des dispositions pour s'y conformer. Il importe de signaler que l'ordonnance R-41300 s'appliquait seulement au CN et au CFCP et que, légalement, aucune autre compagnie ferroviaire n'était tenue de s'y conformer. Transports Canada et l'ACFC ont encouragé les autres compagnies à se conformer à l'ordonnance R-41300, car il estimait qu'il s'agissait de la « pratique recommandée » en ce qui a trait à l'exploitation de trains sans fourgon de queue. Quand Transports Canada a révoqué l'ordonnance, il s'en est remis en partie aux instructions en vigueur dans les compagnies ferroviaires au moment de la révocation pour assurer le maintien du niveau de sécurité prévu dans l'ordonnance R-41300.

Aux termes de la réglementation fédérale, les compagnies ferroviaires ne sont pas tenues de demander la permission de Transports Canada, ni de l'aviser, quand elles désirent modifier ou supprimer une instruction contenue dans leurs instructions d'exploitation. En révoquant l'ordonnance R-41300, Transports Canada a supprimé la seule réglementation qui avait trait aux détecteurs de boîtes chaudes et de pièces traînantes et à la distance maximale entre les inspections pendant que les trains sont en route (la clause 1.3 de l'ordonnance R-41300 qui indiquait 60 milles). Actuellement, les compagnies ferroviaires peuvent faire rouler des trains sur de grandes distances sans avoir à faire faire des inspections qui constitueraient un moyen fiable de détection précoce des problèmes imminents relatifs aux roulements.

On reconnaît que la plupart des compagnies ferroviaires ont installé des SDV dans un souci d'améliorer la sécurité de leur exploitation. Toutefois, Transports Canada n'impose pas d'exigences réglementaires concernant l'installation de ces systèmes ou les distances minimales entre les sites de SDV. Transports Canada n'a pas fait part d'exigences ou de directives concernant la méthode d'installation, l'inspection, l'étalonnage, les niveaux d'alarme, et un système capable d'assurer le bon fonctionnement de ces technologies. Ces dispositions sont laissées à la discrétion des compagnies ferroviaires et des fabricants de la technologie, d'où les méthodes d'installation et les modes de fonctionnement variés qui ont été relevés au cours de l'enquête.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis quant aux causes et facteurs contributifs*

1. Le roulement à rouleaux à la position L-3, du côté sud du wagon CN 604697, a surchauffé et a grippé, ce qui a causé la surchauffe d'une fusée d'essieu ainsi que le déraillement de 21 wagons.
2. La définition de « ruban défectueux » a fait en sorte que les contrôleurs de la circulation ferroviaire – Mécanique (CCFM) et les opérateurs de détecteurs de boîtes chaudes (ODBC) ne tiennent pas compte d'analyses dont les résultats atteignaient ou dépassaient les critères du TP-105. Ils ont cru que l'information indiquée par le ruban ne représentait pas l'état véritable du train, ce qui fait qu'on a laissé un train affecté par un défaut poursuivre sa route.
3. Des rapports hiérarchiques ambigus et un manque de communication ont empêché de travailler dans un environnement très coopératif. Donc, le train n'a pas été arrêté au moment où l'ODBC a compris que les indications du Système de détection en voie (SDV) pouvaient signaler un problème de sécurité.
4. Les membres de l'équipe du train n'ont pas fait une inspection à pied de leur train immobilisé après avoir reçu des alarmes sonores multiples indiquant des défauts possibles; par conséquent, ils n'ont pas détecté le wagon déraillé à Oba, ratant ainsi l'occasion d'atténuer considérablement les conséquences de la surchauffe du roulement à rouleaux.
5. On ne s'est pas conformé aux procédures de la compagnie (TP-105) relatives à la surveillance des roulements identifiés comme étant en « début de surchauffe » après l'analyse faite à MacDuff, soit 13,6 milles avant le site du SDV installé à Oba, si bien que l'information en provenance du site d'Oba a été interprétée isolément.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Quand un membre de l'équipe d'un train mène une inspection pour trouver des roulements qui pourraient être en surchauffe, après que le train a été arrêté par le SDV, il n'est pas toujours en mesure de détecter avec fiabilité un problème imminent, en raison des outils dont il dispose, de la température ambiante et des délais d'exécution de l'inspection. Par conséquent, il peut arriver qu'un roulement défectueux passe inaperçu et reste en service.

2. Les autres types d'inspections matérielles faites par les équipes des trains, qu'il s'agisse d'inspections faites à partir de la locomotive, d'inspections au moment du passage d'un train ou d'inspections au défilé faites par des employés en bordure de la voie ou par des inspecteurs de wagons dans les triages, ne permettent pas de détecter avec fiabilité la rupture d'un roulement ou d'identifier la rupture imminente d'un roulement.
3. Les inspections de sécurité de wagons à l'arrêt faites dans les triages par des inspecteurs de wagons autorisés ne permettent pas de prédire les performances futures des roulements entre le point d'origine et le point de destination, sans compter que les compagnies peuvent faire rouler des trains sur de grandes distances après que ces inspections ont été faites.
4. Dans certaines subdivisions qui ne disposent pas du SDV, les compagnies ferroviaires s'en remettent aux inspections matérielles (c'est-à-dire inspections de sécurité, inspections en bordure de la voie, inspections lors du passage des trains, et inspections par les équipes des trains) pour s'assurer du bon état mécanique des roulements de leurs trains.
5. Étant donné que les détecteurs de boîtes chaudes (DBC) placés en bordure de la voie n'analysent pas avec précision les paliers d'essieu de certains types de matériel roulant, et que la plupart du matériel roulant, notamment certain qui est affecté à des trains de voyageurs à grande vitesse, n'est pas muni de dispositifs de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu, des ruptures d'essieux suivies de déraillements peuvent se produire lorsque des problèmes imminents de roulements ne sont pas détectés.
6. Les essais mensuels des DBC et des détecteurs de roues chaudes (DRC) auxquels procèdent le Canadien National (CN) et certaines autres compagnies ferroviaires canadiennes ne sont pas effectués à la valeur seuil de déclenchement d'alarme; on ignore donc si le système d'alarme se déclenchera à la valeur seuil minimum d'alarme.
7. Le CN avait une voiture TEST capable de faire des essais dynamiques des DBC, et cette voiture n'avait pas roulé dans l'est du Canada depuis plus de trois ans. La voiture n'a pas fait d'essai dynamique des DRC ou des détecteurs de pièces traînantes (DPT). Le CN semble être la seule compagnie ferroviaire canadienne qui procède à des essais dynamiques de ses sites de SDV.

8. Les essais dynamiques auxquels le CN soumet ses DBC se font à des vitesses qui ne dépassent habituellement pas 60 mi/h; par conséquent, la compagnie ignore si le système d'alarme s'active comme prévu quand des trains de voyageurs passent à la vitesse maximale.
9. En raison du nombre de sites de SDV à contrôler, des tâches multiples de l'OBDC et du fait que ce dernier doit garder bien des renseignements en mémoire, l'ODBC a eu de la difficulté à se conformer à toutes les exigences du TP-105 concernant la poursuite des trains, ce qui a eu pour effet de réduire la possibilité de détection précoce des roulements en surchauffe.
10. Un manque de communication entre les principaux intervenants du système, combiné à des écarts dans les procédures, les méthodes et la connaissance des systèmes, dénote l'absence de démarche systémique cohérente dans le domaine de la gestion de la qualité des appareils de sécurité qui formaient le SDV.
11. À l'heure actuelle, le règlement n'oblige pas les compagnies ferroviaires à avoir en service des appareils comme le SDV malgré les risques liés à leurs opérations ferroviaires (p. ex. trains de voyageurs à grande vitesse et trains de marchandises dangereuses).
12. La réglementation ne comporte pas de directives minimales auxquelles les compagnies ferroviaires doivent se conformer en ce qui a trait à l'installation, à l'inspection, à l'étalonnage, aux niveaux d'alarme et à la gestion de la qualité du SDV.
13. En matière de vérification et de surveillance des SDV, Transports Canada n'a pas de programme national qui permette de protéger les trains contre les ruptures de roulements, les ruptures de roues et les pièces traînantes quand ils roulent dans des territoires équipés de SDV.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *Améliorations au SDV*

Après l'accident, le Canadien National (CN) a pris plusieurs initiatives afin de remédier aux lacunes en matière de sécurité relatives aux manuels de référence, aux méthodes de travail, aux outils de travail et à la supervision des activités des contrôleurs de la circulation ferroviaire - Mécanique (CCFM) et des opérateurs de détecteurs de boîtes chaudes (ODBC) :

- Le CN a produit un document intitulé *Wayside Inspection Systems Chart Handling Procedures* (Procédures de traitement des tableaux affichés par le Système de détection en voie), qui est considéré comme étant un supplément au TP-105. L'objectif de ce document, publié en avril 1999 et publié de nouveau en janvier 2000, consiste à présenter des processus formels qui permettront de lire les tableaux pertinents et de comprendre les rôles et responsabilités des CCFM et des ODBC; le CN a dispensé des cours de formation aux ODBC et aux CCFM au sujet des changements apportés au système. Le document renferme des descriptions des rubans défectueux, notamment des descriptions des signes d'un déraillement possible, et des indications sur les mesures que chaque partie intéressée devrait prendre.
- Le CN a laissé savoir qu'il a pris des mesures pour s'assurer que, quand le Système de détection en voie (SDV) émet une alarme directement à l'intention d'un train, cette alarme doit avoir priorité. Le CN a aussi expliqué que l'expérience, le jugement ou les impressions de l'ODBC ou du CCFM ne sauraient se substituer à une telle alarme.
- Dorénavant, le CCFM n'est plus autorisé à renverser la décision de l'ODBC en ce qui a trait aux décisions régies par le TP-105. Le CN a laissé savoir qu'il appliquait maintenant strictement le TP-105, ce qui est énoncé dans le paragraphe 3(c) du document susmentionné.
- On a resserré les critères relatifs aux rubans défectueux. Le CN envisage d'imposer un arrêt absolu du train quand un ruban est jugé « défectueux ». Le CN a laissé savoir qu'en raison de l'accident de Neswabin, certains rubans qui pouvaient être jugés défectueux sont maintenant vus comme étant le signe d'un déraillement possible.
- Le CN a placé des cartes du réseau sur les bureaux des ODBC afin de les aider à conceptualiser les différentes subdivisions.

- Une série de séances de « développement de l'esprit d'équipe » a été présentée à tous les CCFM et les ODBC, y compris aux employés surnuméraires qui font normalement le travail d'ODBC. La formation, dispensée par le collègue Grant MacEwen d'Edmonton et consistant en deux cours de deux jours, a porté sur les sujets suivants :
 - communications
 - gestion des différends
 - gestion du stress
 - rendement au travail

- Le CN a veillé à ce que son programme de supervision comprenne les ODBC. La compagnie a mis en oeuvre les initiatives suivantes :
 - vérifications des signaux du système d'avertissement de surchauffe des boîtes d'essieu (JAWS) et des autres rapports remplis par l'ODBC;
 - contact plus direct avec les superviseurs;
 - formation des opérateurs qui insiste sur une communication accrue entre les ODBC et leurs superviseurs.

Le CN a consacré des investissements et des fonds d'exploitation considérables pour étendre son réseau de détecteurs de boîtes chaudes (DBC). La compagnie continue de réduire les espacements entre les DBC sur les itinéraires principaux. De plus, en avril 2000, le CN a abaissé la valeur seuil de déclenchement énoncée dans le TP-105 pour les « alarmes » de surchauffe dans 20 embranchements où les DBC sont espacés de 40 milles ou plus.

4.1.2 *Mesures de réglementation*

Transports Canada a publié une directive au sujet des modifications apportées récemment à l'article 11 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, portant sur les travaux d'ingénierie. Cette directive vise à clarifier les exigences de l'article 11 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* modifiée, à l'intention de toutes les parties intéressées. Un comité multipartite, formé de représentants de l'industrie ferroviaire, d'ingénieurs conseils, des gouvernements, des services publics et d'associations professionnelles du domaine du génie, a élaboré cette directive. Chaque compagnie ferroviaire doit se doter de la documentation relative à tout l'équipement utilisé sur ses voies, notamment les SDV, et s'assurer que la formation des employés leur permettra de faire l'inspection et l'entretien de l'équipement. Transports Canada entend exercer un contrôle auprès des compagnies ferroviaires pour s'assurer qu'elles se conforment à l'article 11 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*.

4.2 *Mesures nécessaires*

À titre d'initiative de sécurité continue, le CN a mis au point un système unique de surveillance de tendances en temps réel, lequel intègre l'apprentissage continu au processus. Le système serait amélioré s'il comprenait une forme plus complète de gestion de la qualité, de façon que la mise en oeuvre de nouvelles possibilités à l'intérieur du système permette d'établir des procédures appropriées, de fournir la formation pertinente et d'adopter les meilleures méthodes de travail.

Un grand nombre de questions ont été mises en évidence au cours de la présente enquête; la façon dont ces questions seront réglées pourrait donner lieu à une amélioration de l'efficacité du système existant et du niveau de sécurité qu'il assure. Le CN pourrait envisager de prendre des mesures dans les domaines suivants :

- *Connaissance des systèmes et charge de travail*

Quand on travaille en mode exploratoire, la connaissance des systèmes de la part des employés intéressés s'avère importante. Faute d'une connaissance solide de l'ensemble du système, les employés pourraient prendre des mesures sans être conscients des effets nuisibles que ces mesures pourraient avoir sur d'autres éléments du système. Plus précisément, le fait d'augmenter légèrement la sensibilité des DBC peut sembler être une option fort raisonnable pour les techniciens du Département de la signalisation et des communications (S & C), étant donné que, de leur point de vue, ils augmentent ainsi la marge de sécurité du système. Cependant, cette mesure peut occasionner le déclenchement d'alarmes injustifiées aux ODBC et aux équipes des trains, ce qui fait augmenter leur charge de travail et diminuer la confiance qu'ils portent au système. L'interface du système Devtronics est un autre élément qui contribue à la charge de travail des ODBC puisqu'à l'heure actuelle, le système ne prend pas en compte toutes les tâches qui incombent à l'ODBC (c'est-à-dire le nombre de sites de SDV à surveiller, la surveillance des trains aux sites de SDV précédents et suivants et l'identification des numéros de wagons). L'automatisation accrue de ce processus à l'avenir pourrait contribuer à une utilisation encore meilleure des données du SDV, et en même temps aider à réduire la charge de travail des employés.

- *Essais*

Le SDV est conçu pour détecter des roulements et des roues en surchauffe en mesurant leur température au moment où ils passent devant l'analyseur à la vitesse d'exploitation du train, et pour détecter les pièces traînantes. Une alarme se déclenche si la température excède une valeur seuil pré-déterminée. Le CN procède chaque mois à un essai statique de ses systèmes, à une température de beaucoup inférieure au seuil de déclenchement d'alarme, en se disant que si le système est réglé à la température d'essai, il détectera un roulement en surchauffe au seuil de déclenchement d'alarme quand il fonctionnera dans des conditions dynamiques, à savoir au passage d'un train. L'essai statique du détecteur de pièces traînantes (DPT) comporte un essai de fonctionnalité réussite / échec. L'essai dynamique est habituellement mené deux fois par an, mais il ne contrôle pas le fonctionnement des DPT et ne se fait pas non plus à la vitesse maximale en voie.

En l'absence de procédures d'essai dynamique tenant compte de la vitesse maximale en voie, des valeurs seuils de température et de la simulation de pièces traînantes, il y a un risque que le système ne fonctionne pas avec exactitude dans toutes les conditions.

- *Détection sur le terrain des ruptures imminentes de roulements*

L'emploi du tempilstik approuvé par l'Association of American Railroads (AAR) dont les équipes disposent normalement pour déterminer s'il y a surchauffe comporte des limitations significatives. Les choses se compliquent lorsque certaines conditions sont présentes, p. ex. quand la température ambiante est basse (s'il fait extrêmement froid ou s'il pleut), et en raison des délais parfois nécessaires pour faire le travail de vérification (si le wagon se trouve près du bout du train). Il y a d'autres outils dont les équipes peuvent s'aider pour effectuer cette tâche et obtenir des renseignements utiles sur la température des roulements. Par exemple, lorsque le roulement suspect n'est pas mis en évidence (p. ex. si la température est insuffisante pour faire fondre le tempilstik), l'équipe peut employer un détecteur portatif à infrarouges pour faire une analyse comparative de température (c'est-à-dire moyenne par côté de train ou par côté de wagon), même si le roulement a refroidi et n'est plus à la température de fusion du tempilstik. De cette façon, les températures relatives peuvent indiquer le roulement qui cause des difficultés.

4.3 *Préoccupations liées à la sécurité*

Il est admis que la majorité des opérations ferroviaires au Canada sont surveillées au moyen de technologies perfectionnées, comme les SDV, et que les compagnies ferroviaires continuent d'investir des sommes considérables dans l'amélioration de leurs systèmes. Cependant, il y a encore des subdivisions où les sites de SDV sont espacés de plus de 25 milles les uns des autres, ce qui réduit les chances de détection des paliers d'essieu en surchauffe avant qu'une rupture se produise. Il y a aussi des endroits où la température des paliers d'essieu des trains de voyageurs ou des trains de marchandises dangereuses n'est pas contrôlée du tout par les SDV. De plus, certain matériel roulant, de par sa conception, se prête mal à la détection de la température des roulements par les SDV, quel que soit l'espacement des détecteurs. Les ruptures d'essieux, bien que rares, peuvent avoir des conséquences graves pour les personnes, la propriété et l'environnement. En l'absence d'une norme de l'industrie qui précise la fréquence des

inspections de roulements à rouleaux et détermine les conditions d'acceptabilité, le Bureau est préoccupé que, dans certaines conditions d'exploitation, la protection assurée contre les ruptures catastrophiques d'essieux de matériel roulant ne soit pas toujours adéquate.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 26 mars 2001.

Annexe A - Examen des wagons-citernes incendiés

Trois des wagons-citernes qui ont été incendiés après le déraillement sont arrivés aux installations de la Procor, à Sarnia (Ontario) le mercredi 30 mars 1999. Le mardi 6 avril 1999, le personnel du BST a examiné les wagons au triage Sarnia du Canadien National et a fait les constatations suivantes :

Le wagon CN 668016 (un wagon plat de 89 pieds) portant le wagon-citerne **AGEX 1001** :

- wagon de résidus dont le dernier chargement a été constitué de benzène, UN 1993, à l'heure actuelle vide et propre
- date de construction du wagon neuf 09/81
- numéro de téléphone d'intervention d'urgence : 1-800-561-6682
- DOT-111A100W-1
- soupape de sécurité vérifiée en 1991, vérification suivante prévue en 2001 à 75 livres
- citerne vérifiée en 1998, vérification suivante prévue en 2003 à 100 livres au pouce carré (lb/po²)

Dommages subis par le wagon-citerne :

- longrine tronquée du bout B fortement endommagée, pliée vers le haut et tordue
- traverse pivot affaissée, écrasée et arrachée du côté droit
- traverse pivot pliée et tordue du côté gauche
- longrine tronquée du bout A absente
- traverse pivot pliée, tordue et arrachée du côté droit
- traverse pivot absente du côté gauche
- cadre d'extrémité du bout A et du bout B absent (mains courantes, marchepieds transversaux, marchepieds en étrier, etc.)
- tête de citerne bosselée vers l'intérieur sur environ 24 pouces de profondeur, 4 pieds et 7 pouces de longueur et 5 pieds de largeur, du côté gauche du bout B
- tête de citerne bosselée vers l'intérieur sur environ 16 pouces de profondeur, 6 pieds et 4 pouces de longueur et 3 pieds de largeur, du côté droit du bout B
 - À l'intérieur de la zone bosselée, il semble y avoir des marques prononcées de frottement à partir du centre de la tête vers les parois extérieures de la tête. À cet endroit, il y a eu contact avec la soudure qui joignait la tête à la paroi de la citerne, ce qui a creusé sur le côté de la paroi de la citerne un trou mesurant environ 18 pouces de longueur sur 5 pouces de largeur. Ce trou semble avoir résulté d'une déchirure de la paroi de la citerne plutôt que d'une perforation. Le métal est repoussé vers l'extérieur du trou, plutôt qu'enfoncé vers l'intérieur du trou comme cela se produirait dans le cas d'une perforation. Les entailles pratiquées dans le diamètre de la bosselure de la tête ont un espacement variant entre 4 pouces et 6 pouces et ont pu être causées par un rail.
- tête de citerne bosselée vers l'intérieur sur environ 16 pouces de profondeur, 4 pieds et 6 pouces de longueur et 2 pieds et 8 pouces de largeur, du côté gauche du bout A et le long du côté de la paroi de la citerne
 - À l'intérieur de cette bosselure, il y a un trou de forme triangulaire, mesurant environ 2

pieds de longueur sur 1 pied de largeur, qui semble être dû à une perforation. Le métal entourant la circonférence du trou est poussé vers l'intérieur de la paroi de la citerne.

- il n'y avait presque plus de peinture sur l'ensemble du wagon par suite de l'incendie
- bogies, roues et timonerie de frein absents

Wagon CN 668189 portant le wagon-citerne **PROX 41841** :

Dommages subis par le wagon-citerne :

- longrine tronquée du bout A absente
- traverses pivots pliées et tordues des côtés droit et gauche du bout A
- traverses pivots pliées, tordues et arrachées des côtés droit et gauche du bout B
- grosses bosselures de 10 pouces de profondeur tout au long du côté gauche de la paroi de la citerne
- altération par le feu du côté droit du bout A et au centre du wagon, vers le haut du wagon
- cadre d'extrémité plié, tordu et arraché
- bosselures vers l'intérieur de la paroi de la citerne le long du côté droit, sur toute la longueur de la paroi
- timonerie de frein détruite
- bogies, roues et timonerie de frein absents

Wagon CN 639954 portant le wagon-citerne **ACFX 71216** :

Dommages subis par le wagon-citerne :

- longrine tronquée tordue au bout B
- cadre d'extrémité plié et tordu
- traverses pivots pliées et tordues des côtés droit et gauche du bout B
- forte altération par le feu le long des côtés droit et gauche du bout A et à la tête de citerne au bout A
- cadre d'extrémité plié au bout A
- timonerie de frein détruite
- bosselure profonde dans la tête de citerne au bout A
- bogies, roues et timonerie de frein absents

Annexe B - Renseignements généraux sur les roulements à rouleaux

Les roulements à rouleaux sont pressés au bout des essieux des wagons, à l'extérieur du voile de la roue. Habituellement, il y a huit roulements à rouleaux par wagon, dont chacun est placé à chaque bout des quatre essieux. Les roulements à rouleaux sont coniques et ils supportent le poids du wagon et de son contenu et le transfèrent aux rails. Le roulement est placé à l'intérieur d'un logement aménagé dans le longeron de bogie. Les pièces mobiles du roulement à rouleaux permettent à l'ensemble roue pleine / essieu auquel le roulement est fixé de tourner avec le moins de friction possible.

L'Association of American Railroads (AAR) exige que les roulements à rouleaux neufs aient une durée nominale de service L10 (« L10 life »)²⁴ de 1 000 000 de milles. Habituellement, les fabricants de roulements garantissent leurs roulements neufs entre 500 000 et 600 000 milles après la mise en service initiale. Les roulements à rouleaux sont remis en état dans des ateliers de roues homologués par l'AAR au cours de leur vie utile. Comme le profil d'une roue s'use ou est affecté de défauts quelconques tous les 200 000 à 300 000 milles, les roulements à rouleaux sont inspectés et peuvent être remis en état et remis en service plusieurs fois avant que leurs pièces internes deviennent inutilisables. Sauf dans le cas de service spécial ou de conditions de service particulièrement rigoureuses, il arrive couramment qu'un roulement à rouleaux dure 15 ans sans connaître de problèmes, et même 30 ans quand il sert dans des wagons à essieux multiples.

Habituellement, la température de fonctionnement des roulements à rouleaux se situe à 40 °F au-dessus de la température ambiante pendant l'hiver, et à 60 °F au-dessus de la température ambiante pendant l'été (température absolue de 120 °F à 160 °F). La température typique des roulements installés dans nombre de locomotives est plus élevée de 20 °F, en raison surtout de la conception des bogies. Souvent, les locomotives standard affectées au service marchandises et au service voyageurs utilisent soit des roulements à rouleaux coniques de classe GG ou des roulements à rouleaux cylindriques de type Hyatt. Ces roulements sont conçus spécialement pour une utilisation à bord des locomotives et comportent des pièces à grande résistance pour pouvoir résister aux forces additionnelles qu'ils sont appelés à supporter.

On considère qu'une température qui se maintient régulièrement au-dessus de 160 °F entraîne une réduction de la durée de vie d'un roulement, en raison de la dégradation de la graisse de lubrification. Un fonctionnement continu à des températures élevées dépassant les 200 °F causerait un vieillissement prématuré des joints de caoutchouc et une oxydation du lubrifiant; à 240 °F, la graisse se décompose et l'élastomère du joint étanche se dégrade. En général, plus la température de fonctionnement est élevée, plus la durée de vie utile du roulement diminue. Cette réduction est due à la diminution de la viscosité de l'huile et, par conséquent, à la résistance moindre de la pellicule du lubrifiant.

²⁴

La durée nominale de service L10 est une valeur statistique selon laquelle on s'attend à ce que 10 p. 100 des roulements connaissent une rupture dans des conditions de laboratoire données. Elle n'indique pas la durée de vie utile attendue des roulements dans les conditions réelles d'exploitation.

Par ailleurs, le froid intense peut faire en sorte qu'un roulement atteigne sa température de fonctionnement plus lentement. Certaines graisses peuvent figer à des températures inférieures au point de congélation, à un point tel que la graisse n'atteint pas toutes les parties du roulement et n'assure pas la lubrification initiale qui s'avère alors critique. Suivant les propriétés mécaniques de la graisse, la température minimale de mise en route que les fabricants de roulements à rouleaux recommandent est d'environ moins 40 °F.

On a demandé à deux grands fabricants de roulements à rouleaux de préciser les températures auxquelles un détecteur de boîtes chaudes (DBC) devrait déterminer que les roulements surchauffent. Un des fabricants a cité une température absolue de 195 °F, alors que l'autre a indiqué une température absolue allant de 180 °F à 190 °F.

Annexe C - Comparaison entre les différents manuels de référence relatifs au SDV

Source	Date	Texte	Type de matériel roulant	Écart absolu maximal	Écart différentiel maximal
TP-105	1993	Critères pour la surchauffe d'un roulement	Locomotives	15 mm	7 mm
			Voitures pour voyageurs	15 mm	non calculé
			Roulements à rouleaux	15 mm	8 mm
			Paliers lisses	8 mm	4 mm
		Critères pour le début de surchauffe d'un roulement	Locomotives	12 mm	5 mm
			Voitures pour voyageurs	12 mm	non calculé
			Roulements à rouleaux	12 mm	6 mm
			Paliers lisses	6 mm	2,5 mm
Manuel du SDV (Servo)	mai 1995 pages 2 à 30	Alarme de danger immédiat	Roulements à rouleaux	17 mm	10 mm
			Paliers lisses	11 mm	9 mm
Devtronics		Surchauffe d'un roulement	Roulements à rouleaux	15 mm	10 mm ²⁵
			Paliers lisses	15 mm	10 mm

²⁵

Le logiciel Devtronics utilise la valeur correcte de 8 mm comme critère d'écart différentiel.

Source	Date	Texte	Type de matériel roulant	Écart absolu maximal	Écart différentiel maximal
		Début de surchauffe d'un roulement	Roulements à rouleaux	12 mm	6 mm
			Paliers lisses	12 mm	6 mm
Directive interne du S & C	octobre 1998	Surchauffe d'un roulement	Roulements à rouleaux	15 mm	8 mm
		Début de surchauffe d'un roulement	Roulements à rouleaux	12 mm	6 mm
Manuel du SDV (Servo)	mai 1995 pages 7 à 22	Valeurs d'étalonnage du détecteur de boîtes chaudes (DBC)	Température du simulateur de fonctions — 130 °F +/- 3 °F		Devrait produire un résultat désiré de 12 mm
Manuel du SDV du S & C	mai 1995 pages 5 à 10	Valeurs d'étalonnage du DBC	Réglage du simulateur de fonctions à 135 °F au-dessus de la température ambiante		La chaleur captée sur les deux rails devrait donner un écart de 10 mm à 12 mm

Annexe D - Exemples des subdivisions où des trains de voyageurs circulent et où l'espacement entre les DBC est de plus de 25 milles

Nota : Les subdivisions indiquées n'appartiennent pas toutes au CN

Province	Subdivision	Espacements supérieurs à 25 milles	Nombre total de DBC	Nombre total de milles	Service voyageurs
Nouvelle-Écosse et Nouveau-Brunswick	Bedford et Springhill	2 DBC avec espacements de 31,8 et de 29 milles	7	190	6 jours par semaine
Québec	Wacouana et Northern Land - Chemin de fer du littoral nord de Québec et du Labrador (QNS&L)	4 DBC avec espacements de 30 milles	10	260,8	deux fois par semaine
	Menehek - QNS&L	sans objet	pas de DBC	135,2	une fois par semaine
	La Tuque	2 DBC pour 125 milles	2	125,4	6 jours par semaine
	Saint-Maurice	4 DBC pour 256 milles	4	256	6 jours par semaine
	Lac-Saint-Jean	4 DBC pour 201 milles	4	201	6 jours par semaine
	Mont-Joli- Chemin de fer de la Matapédia et du Golfe (CFMG)	sans objet	pas de DBC	188,8	6 jours par semaine
	Chandler et Cascapédia - Corporation des Chemins de fer de la Gaspésie (CCFG) et Chemin de fer Baie des Chaleurs (CFBC)	sans objet	pas de DBC	130	4 jours par semaine
	Drummondville	2 DBC (espacement de 26,4 milles pour l'un et de 25,5 milles pour l'autre)	5	125,1	plusieurs trains à grande vitesse chaque jour
	Kingston	5 DBC avec espacements variant	15	333,8	plusieurs trains à grande vitesse chaque jour

Province	Subdivision	Espacements supérieurs à 25 milles	Nombre total de DBC	Nombre total de milles	Service voyageurs
		de 25 à 30 milles entre Coteau et Kingston			
Ontario	Chatham	1 DBC pour 70,5 milles et 1 pour 28 milles	1	70,5	service quotidien
	Newmarket	1 DBC situé près de Trout Creek	1	233,4	service de banlieue entre Toronto et Bradford
	Uxbridge	sans objet	pas de DBC	20	service de banlieue
	Brockville - Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP)	sans objet	pas de DBC	27	service LRC quotidien
	Guelph - Goderich & Exeter Railway (GEXR)	1 DBC avec espacement de 46,3 milles	3	89,9	service LRC quotidien
Manitoba	Rivers	3 DBC avec espacements de 28,9, 28,9 et 26,8 milles	14	280,3	6 jours par semaine
	Watrous	4 DBC (espacements variant de 26,9 à 27,8 milles)	11	247,3	6 jours par semaine
	Gladstone	2 DBC (espacements de 27,4 milles et de 59,0 milles)	3	121,7	6 jours par semaine
	Togo	2 DBC (espacements de 28,9 milles et de 58,9 milles)	3	124,9	6 jours par semaine
	Assiniboine	sans objet	pas de DBC	92,2	6 jours par semaine
	Turnberry	sans objet	pas de DBC	83,4	6 jours par semaine
	Wekusko - Chemin de fer de la baie d'Hudson	sans objet	pas de DBC	136,4	6 jours par semaine

Province	Subdivision	Espacements supérieurs à 25 milles	Nombre total de DBC	Nombre total de milles	Service voyageurs
	(CFBH)				
	Thicket - CFBH	sans objet	pas de DBC	189,7	6 jours par semaine
	Herchmer - CFBH	sans objet	pas de DBC	175,7	6 jours par semaine
	Flin Flon - CFBH	sans objet	pas de DBC	87,3	4 jours par semaine
	Sherridon - CFBH	sans objet	pas de DBC	184,8	4 jours par semaine
Alberta / Saskatchewan	Wainwright	5 DBC (4 avec espacements variant de 29,4 à 29,6 milles)	10	266,3	6 jours par semaine
Colombie-Britannique	Fraser	espacements supérieurs à 25 milles partout	5	146,1	6 jours par semaine
	Nechako	1 DBC avec espacement de 27,2 milles	5	115,4	6 jours par semaine
	Telkwa	1 DBC avec espacement de 27,3 milles	4	125,2	6 jours par semaine
	Bulkley	2 DBC avec espacements de 27,1 milles	5	131,9	6 jours par semaine
	Skeena	2 DBC avec espacements de 28,9 et de 29,3 milles	3	94,6	6 jours par semaine
	Mountain - CFCP	1 DBC avec espacement de 25,1 milles	6	125,7	6 jours par semaine
	Cascade - CFCP	1 DBC avec espacement de 25,2 milles	5	124,1	6 jours par semaine
	New Westminster - Burlington Northern Santa	sans objet	pas de DBC	35,7	service quotidien

Province	Subdivision	Espacements supérieurs à 25 milles	Nombre total de DBC	Nombre total de milles	Service voyageurs
	Fe Corporation (BNSF)				

Les autres points d'intérêt sont la distance entre le dernier DBC d'une subdivision et le premier DBC de la subdivision suivante. À certains endroits, ces distances sont également supérieures à 25 milles et les trains de voyageurs ne font plus d'arrêts à la gare qui sépare les deux subdivisions. À d'autres endroits, des trains de voyageurs roulent sur des tronçons de plusieurs subdivisions et peuvent parcourir des distances considérables avant d'être inspectés par un DBC; par exemple, au départ de la région de Vancouver, VIA Rail Canada Inc. et la Great Canadian Railway Company (Montagnard des Rocheuses) font circuler leurs trains en direction est dans des subdivisions de trois compagnies ferroviaires différentes. Ces trains parcourent 30,7 milles entre les inspections faites par des DBC.

Annexe E - Observation relative au matériel du SDV d'autres compagnies ferroviaires

Pour qu'on puisse mieux comparer le Système de détection en voie (SDV) du Canadien National (CN) aux installations des autres compagnies ferroviaires, une brève étude a été faite au sujet du matériel de SDV du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP), du Chemin de fer du littoral nord de Québec et du Labrador (QNS&L), et de VIA Rail Canada Inc. (VIA); au cours de cette étude, on a visité des installations au Québec, en Ontario et en Alberta. Les observations suivantes ont été faites lors des visites :

CFCP

- Le CFCP ne fait pas d'essais dynamiques de ses détecteurs de boîtes chaudes (DBC).
- Le CFCP a un critère plus élevé quant au seuil de déclenchement des alarmes.
- Le CFCP n'utilise pas de seuils multiples de déclenchement des alarmes.
- Les DBC du CFCP ont une capacité de contrôle de l'intégrité qui vérifie l'intégrité après chaque analyse.
- Le CFCP a un matériel informatique Servo plus récent que celui du CN.
- Le CFCP n'a pas de système d'avertissement de surchauffe des boîtes d'essieu (JAWS); il saisit plutôt les données antérieures des DBC et les compare au dossier de réparations du wagon.
- Le système du CFCP est plus homogène et plus simple.
- Le CFCP fait l'essai de son système de DBC en fonction des critères de déclenchement des alarmes.
- Le CFCP a entrepris un programme de réaligement de ses détecteurs de roues chaudes (DRC) de façon qu'ils fassent leur analyse à 90 degrés par rapport au rail, et entend placer les analyseurs en alternance sur le rail sud et le rail nord. Grâce au balayage à 90 degrés par rapport au rail plutôt qu'à 45 degrés, l'analyseur risque moins de faire une lecture incorrecte des températures élevées provenant des tables de roulement au moment du passage des roues. Monté de cette façon, un DRC contrôle uniquement les roues qui se trouvent sur le rail le plus rapproché de l'analyseur (alors qu'il contrôle les roues sur les deux rails quand il est monté à 45 degrés).

QNS&L

- Le QNS&L utilise une variété de matériel Servo et Sentry. Il a un site Cyberscan à l'essai.
- Le QNS&L a plus du double de détecteurs de pièces traînantes (DPT) et de DBC, et les DPT sont montés séparément des sites de DBC (à d'autres endroits).
- La plupart des sites de SDV du QNS&L sont munis de lecteurs d'identification automatique du matériel roulant, qui assurent une identification exacte des wagons.

- Les sites de DBC communiquent directement avec l'équipe du train par l'intermédiaire d'un automate vocal, et transmettent leurs données directement au contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) au moyen d'imprimés. Un formulaire d'« exception » s'imprime automatiquement dans le bureau de contrôle de la circulation ferroviaire et dans les bureaux d'entretien quand la valeur seuil de déclenchement d'alarme est dépassée.

VIA

- Chez VIA, les activités relatives à la voie et à la signalisation sont effectuées à contrat par la Rail Term, une entreprise de Montréal.
- La Rail Term emploie deux employés d'entretien du Département de la signalisation et des communications (S & C), qui se chargent de la majorité des tâches d'inspection et d'entretien relatives à la signalisation et au SDV pour les trois sites de SDV et les 76 systèmes de signalisation de passage à niveau que l'on compte dans les subdivisions Alexandria et Smiths Falls (allant de Coteau, près de Montréal, à Ottawa, et d'Ottawa à Smiths Falls), lesquelles appartiennent à VIA.
- Un des deux employés d'entretien du S & C n'avait pas suivi de cours de formation portant spécifiquement sur les DBC. Cet employé avait la responsabilité de l'inspection et de l'entretien de deux des trois sites de SDV de la subdivision Alexandria de VIA, où il passe environ huit trains de voyageurs et deux trains de marchandises presque chaque jour de la semaine.
- Les employés du S & C de la Rail Term ne comprenaient pas bien le fonctionnement des différents éléments du SDV; c'est-à-dire les DBC, les DRC et les DPT. Ils ne connaissaient pas les niveaux d'alarme et ne comprenaient pas bien le fonctionnement de l'ensemble du système, ou les conséquences que des changements apportés entre les sites pourraient avoir.
- Il n'y a pas de DBC dans la subdivision Smiths Falls, où il passe environ huit trains de voyageurs presque chaque jour de la semaine.
- Aucune des voitures pour voyageurs de VIA qui sont équipées de paliers d'essieu (soit plus de la moitié de son parc total de voitures) n'est équipée de dispositifs de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu. VIA s'en remet aux sites de SDV des compagnies ferroviaires dont ses trains empruntent les voies, quand les chemins de fer en question en sont équipés, pour détecter les roulements en surchauffe.
- Par suite du déraillement d'un train de VIA survenu à Biggar (Saskatchewan), attribuable à la rupture d'un essieu, VIA a retiré en 1998 tous les capteurs de surchauffe de paliers d'essieu dont les locomotives General Motors de son parc étaient équipées. Cette décision s'est fondée en partie sur le fait qu'on croyait que l'enlèvement de ces appareils ne poserait pas plus de menace pour la sécurité que pour l'autre moitié de son parc, qui n'avait pas été munie de capteurs de ce genre, et que pour presque l'ensemble des locomotives du service marchandises, qui n'en ont pas non plus. Les sept locomotives Bombardier, cotées pour une vitesse d'exploitation de 100 mi/h, sont les seules à être équipées de dispositifs de bord de détection de la surchauffe des paliers d'essieu.
- En 1999, deux boîtes chaudes ont été signalées à bord de trains de voyageurs de VIA dans la subdivision Kingston; une de ces boîtes chaudes avait trait à une fusée d'essieu d'une locomotive Légère, Rapide et Confortable (LRC), tandis que l'autre avait trait à une fusée d'essieu d'une voiture. L'examen des essieux au centre d'entretien de VIA a révélé que les indications de boîtes chaudes étaient fondées. D'après VIA, dans le cas d'un des événements, une rupture catastrophique

du palier d'essieu n° 4R a été évitée de justesse.

- En 1996, une voiture à alimentation électrique de service (HEP) a été affectée par la rupture d'un roulement tout juste après être passée devant un DBC du CN, lequel n'avait émis aucun avertissement. L'examen ultérieur mené par des représentants de VIA a révélé que la capsule malodorante n'avait pas été activée complètement, mais que le roulement avait fondu au complet.
- On a examiné plusieurs rubans de trains de VIA enregistrés dans les deux sites de SDV fonctionnels qui ont été visités dans la subdivision Alexandria. On a observé sur quelques rubans que les paliers d'essieu des locomotives n'indiquaient aucune chaleur, ce qui est similaire aux signaux forfaitaires enregistrés pour les voitures LRC²⁶.
- Un des trois sites de SDV de la subdivision Alexandria a été retiré du service pendant environ deux mois en attendant des pièces de rechange (le site de Moose Creek était équipé d'un DBC, d'un DRC et d'un DPT et a été retiré du service en juin et en juillet). Le 8 juin 1999, le CCF de la Rail Term, posté à Outremont (Québec), a envoyé un bulletin d'exploitation quotidien (BEQ) à l'intention des équipes de la compagnie, pour les aviser que le DBC était retiré du service. Le 24 juin 1999, soit le lendemain de la visite du BST dans la subdivision Alexandria, un autre BEQ a été envoyé, avisant les équipes des trains que le DBC et le DPT étaient tous deux retirés du service. Aucun des bulletins n'a avisé les équipes des trains que le DRC était aussi retiré du service.

Ayant relevé des écarts entre les différents réseaux ferroviaires canadiens (c'est-à-dire quant au matériel utilisé et à la façon de le régler, de l'entretenir et d'en faire l'essai), le BST a étendu son étude à certaines des autres grandes compagnies ferroviaires de catégorie 1 des États-Unis (Burlington Northern Santa Fe Corporation (BNSF), Union Pacific/Southern Pacific (UPSP), CSX Corporation (CSX)). Le tableau ci-après montre les résultats des observations du BST, et met en évidence certaines des différences qui ont été relevées quant aux installations des SDV.

Les conditions d'exploitation des compagnies ferroviaires sont similaires (pondération pour le service voyageurs ou marchandises ou pour les différences extrêmes dans le nombre de tonnes brutes-milles, etc.). Le système de DBC de chaque compagnie ferroviaire est conçu pour assurer une protection contre le même problème (c'est-à-dire rupture complète d'un essieu); toutefois, comme l'indiquent les données du tableau suivant, les compagnies ne s'y prennent pas toutes de la même manière pour arriver au résultat voulu.

²⁶

Les voitures LRC n'ont pas de paliers extérieurs sur leurs essieux. Comme les analyseurs des DBC sont placés du côté extérieur du rail, il n'y a pas de fusée d'essieu à contrôler, de sorte que le ruban de sortie montre une « ligne plate » typique, indiquant la valeur forfaitaire de 1,8 mm. Des employés qui ont suivi une formation appropriée reconnaissent immédiatement ces rubans de sortie qui, combinés à la longueur et à la vitesse du train, désignent un train LRC.

Autres compagnies ferroviaires de catégorie 1 (É.-U. et Canada)	Catégorie 1 - A	Catégorie 1 - B	Catégorie 1 - C	Catégorie 1 - D	CN
Espacements types sur les itinéraires principaux	20 milles +/- 5 milles	20 milles	25 milles	de 25 à 30 milles	de 15 à 20 milles
Réglage de base	Installation autonome	Installation autonome et surveillance centrale	Installation autonome	Installation autonome	Installation autonome et surveillance centrale
Critères de déclenchement d'alarme : - DBC					
Écart absolu (au-dessus de la temp. amb.*)	180 °F	180 °F	195 °F	130 °F	170 °F (180 °F Sentry)
Écart différentiel	120 °F	117 °F	135 °F	120 °F	100 °F (120 °F Sentry)
Wagon / côté de wagon (coefficient)	1,60	2,00	1,3	S/O	Devtronics
DRC (au-dessus de la temp. amb.)	650 °F	800 °F	Aucun	600 °F	558 °F ²⁷
Essais dynamiques de DBC	Non	Oui	Oui, avec voiture TEST	Non	Oui, avec 210 °F et 170 °F
Températures d'étalonnage	Servo 130 °F > temp. amb. Sentry 180 °F > temp.	Servo 126 °F > temp. amb. Sentry 180 °F > temp.	Servo 130 °F > temp. amb. Sentry S/O	Servo 130 °F > temp. amb. Sentry S/O	Servo 135 °F > temp. amb. Sentry 135 °F > temp. amb.

27

Si un DRC perd la communication avec le bureau du centre de contrôle de la circulation ferroviaire, le critère revient à 514 °F. Normalement, le critère est fixé à 300 °F pour une roue « tiède » et à 558 °F pour une alarme de roue « chaude ». Aucun des sites du CN qui fonctionnent avec le matériel de la Southern Technologies Corporation (Sentry) n'est équipé d'un DRC.

Autres compagnies ferroviaires de catégorie 1 (É.-U. et Canada)	Catégorie 1 - A	Catégorie 1 - B	Catégorie 1 - C	Catégorie 1 - D	CN
	amb.	amb.			

* temp. amb. = température ambiante

Annexe F - Liste des rapports pertinents

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP 109/99 - *Wheels/Axles and Bearing Examination - R99T0031* (Examen des roues et essieux et des roulements - R99T0031)

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

Annexe G - Sigles et abréviations

AAR	Association of American Railroads
ACFC	Association des chemins de fer du Canada
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
AWA	alarme de danger immédiat
BEQ	bulletin d'exploitation quotidien
BNSF	Burlington Northern Santa Fe Corporation
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CCF	contrôleur de la circulation ferroviaire
CCFG	Corporation des Chemins de fer de la Gaspésie
CCFM	contrôleur de la circulation ferroviaire – Mécanique
CFBC	Chemin de fer Baie des Chaleurs
CFBH	Chemin de fer de la baie d'Hudson
CFCP	Chemin de fer Canadien Pacifique
CFMG	Chemin de fer de la Matapédia et du Golfe
CN	Canadien National
CSX	CSX Corporation
DBC	détecteur de boîtes chaudes
DDR	détecteur de défauts de roues
DPT	détecteur de pièces traînantes
DRC	détecteur de roues chaudes
É.-U.	États-Unis
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
F	Fahrenheit
GEXR	Goderich & Exeter Railway
GM	General Motors
GPL	gaz de pétrole liquéfié
h	heure
HB	écart absolu relatif à la surchauffe d'un roulement
HD	écart différentiel relatif à la surchauffe d'un roulement
HEP	alimentation électrique de service (<i>head-end power</i>)
HNE	heure normale de l'Est
IGE	Instructions générales d'exploitation
JAWS	système d'avertissement de surchauffe des boîtes d'essieu
km/h	kilomètre à l'heure
lb/po ²	livre au pouce carré
LIE	limite inférieure d'explosivité
LRC	Léger, Rapide, Confortable
LRS	long rail soudé
LSE	limite supérieure d'explosivité
mi/h	mille à l'heure

min	minute
mm	millimètre
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
ODBC	opérateur de détecteurs de boîtes chaudes
ppm	partie par million
QNS&L	Chemin de fer du littoral nord de Québec et du Labrador
REF	Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada
s	seconde
S & C	Département de la signalisation et des communications
SDV	Système de détection en voie
SFE	surchauffe de fusée d'essieu
STC	Southern Technologies Corporation
temp. amb.	température ambiante
UPSP	Union Pacific/Southern Pacific
UTD	unité de traitement des données
VIA	VIA Rail Canada Inc.
W2	indication d'un début de surchauffe d'un roulement basée sur une comparaison de chaque impulsion d'un côté donné d'un train et la moyenne de toutes les impulsions de ce côté du train
W3	indication d'un début de surchauffe d'un roulement basée sur un coefficient entre l'impulsion la plus forte enregistrée de chaque côté de chaque wagon et la moyenne du reste des impulsions de ce côté du wagon
WB	écart absolu relatif à un début de surchauffe d'un roulement
WD	écart différentiel relatif à un début de surchauffe d'un roulement
°	degré