

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE

R03W0169

DÉRAILLEMENT

DU TRAIN DE MARCHANDISES NUMÉRO 202-16
EXPLOITÉ PAR LE CHEMIN DE FER CANADIEN PACIFIQUE

AU POINT MILLIAIRE 86,5

DE LA SUBDIVISION KAMINISTIQUIA

À CARLSTADT (ONTARIO)

LE 19 OCTOBRE 2003

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

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement

du train de marchandises numéro 202-16
exploité par le Chemin de fer Canadien Pacifique
au point milliaire 86,5
de la subdivision Kaministiquia
à Carlstadt (Ontario)
le 19 octobre 2003

Rapport numéro R03W0169

Sommaire

Le 19 octobre 2003 à 23 h 18, heure avancée du Centre, le train de marchandises 202-16 du Chemin de fer Canadien Pacifique, qui roulait en direction est à destination de Toronto (Ontario), s'est immobilisé après que deux wagons porte-conteneurs à deux niveaux de chargement ont déraillé au point milliaire 86,5 de la subdivision Kaministiquia, près de Carlstadt (Ontario). Personne n'a été blessé. Aucune marchandise dangereuse n'a été mise en cause dans l'événement.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Renseignements sur le train, l'équipage et les conditions météorologiques

Le 19 octobre 2003, le train de marchandises 202-16 (le train) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP), parti de Coquitlam (Colombie-Britannique) à destination de Toronto (Ontario), roulait sur la voie principale de la subdivision Kaministiquia. Le train, qui comptait une locomotive et 45 wagons chargés, mesurait 6 061 pieds et pesait 4 658 tonnes, et il ne transportait pas de « marchandises dangereuses spéciales ». Dans la subdivision Kaministiquia du CFCP, la circulation ferroviaire est régie par commande centralisée de la circulation (CCC) conformément au *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), et elle est surveillée par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à Calgary (Alberta). En moyenne, 21 trains de marchandises circulent chaque jour dans ce secteur, à des vitesses autorisées allant de 45 mi/h à 60 mi/h. Aucun bulletin de marche n'était en vigueur.

L'équipe de conduite, formée d'un mécanicien et d'un chef de train, avait pris les commandes du train à sa gare de détachement d'Ignace (Ontario). Le train devait se rendre à la gare d'attache de l'équipe, soit à Thunder Bay (Ontario). Les membres de l'équipe connaissaient bien le territoire et satisfaisaient aux exigences en matière de condition physique et de repos. Les deux membres de l'équipe comptaient au moins 28 années d'expérience, au cours desquelles ils avaient surtout conduit des trains dans la subdivision Kaministiquia. Lors de l'accident, le ciel était couvert et la température était de 6 °C.

L'accident

Après avoir conduit un train de Thunder Bay à Ignace au cours de la journée, l'équipe est appelée à prendre son service à 20 h 35, heure avancée du Centre¹. L'équipe prend les commandes du train et entreprend sa période de service à 21 h 10. Après être montés à bord du train, les membres de l'équipe procèdent à un essai de leurs radios, conformément à la règle 117 du REF². Après cette vérification, le chef de train ferme sa radio portative et l'équipe continue de se servir uniquement de la radio de la locomotive. La règle 119 du REF exige que les récepteurs de radio portative et la radio de la locomotive restent allumés et soient réglés au canal d'attente approprié qui permettra une écoute permanente. La façon dont le CFCP interprète la règle 119 du REF se reflète dans ses Instructions générales d'exploitation (IGE)³. On y lit en effet qu'à bord des trains et des locomotives qui circulent sur une voie principale, il doit y avoir au moins une radio réglée pour l'écoute du canal d'attente du train, qui est indiqué dans l'indicateur de la subdivision.

¹ Toutes les heures sont exprimées en heure avancée du Centre (temps universel coordonné moins cinq heures).

² La règle 117 du REF stipule que les membres d'une équipe de train ou de locomotive doivent faire entre eux un essai de leurs radios, s'ils en sont munis, avant de quitter leur terminal d'origine ou leur point de relève ou de prise de service.

³ IGE du CFCP, section 4, article 9.0, en vigueur le 1^{er} mars 2002

Après avoir attendu que le train 104 parte devant lui, le train quitte Ignace à 21 h 45. En partant d'Ignace, le train passe à un passage à niveau situé au point milliaire 147,16 sans actionner le sifflet ou la cloche de la locomotive⁴. Peu après, l'équipe entend un message « no alarm » (« tout est normal ») sur le canal d'attente radio (CP 01). Ce message radio est émis par le détecteur de boîtes chaudes (DBC) du point milliaire 140,7 et s'adresse au train précédent. Après avoir quitté Ignace, l'équipe entend très peu d'autres communications radio. Le train continue sa route et passe au-dessus des DBC des points milliaires 140,7 et 123,0, lesquels émettent des messages « no alarm » (« tout est normal »).

Comme le train approche de Sheba (Ontario), point milliaire 105, l'équipe décide d'appeler le CCF pour discuter d'une rencontre possible avec un train qui circule en direction ouest. Après que le mécanicien a sélectionné le canal d'appel du CCF (CP 03), l'équipe décide que l'appel n'est pas nécessaire. Le mécanicien essaie de régler de nouveau la radio sur le canal d'attente (CP 01). En procédant à ce changement, il appuie sur « Home 0 4 » plutôt que sur « Home 0 1 », réglant par inadvertance la radio sur le canal CP 04. Le train continue sa route et passe au-dessus du DBC du point milliaire 98,5. Les membres de l'équipe ne remarquent pas qu'ils ont dépassé le DBC et qu'ils n'ont pas reçu de message ou d'alarme sonore. Le train poursuit sa route jusqu'aux environs du point milliaire 88,0, où le mécanicien ressent une légère traction et un changement dans la façon dont le train se comporte.

Le consignateur d'événements de locomotive a révélé que la manette des gaz du train a été réglée au maximum (position 8) dès le départ d'Ignace. Le train a roulé à une vitesse de 35 mi/h à 45 mi/h pendant la plus grande partie du parcours. À 23 h 14 min 15 s, près du point milliaire 87,4, le train commence à décélérer régulièrement alors qu'on roule encore à pleins gaz. Le mécanicien met alors le moteur au ralenti et laisse le train s'arrêter sans se servir des freins du train. À 23 h 18 min 30 s, la locomotive s'immobilise au point milliaire 86,0, un peu à l'est de Carlstadt (Ontario).

Le chef de train prend sa radio portative avec lui, descend du train et commence à l'inspecter. Pendant l'inspection à l'arrêt, le chef de train reçoit un appel du CCF sur le canal d'attente. Le CCF, qui ignore que le train s'est immobilisé, s'informe à savoir si le train a dégagé l'extrémité est de la voie d'évitement de Carlstadt, étant donné que l'aiguillage à cet endroit n'est pas en correspondance. Le chef de train informe le CCF qu'ils viennent de dépasser la voie d'évitement et qu'ils se sont arrêtés pour inspecter le train. Pendant ce temps, le mécanicien essaie en vain de communiquer avec le CCF. Après avoir constaté que la radio n'est pas réglée au bon canal, le mécanicien la règle sur le canal CP 01 et entend alors le CCF et le chef de train qui parlent.

Le chef de train continue d'inspecter le train et découvre que les 23^e et 24^e wagons derrière la locomotive (DTTX 656207 et DTTX 54636) ont déraillé et sont inclinés du côté nord de la voie. Il s'agit de deux wagons porte-conteneurs à deux niveaux de chargement à une plate-forme, qui sont chargés de marchandises diverses. On constate que les deux wagons ont subi des

⁴

La règle 14 du REF dit que les signaux par sifflet de locomotive doivent être donnés à au moins un quart de mille de tous les passages à niveau publics jusqu'à ce que le passage à niveau soit entièrement occupé par la locomotive ou par les wagons ou voitures.

dommages à leurs éléments mécaniques et que le roulement à rouleaux et la fusée d'essieu à la position R-2 du 24^e wagon ont surchauffé. L'inspection des wagons ne révèle pas de défauts mécaniques antérieurs qui auraient pu contribuer au déraillement.

Inspection des lieux

En direction ouest à partir des wagons déraillés, on a relevé le long de la structure de la voie des marques superficielles qu'on a retracées jusqu'au point milliaire 96,41, soit le point de déraillement initial. On a relevé des pièces du roulement à rouleaux R-2 au point milliaire 97,4. Sur les 10 milles qui séparaient le point de déraillement et l'endroit où les wagons déraillés se sont immobilisés, on a relevé des dommages intermittents sur le ballast, les traverses, les anticheminants, les crampons et le platelage des passages à niveau. Le branchement à commande électrique situé à l'extrémité est de la voie d'évitement de Carlstadt (point milliaire 87,9) a subi des dommages, et le mât de signal de la voie principale situé à cet endroit a été renversé. Les branchements des points milliaires 95,5 et 91,0 ont aussi été endommagés.

Examen après le démontage du roulement à rouleaux

Les roues et l'essieu ainsi que les morceaux du roulement à rouleaux surchauffé de la fusée d'essieu R-2 du wagon DTTX 54636 qui ont été récupérés ont été envoyés pour analyse au service des essais du CFCP. L'examen a révélé que la fusée d'essieu R-2 avait fait surchauffer l'essieu à environ 6 1/4 pouces vers l'extérieur du moyeu de roue. La partie restante de la fusée d'essieu était conique et s'amincissait jusqu'à atteindre un pouce de diamètre au point de séparation. Il a été impossible de déterminer la cause de la défaillance du roulement à rouleaux, en raison de la gravité des dommages.

Renseignements sur la voie et inspection de la voie

La voie principale de la subdivision Kaministiquia est une voie simple de catégorie 4. Elle est faite de longs rails soudés de 136 livres, posés sur des selles de 14 pouces à double épaulement. Il y avait en moyenne 60 traverses par 100 pieds de voie, et les traverses consistaient en un mélange 60/40 de traverses de bois dur traité et de bois mou. Les rails et les selles de rail étaient retenus à chaque traverse par trois crampons, et ils étaient encadrés par des anticheminants au besoin. La structure de la voie reposait sur un ballast de pierre, les cases étaient garnies et les banquettes s'étendaient jusqu'à 24 pouces au-delà du bout des traverses. Du point milliaire 98,5 au point milliaire 88,0, la voie ferrée est à peu près en palier et ne comporte que des pentes et des rampes mineures. Du point milliaire 88,0 au point milliaire 84,0, elle gravit une rampe continue dans le sens d'avancement du train.

En plus d'inspections hebdomadaires et mensuelles régulières, les voies de la subdivision Kaministiquia font l'objet cinq fois par année d'essais ultrasoniques effectués par une voiture de détection des défauts de rails. La géométrie de la voie est contrôlée quatre fois l'an par une voiture TEST du CFCP. Dans le secteur du déraillement, le dernier passage de la voiture de détection des défauts de rails remontait au 4 septembre 2003, et celui de la voiture TEST remontait au 17 septembre 2003; le secteur avait fait l'objet d'une inspection visuelle le 17 octobre 2003. Toutes ces inspections n'ont pas permis de relever dans le secteur du déraillement des défauts qui pourraient être considérés comme déterminants.

Information transmise par les détecteurs de boîtes chaudes et statistiques sur la surchauffe de roulement à rouleaux

Selon les événements à signaler survenus au Canada depuis 1996, les défaillances de roulements à rouleaux qui entraînent la surchauffe de fusées d'essieu sont à l'origine de 11 déraillements en moyenne chaque année dans les réseaux ferroviaires de compétence fédérale. Au Canada, les DBC du réseau du CFCP sont placés à des intervalles d'environ 20 à 30 milles. Il y a sept emplacements de DBC de type SERVO 9000 dans la subdivision Kaministiquia, en l'occurrence aux points milliaires 140,7, 123,0, 98,5, 78,5, 59,2, 31,5 et 16,1. Les DBC contrôlent les trains au moment de leur passage afin de détecter les roulements à rouleaux surchauffés, les roues surchauffées et les pièces traînantes, et ils signalent ces problèmes aux équipes des trains. Les DBC vérifient la température de chaque roulement à rouleaux au moment où le train passe au-dessus d'un capteur infrarouge. Ils mesurent et enregistrent la température des roulements dans une échelle graduée en millimètres (mm), dans laquelle chaque mm de déviation équivaut à 10 °F. Quand l'écart de température mesuré par rapport aux roulements du côté opposé du même essieu est supérieur à 10 mm (100 °F) ou quand la mesure du roulement montre une déviation supérieure à une valeur absolue de 18 mm (180 °F) au-dessus de la température ambiante, une alarme de surchauffe de roulements à rouleaux se déclenche. En 2003, le CFCP a branché les DBC de son circuit de transport de charbon de la Colombie-Britannique à un système centralisé de surveillance. Grâce à ce système centralisé, le CFCP peut procéder à des analyses des tendances qui lui permettent de prendre des mesures proactives, notamment en retirant de la circulation des wagons dont les roulements sont suspects. Dans le reste du réseau du CFCP, toutefois, chaque DBC fonctionne isolément puisque les détecteurs ne sont pas en réseau, et les DBC ne sont pas non plus en communication avec le CCF. Le CFCP étudie actuellement la possibilité d'appliquer dans d'autres subdivisions et à d'autres types de wagons le système qu'il a mis en place dans son circuit de transport de charbon de la Colombie-Britannique.

En comparaison, le Canadien National (CN) a mis ses DBC en réseau, ce qui lui permet de prendre connaissance des données sur la température des roulements à rouleaux grâce à un centre de commande dans lequel des contrôleurs de la circulation ferroviaire - Mécanique (CCFM) travaillent 24 heures sur 24. En plus de surveiller les alarmes des DBC sur le terrain, les CCFM surveillent le système pour déceler les roulements plus chauds que la moyenne. Compte tenu des tendances ou des alarmes qu'ils observent, les CCFM ont le pouvoir d'arrêter un train. Par exemple, quand il surveille les tendances relatives à la température, le CCFM peut donner l'alarme après qu'un roulement à rouleaux a fait l'objet de trois lectures de « début de surchauffe ». Un roulement en « début de surchauffe » est un roulement dont la température a atteint au moins la moitié du seuil de déclenchement d'une alarme du DBC. En 2003, ce processus a permis au CN d'identifier quelque 40 % des cas de surchauffe de roulements à rouleaux. Le CN a retiré du service les roulements suspects avant qu'ils n'atteignent le seuil de déclenchement d'alarme.

Système à « émetteur parlant » des DBC du CFCP

La section 5, partie II des IGE du CFCP renferme les instructions auxquelles les équipes des trains doivent se conformer lorsqu'un train passe devant un DBC ou déclenche une alarme d'un DBC. Les DBC du CFCP utilisent un « émetteur parlant » (automate vocal) automatisé qui émet des messages vocaux. Quand une alarme se déclenche, le DBC émet immédiatement une tonalité d'alerte pendant une seconde sur les ondes du canal d'attente désigné pour la subdivision. Après que le train au complet est passé au-dessus du détecteur, un message vocal automatisé précisant le type et la position de la défektivité est émis de la même manière. Ce message énumère les défektivités dans un ordre séquentiel à partir de l'avant du train. Le message est répété

après une pause de deux secondes, après quoi il est suivi du message « message complete, detector out » (« message terminé; le détecteur est fermé »). Si aucune alarme n'est déclenchée, le système diffuse le message vocal « no alarm » (« tout est normal »). Si le DBC ne fonctionne pas mais peut quand même émettre des messages, il diffuse le message vocal « not working » (« système hors de service »).

Enregistrement des lectures des DBC

Les messages d'alarme et les données sur la température des roulements à rouleaux de chaque train sont enregistrés et sont stockés dans la mémoire d'un ordinateur placé dans la guérite du DBC, construite en bordure de la voie. La période de conservation des données dépend du nombre de trains qui circulent au-dessus de chaque DBC. Le personnel de la section Signalisation et Communications (S & C) du CFCP a indiqué qu'en raison du trafic de la subdivision Kaministiquia, les données des DBC sont conservées pendant environ deux jours, après quoi elles sont effacées.

Après l'accident, on a téléchargé les données sur les trains consignées par les DBC des points milliaires 140,7, 123,0 et 98,5. Les DBC en question avaient fonctionné comme ils devaient le faire, sans exception. L'examen des données téléchargées du DBC du point milliaire 98,5 a confirmé que l'automate vocal avait diffusé une alarme sur les ondes du canal d'attente (CP 01). Le message d'alarme indiquait : « one alarm, first alarm, hotbox North rail, axle number 168 » (« une anomalie, première anomalie, boîte chaude, rail nord, essieu 168 »). La position de cet essieu correspondait à l'emplacement R-2 du wagon DTTX 54636. Le tableau 1 indique les lectures de température du roulement R-2 ainsi que les températures moyennes des roulements à rouleaux du train, qui ont été obtenues de chaque DBC.

Tableau 1. Températures enregistrées par les DBC pour le roulement à rouleaux R-2 du wagon DTTX 54636

Détecteur de boîtes chaudes	Température du roulement à rouleaux (F)	Température moyenne des roulements à rouleaux du train (F)
Point milliaire 140,7	83°	38°
Point milliaire 123,0	12°	43°
Point milliaire 98,5	24°	46°

L'examen des données des DBC de deux autres enquêtes en cours du BST (R03T0080 et R03T0158) portant sur la surchauffe de roulements à rouleaux a révélé que les roulements à rouleaux avaient commencé à surchauffer avant que le train passe au-dessus du DBC qui a déclenché l'alarme. Parce que ces températures élevées n'ont pas atteint le seuil de déclenchement d'alarme des DBC du CFCP, l'information n'a pas été transmise.

Rapports sur les alarmes des DBC et DBC hors de service

La règle 85 du REF dit que « le chef de train s'assurera que le CCF est informé rapidement de toute situation connue susceptible de retarder le train. » De plus, la section 5, partie 1, article 16 des IGE du CFCP traite des rapports sur les retards des trains causés par des réparations effectuées sur des wagons en cours de route, par le retrait de wagons et par des alarmes des DBC. Au sujet des alarmes des DBC et des DBC hors de service, les IGE indiquent que le chef de train doit transmettre de vive voix l'information au CCF à la première occasion. La section 5, partie II, article 1.5 des IGE dit que, quand l'équipe d'un train avise le CCF qu'un DBC semble hors de service, le CCF doit informer le personnel de la section S & C, qui assurera le suivi approprié. Les IGE ajoutent que, si un DBC hors de service est signalé et que le train ne transporte pas de « marchandises dangereuses spéciales », il n'est pas nécessaire d'inspecter le train et le CCF peut autoriser le train à poursuivre sa route jusqu'au DBC suivant.

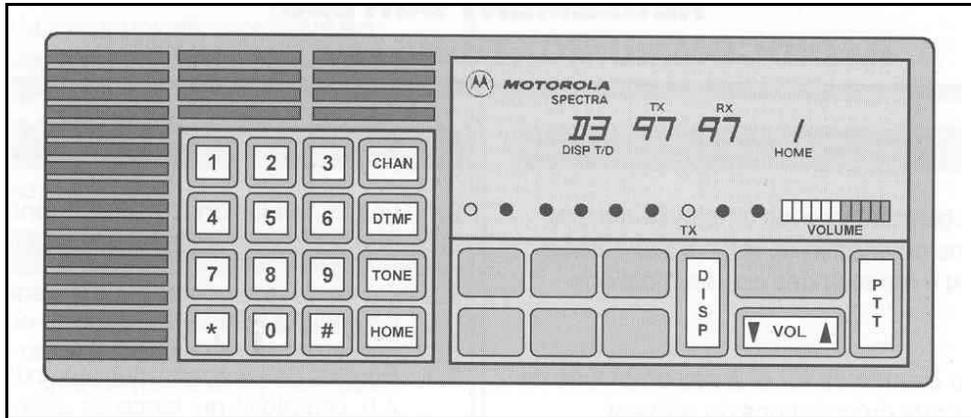
Dans le cas d'un message « no alarm » (« tout est normal »), l'équipe n'a aucune mesure à prendre. Toutefois, on a fait savoir au cours de l'enquête que certaines équipes ont recours à des méthodes particulières pour s'informer des renseignements transmis par les détecteurs au moment de leur passage.

Dans l'événement à l'étude, chaque membre de l'équipe a indiqué n'avoir entendu que deux alarmes des DBC au cours de l'année précédente.

Radios de la locomotive

L'unique locomotive (CP 9639) du train était une locomotive de modèle GE AC4400CW, construite en 1997. Du fait de l'adoption de commandes de type poste de travail, on a revu l'aménagement de la cabine des locomotives GE de ce type, de sorte que la radio a été placée au-dessus des fenêtres avant de la cabine, à gauche du siège du mécanicien. Cette position de la radio est devenue la norme dans les locomotives de marque GE, et cette disposition est utilisée dans des milliers de locomotives qui sont en service en Amérique du Nord. Les locomotives GE représentent actuellement quelque 30 % du parc de locomotives de ligne du CFCP.

La radio qu'on emploie le plus couramment à bord des locomotives du CFCP, et notamment à bord de la CP 9639, est une radio de modèle Spectra de Motorola (voir la figure 1).



On utilise le clavier de la radio Spectra de Motorola de la même façon que le clavier à boutons-poussoirs d'un téléphone. Au cours de l'enquête, plusieurs employés du CFCP ont fait savoir qu'il arrivait à l'occasion qu'on sélectionne un canal incorrect quand on utilise une radio de ce type.

Les IGE du CFCP contiennent des instructions sur l'emploi de la radio. Les trains du CFCP utilisent deux canaux principaux de communication radio, le canal « d'attente » (ou de « ligne ») et le canal « d'appel du CCF ». Les équipes des trains sont à l'écoute du canal d'attente qui est précisé dans l'indicateur relatif au territoire dans lequel elles roulent. Le canal d'attente est celui qui sert pour la plupart des communications des trains et il est le seul canal sur lequel les DBC diffusent des messages. Normalement, le CCF n'est pas à l'écoute du canal d'attente. Les équipes appellent le CCF sur le canal d'appel du CCF, qui est indiqué dans l'indicateur, puis elles reviennent sur le canal d'attente, en attendant que le CCF rappelle.

L'indicateur n° 10 du CFCP pour la région du nord de l'Ontario précise que le canal d'attente en vigueur dans la subdivision Kaministiquia est le canal CP 01 et que le canal d'appel du CCF est le CP 03. Comme on le précise dans les IGE et dans l'indicateur n° 10 du CFCP, on utilise les touches « * 3 1 # » pour appeler le CCF sur le canal CP 03. Après avoir enfoncé les touches, on reçoit un message « OK », suivi d'un retour d'appel dans les huit secondes suivantes. L'opérateur radio doit alors appuyer sur les touches « HOME 0 1 » pour revenir au canal d'attente (CP 01) et attendre la réponse du CCF.

Essais pratiques comparatifs de radios de locomotive faits par le BST

Les enquêteurs du BST ont examiné trois dispositions différentes de cabines de locomotive afin de déterminer l'emplacement de la radio et d'évaluer la facilité d'utilisation de la radio à partir du siège du mécanicien. Ils ont examiné l'aménagement de la cabine de locomotives de modèles GE AC4400CW, GM SD-90 MAC et GM SD-40-2.

Dans la cabine de la GE AC4400CW, une personne de taille moyenne qui prend place dans le siège devrait tendre la main gauche sur une distance d'environ 6 pouces, ou tendre la main droite sur une distance d'environ 12 pouces, pour atteindre la radio de la locomotive. En comparaison, comme la radio de la GM SD-90 MAC est placée à droite du siège du mécanicien (au-dessus de la fenêtre) et comme celle de la GM SD-40-2 est incorporée au pupitre de commande standard (à gauche du siège du mécanicien), ces radios sont plus faciles d'accès que celle de la locomotive GE. Voici des photographies illustrant la position de chaque poste de radio et la mesure dans laquelle on peut le rejoindre en tendant la main droite.



Réglementation sur les heures de travail

Les *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation*, auxquelles Transports Canada a donné une approbation conditionnelle le 18 juin 2002, sont entrées en vigueur le 1^{er} avril 2003. Les règles ont été élaborées conformément aux dispositions de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* et s'accompagnent de la

circulaire 14 de l'Association des chemins de fer du Canada, intitulée « Pratiques et procédures recommandées pour l'application des règles relatives au temps de travail et de repos ». Le système utilisé par le CFCP pour l'établissement des horaires de travail des équipes d'exploitation a été basé sur ces règles et il est conforme aux dispositions des conventions collectives.

Les règles relatives au temps de travail et de repos précisent que les employés de l'exploitation ont la responsabilité de se présenter au travail frais et dispos. Les règles définissent la période « de service » comme étant le délai entier qui s'écoule entre le moment où un membre du personnel doit se présenter au travail et le moment où il termine son service, et elles ajoutent qu'une période de service ne peut excéder une durée maximale de 12 heures. Toutefois, si l'équipe termine une période de service et arrive à la gare de détachement en moins de 10 heures, elle pourra faire une pause raisonnable avant de reprendre le travail pour le trajet de retour. Dans cette situation, le nombre total d'heures de travail peut dépasser 18 heures dans une période de 24 heures. Le temps pendant lequel on s'inscrit en repos, la période raisonnable de pause et le temps de veille entre les parcours (si l'on ne s'inscrit pas en repos) ne comptent pas dans le calcul de la période de service.

À titre de comparaison, l'industrie canadienne du transport aérien permet une période de service de vol de 14 heures, alors que, pour les camionneurs, la période de service peut atteindre 15 heures, dont une période maximale de 13 heures de conduite. Dans ces industries, la période de service inclut le temps de préparation du voyage et le temps de veille entre les parcours, si l'on ne s'inscrit pas en repos.

Heures de travail des membres de l'équipe du train

Dans l'industrie ferroviaire, on appelle habituellement les équipes deux heures avant l'heure à laquelle elles doivent prendre leur service, de façon à leur permettre de se préparer au travail. De plus, il arrive couramment que les équipes évitent de s'inscrire en repos à une gare de détachement, étant donné que cette période de repos pourrait leur faire rater la première occasion qui se présente de rentrer à la maison.

Dans l'événement à l'étude, les deux membres de l'équipe ont déclaré qu'ils se sentaient frais et dispos quand ils ont pris les commandes du train. On a examiné leurs dossiers de travail pour les sept jours précédant l'événement. L'aménagement des quarts de travail du mécanicien a changé à six reprises au cours des sept jours qui ont précédé l'accident. Quant au chef de train, il a eu un horaire de travail similaire pendant les sept jours précédant l'événement.

Voici le résumé de l'horaire de travail du mécanicien pendant les deux jours qui ont précédé l'accident :

- C** Le 17 octobre 2003, le mécanicien a reçu un appel à 10 h 11, disant de prendre son service à 12 h.
- C** Il est parti de Thunder Bay et est arrivé à Ignace à 18 h 30 le même jour.
- C** Le mécanicien ne s'est pas inscrit en repos à Ignace pendant qu'il attendait un train qui allait le ramener chez lui. Il est finalement reparti à 22 h 3 et est arrivé à Thunder Bay à 9 h 15, le 18 octobre 2003.
- C** Après s'être inscrit en repos pour une période de 24 heures, le mécanicien a été appelé pour conduire un train à 10 h 39 le 19 octobre 2003. Il a quitté Thunder Bay à 11 h 45 et est arrivé à Ignace à 17 h 30.
- C** Le mécanicien ne s'est pas inscrit en repos et a été affecté au train en cause dans l'événement, lequel est parti d'Ignace à 21 h 10.
- C** L'accident est survenu environ deux heures plus tard.

Rythmes circadiens, périodes de veille prolongées et fatigue

Pour ainsi dire, toutes les fonctions du corps (p. ex. température corporelle, digestion, niveau hormonal) sont régies par un cycle quotidien appelé rythme circadien. Les perturbations du rythme circadien peuvent affecter le rendement et le fonctionnement cognitif⁵. Les travailleurs de quarts sont particulièrement affectés par l'altération de ces fonctions^{6,7}. Le rendement et le fonctionnement cognitif sont à leur plus bas pendant les périodes où le rythme circadien voudrait qu'on dorme. Des mesures précises du rendement, portant notamment sur le temps de réaction⁸ et sur les alarmes liées à la sécurité des trains⁹, démontrent que le rendement est à son plus bas pendant le quart de nuit. De plus, les chercheurs ont découvert que l'ajustement du système circadien chez les humains se fait à un rythme de 1,5 heure par jour si le décalage des quarts de travail se fait dans le sens horaire, et d'une heure par jour si le décalage se fait dans le sens antihoraire¹⁰.

La question de la diminution du rendement associée aux périodes prolongées de veille a fait l'objet de travaux de recherche et elle a été traitée dans un rapport précédent du BST (R97C0147). Une étude en laboratoire sur le phénomène de la fatigue¹¹ a démontré qu'une période de veille continue de 17 heures produit une dégradation des fonctions psychomotrices (coordination oeil-main) équivalente à celle qui serait causée par une alcoolémie de 0,05 %, et qu'une période de veille continue de 24 heures produit une dégradation équivalente à celle qui serait causée par une alcoolémie de 0,10 %. On sait aussi que la fatigue due à la combinaison d'une veille prolongée et de perturbations du rythme circadien peut s'avérer tout aussi néfaste pour ce qui est du rendement et du fonctionnement cognitif.

⁵ T.H. Monk, « Shift Work: Determinants of Coping Ability and Areas of Application », *Advances in the Biosciences*, vol. 73, 1988, pp. 195-207.

⁶ A.D. Baddeley et G. Hitch, « Working Memory », *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, vol. 8, New York, Academic Press, 1974, pp. 47-89.

⁷ S. Folkard, P. Knauth, T.H. Monk et J. Rutenfranz, « The Effect of Memory Load on the Circadian Variation in Performance Efficiency under a Rapidly Rotating Shift System », *Ergonomics*, vol. 19, 1976, pp. 479-488.

⁸ A.J. Tilley, R.T. Wilkinson, P.S.G. Warren, B. Watson et M. Drud, « An Analysis of the Work Schedules of Great Barrier Reef Pilots », *Human Factors*, vol. 24, 1982, pp. 629-641.

⁹ G. Hildebrandt, W. Rohmert et J. Rutenfranz, « Twelve and 24-Hour Rhythms in Error Frequency of Locomotive Drivers and the Influence of Tiredness », *International Journal of Chronobiology*, vol. 2, 1974, pp. 97-110.

¹⁰ K.E. Klein et H.M. Wegmann, *Significance of Circadian Rhythms in Aerospace Operations*, NATO AGARDograph, Neuilly sur Seine, France : NATAO AGARD, 1980, p. 247.

¹¹ D. Dawson et K. Reid, « Fatigue, Alcohol and Performance Impairment », *Nature*, vol. 388, 1997, p. 235.

Analyse

Aucun défaut n'affectait l'infrastructure de la voie. À l'exception de la surchauffe du roulement à rouleaux R-2 du wagon DTTX 54636, aucun défaut antérieur qui aurait pu causer l'accident n'a été relevé. L'analyse portera surtout sur les gestes posés par les membres de l'équipe et sur les circonstances qui ont précédé le déraillement. Elle s'intéressera aussi aux IGE du CFCP et à l'utilisation de la technologie des DBC par le CFCP. Il sera aussi question de l'effet de la fatigue sur le rendement de l'équipe, des horaires de travail de l'équipe et des *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation*, qui sont approuvées par Transports Canada.

L'accident

Le train est passé au-dessus d'un DBC situé au point milliaire 98,5, lequel a détecté une surchauffe d'un roulement à rouleaux. L'automate vocal du DBC a diffusé un message d'alarme sur le canal d'attente (CP 01). Comme l'équipe était à l'écoute du mauvais canal, elle n'a pas capté le message d'alarme. De plus, les membres de l'équipe ne se sont pas aperçus qu'ils avaient dépassé le DBC sans recevoir de message. Comme le train continuait sa route, le roulement à rouleaux a surchauffé et a grippé, ce qui a entraîné la rupture de la fusée d'essieu. Au fur et à mesure que la fusée d'essieu surchauffait, elle a commencé à perdre du métal, ce qui a causé une diminution de son épaisseur transversale. La rupture finale s'est produite quand la surface transversale de la fusée d'essieu n'a plus été en mesure de supporter le poids du wagon chargé.

Les morceaux du roulement à rouleaux R-2 qu'on a récupérés au point milliaire 97,4 ont indiqué que la rupture s'est vraisemblablement produite à cet endroit. Les marques relevées sur le sol ont indiqué que le point milliaire 96,41 avait été le point de déraillement initial. Près du point milliaire 88,0, le mécanicien a remarqué un changement dans la façon dont le train se comportait et il a laissé le train s'arrêter au point milliaire 86,0, sans se servir des systèmes de freinage du train. Le fait que le mécanicien n'ait pas utilisé les freins du train a permis d'atténuer au maximum les forces générées dans le train et, partant, la gravité du déraillement.

Radios de la locomotive

La position de la radio dans la cabine de la locomotive en cause dans l'accident, en l'occurrence une locomotive de type GE AC4400CW, a vraisemblablement contribué à l'erreur de sélection du canal radio. La radio est placée au-dessus de la fenêtre avant, à gauche du siège du mécanicien, c'est-à-dire la position standard à bord des locomotives GE. Les essais du BST ont démontré que, dans les locomotives GE ayant une cabine aménagée de cette façon, la radio n'est pas à portée de la main pour une personne de taille moyenne qui prend place dans le siège du mécanicien. Cette personne serait obligée de tendre le bras gauche sur une distance d'environ 6 pouces, ou le bras droit sur une distance de 12 pouces, pour atteindre la radio. En comparaison, la même personne qui prendrait place dans une locomotive GM SD-40-2 ou SD-90 MAC, lesquelles font aussi partie du matériel de traction du CFCP, accéderait facilement aux boutons de la radio installée dans ces locomotives. Bien que les mécaniciens ne soient pas retenus à leurs sièges, le fait d'avoir à tendre le bras pour accéder aux boutons de la radio fait augmenter la probabilité d'erreur lorsqu'il s'agit de sélectionner le canal de la radio.

REF et IGE du CFCP

La règle 119 du REF et les IGE du CFCP exigent que les équipes soient continuellement à l'écoute du canal d'attente approprié. Lors de cet événement, la sélection d'un canal radio incorrect a résulté d'une erreur dans la sélection des touches du clavier. Cet événement démontre qu'une règle peut s'avérer inadéquate si elle ne s'accompagne pas de procédures ou de moyens de défense secondaires. Lors de l'événement, l'erreur de sélection des touches s'est combinée à la conception du système de DBC qui est employé au CFCP, car la sécurité de ce système est tributaire d'un message diffusé par l'automate vocal du DBC sur un seul canal radio, canal qui n'est écouté que par les équipes des trains.

Les membres de l'équipe ignoraient qu'ils avaient dépassé un DBC sans recevoir de message de l'automate vocal. La capacité d'une personne de demeurer vigilante pendant l'exécution de tâches répétitives dépend d'un grand nombre de facteurs, dont le temps qu'elle consacre à l'exécution de la tâche et le rythme auquel se fait le contrôle de cette exécution. Les membres des équipes parcourent régulièrement le même territoire pendant plusieurs heures d'affilée, et le parcourent parfois même pendant toute leur carrière. En grande partie, la conduite des trains constitue une tâche répétitive. Les membres de l'équipe travaillaient dans le même territoire depuis plus de 25 ans et ils ont dit qu'ils n'avaient reçu que deux alarmes de DBC au cours de l'année précédente. Se fiant sur l'expérience passée, ils s'attendaient à recevoir un message « no alarm » (« tout est normal ») en passant devant un DBC. Compte tenu des attentes de l'équipe et du fait que les équipes n'ont aucune mesure à prendre quand le DBC diffuse le message « no alarm » (« tout est normal »), elles sont moins susceptibles d'être attentives à de tels messages de « non-avertissement ». Les équipes connaissent généralement bien les emplacements des DBC, mais la fréquence des passages devant les DBC, combinée à la forte probabilité de recevoir un message « no alarm » (« tout est normal »), lequel n'exige aucune intervention de la part de l'équipe, fait en sorte que les équipes risquent fort de ne pas porter attention aux DBC quand elles passent devant eux.

D'après les IGE du CFCP, le chef de train doit aviser le CCF si un DBC est hors de service ou si l'équipe ne reçoit pas de message de l'automate vocal. Lors de l'événement, le DBC s'est avéré inefficace puisque l'équipe n'a pas capté le message d'alarme signalant une surchauffe de roulement à rouleaux qui avait été diffusé uniquement sur le canal d'attente. Toutefois, même si l'équipe avait constaté qu'elle n'avait pas reçu de message de l'automate vocal du DBC du point milliaire 98,5 et si elle l'avait signalé au CCF, le train aurait quand même été autorisé à poursuivre sa route jusqu'au DBC suivant, celui du point milliaire 78,5, étant donné qu'il ne transportait pas de « marchandises dangereuses spéciales ». Les IGE du CFCP ne prévoient pas de moyen de défense secondaire permettant d'attirer l'attention sur un avertissement du DBC lorsque l'équipe n'a pas eu connaissance de l'avertissement en question. De plus, les IGE du CFCP n'exigent pas qu'on inspecte le train chaque fois qu'un message du DBC n'est pas reçu. Faute de moyens de défense secondaires associés au fonctionnement des DBC, il y a un risque accru que des ruptures de roulements à rouleaux se produisent dans des circonstances semblables.

Technologie des DBC

Des défaillances de roulements à rouleaux qui entraînent des ruptures de fusées d'essieu causent en moyenne 11 déraillements chaque année dans des réseaux ferroviaires de compétence fédérale. L'utilisation des DBC constitue le principal moyen de défense des compagnies ferroviaires contre de tels événements. Le CFCP a consacré des investissements considérables à son réseau de DBC. Les systèmes d'avertissement des DBC visent à détecter les roulements à rouleaux surchauffés et à alerter les équipes des dangers potentiels. Lors de l'événement, l'alarme du DBC n'a pas été entendue par l'équipe et elle n'a pas été non plus communiquée à qui que ce soit qui aurait pu intervenir. Par conséquent, après que l'équipe a raté le message d'alarme, le moyen de défense offert par le DBC n'était d'aucune utilité.

Après avoir examiné les données téléchargées des DBC des points milliaires 140,7, 123,0 et 98,5, on a déterminé que le roulement à rouleaux était plus chaud que la température moyenne des roulements du train et que sa température avait continué d'augmenter en cours de route. Même si chaque DBC enregistrerait la température des roulements, cette information n'a été communiquée à personne d'autre et n'a pas été recoupée avec les données d'autres DBC. Contrairement à ce qui se fait au CN, les données de la majeure partie du réseau de DBC du CFCP ne sont pas enregistrées par une installation centralisée qui assure une surveillance en cours de route ou une analyse des tendances relatives aux données des DBC. Il s'ensuit que le CFCP ne fait pas un usage optimal de l'information enregistrée par son système de DBC, ce qui réduit l'efficacité de la protection assurée par les DBC et fait en sorte que des roulements surchauffés risquent davantage de rester en service et d'entraîner un déraillement consécutif à la rupture d'une fusée d'essieu.

Aperçu de la réglementation concernant les périodes de veille et la fatigue

Les Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation constituent le principal moyen de défense contre la fatigue des employés. Elles définissent la période de service comme étant le temps consacré à la conduite d'un train. Les règles relatives au temps de travail et de repos permettent une période de service maximale de 18 heures au total pour les employés qui font plus d'une affectation en service de ligne pendant une période de 24 heures. Les règles autorisent une période de veille supérieure à 18 heures consécutives si l'employé ne s'inscrit pas en repos. Compte tenu de ces règles, l'équipe du train se conformait aux exigences réglementaires en vigueur dans l'industrie ferroviaire en matière de repos. Comparées à la réglementation des industries du transport aérien et du camionnage, les normes des règles relatives au temps de travail et de repos sont moins restrictives. La réglementation de l'industrie du transport aérien et de l'industrie du camionnage fixe des limites plus basses pour ce qui est de la durée de service maximale. De plus, dans ces industries, le calcul de la période de service inclut le temps passé pour se préparer à un voyage et le temps de veille pendant lequel on attend entre les voyages, si l'on ne s'inscrit pas en repos.

Lors de l'événement, le mécanicien a consigné 16 heures de service pendant ses deux périodes d'affectation lors du voyage fait les 17 et 18 octobre 2003, soit une journée avant l'accident. Si l'on compte le délai d'appel, la période de veille à la gare de détachement et le temps que le mécanicien a pris pour revenir à sa résidence après son retour à Thunder Bay, on constate que le mécanicien a pu rester éveillé pendant 24 heures d'affilée. De plus, il a conduit un train vers la fin de cette période de 24 heures. Bien qu'il n'ait pas travaillé dans les mêmes trains, le chef de train a eu un horaire de travail similaire. De tels horaires de travail sont conformes à la réglementation et ne sont pas rares dans l'industrie ferroviaire. Cette situation existe, même si des recherches ont démontré qu'une période de veille de 17 heures d'affilée peut entraîner une fatigue causant une altération

de la coordination oeil-main équivalente à celle qui serait causée par une alcoolémie de 0,05 %. Le fait que les *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation* permettent des périodes de veille de plus de 18 heures consécutives sans période de repos a pour effet d'accroître le risque d'erreurs et d'accidents dus à la fatigue.

Aperçu de la réglementation concernant le travail par quarts et la fatigue

La diminution de la vigilance et le fait de ne pas tenir compte des signaux d'avertissement constituent des déficits d'attention qui sont souvent associés à la fatigue. Lors de l'événement, l'équipe a omis d'actionner le sifflet à un passage à niveau lorsque le train est parti d'Ignace. De plus, l'erreur de touches du mécanicien a fait en sorte qu'il sélectionne et écoute un canal radio incorrect. De même, les membres de l'équipe ne se sont pas rendu compte qu'ils avaient dépassé un DBC au point milliaire 98,5 sans recevoir un message de « l'automate vocal ». Ces trois erreurs de l'équipe sont des manifestations typiques d'une altération du rendement due à la fatigue.

Les *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation* permettent des régimes de travail très imprévisibles. De plus, elles ne font aucune distinction entre les quarts de jour et les quarts de nuit. Or, des recherches ont révélé que des perturbations du rythme circadien peuvent affecter le rendement et le fonctionnement cognitif. Les travailleurs de quarts sont particulièrement affectés par l'altération de ces fonctions. Des études menées auprès de mécaniciens ont démontré que, pendant les quarts de nuit, on remarque que les délais de réaction sont plus longs et que la réaction aux alarmes touchant la sécurité du train est altérée. Or, ce déraillement est survenu pendant un quart de nuit. Le régime de travail du mécanicien avait changé à six reprises au cours des sept jours qui ont précédé l'accident. L'absence la plus notable de délai d'ajustement a été relevée le jour même de l'événement, lors duquel l'équipe a travaillé pendant un quart de jour et un quart de nuit. Cette transition aurait supposé un délai d'au moins six jours d'ajustement du rythme circadien. Des périodes d'ajustement inadéquates combinées à des horaires de travail complexes qui rendent les conditions de travail imprévisibles ont pour effet d'accroître le risque de fatigue¹². En raison de la nature des opérations ferroviaires, les membres des équipes doivent se conformer à des horaires de travail variables et imprévisibles, souvent pendant toute leur carrière. Des horaires de travail aussi imprévisibles font en sorte que les équipes sont davantage susceptibles de travailler dans des conditions de fatigue chronique qui pourraient les amener à commettre des erreurs attribuables à cette même fatigue.

¹²

D.I. Tepas et T.H. Monk, « Work Schedules », *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, G. Salvendy (éditeur), New York, John Wiley & Sons, 1987, pp. 819-843.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le train a déraillé initialement au point milliaire 96,41 de la subdivision Kaministiquia à cause de la surchauffe du roulement à rouleaux et de la fusée d'essieu à la position R-2 du wagon DTTX 54636. Bien que le détecteur de boîtes chaudes (DBC) du point milliaire 98,5 ait diffusé un message d'alarme sur le canal d'attente (CP 01), l'équipe du train était à l'écoute du mauvais canal (CP 04), de sorte que le message n'a pas été reçu.
2. La radio de la locomotive a été syntonisée par inadvertance sur le mauvais canal (CP 04) à la suite d'une erreur de touches commise par le mécanicien. L'emplacement de la radio à l'intérieur de la locomotive a vraisemblablement contribué à la sélection du mauvais canal. Le fait d'avoir à faire des mouvements d'une amplitude anormale pour changer de canal a pour effet d'accroître la probabilité d'erreur dans l'utilisation de la radio.

Faits établis quant aux risques

1. La fréquence des passages devant les DBC, combinée à la forte probabilité de recevoir un message « no alarm » (« tout est normal »), lequel n'exige aucune intervention de la part de l'équipe, fait en sorte que les équipes risquent fort de ne pas porter attention aux DBC quand elles passent devant eux.
2. Les Instructions générales d'exploitation (IGE) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) ne prévoient pas de moyen de défense secondaire permettant d'attirer l'attention sur un avertissement du DBC lorsque l'équipe n'a pas eu connaissance de l'avertissement en question. De plus, les IGE du CFCP n'exigent pas qu'on inspecte le train chaque fois qu'un message du DBC n'est pas reçu. Du fait que le réseau ne dispose pas de moyens de défenses secondaires associés au fonctionnement des DBC, il y a un risque accru que des ruptures de roulements à rouleaux se produisent dans des circonstances similaires.
3. Le CFCP ne fait pas un usage optimal de l'information enregistrée par son système de DBC, ce qui réduit l'efficacité de la protection assurée par les DBC et fait en sorte que des roulements surchauffés risquent davantage de rester en service et d'entraîner un déraillement consécutif à la rupture d'une fusée d'essieu.
4. Le fait que les *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation* permettent des périodes de veille de plus de 18 heures consécutives sans période de repos prévue a pour effet d'accroître le risque d'erreurs et d'accidents dus à la fatigue.
5. En raison de la nature des opérations ferroviaires, les membres des équipes doivent se conformer à des horaires de travail variables et imprévisibles, souvent pendant toute leur carrière. Des horaires de travail imprévisibles font en sorte que les équipes sont davantage susceptibles de travailler dans des conditions de fatigue chronique qui pourraient les amener à commettre des erreurs attribuables à cette même fatigue.

Mesures de sécurité

En mai 2004, le Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) a modifié ses Instructions générales d'exploitation (IGE) pour faire en sorte que ses mécaniciens soient davantage conscients de la situation en ce qui a trait aux détecteurs de boîtes chaudes (DBC). La section 5, article 21.2, exige que le mécanicien règle l'appareil de mesure de la distance de la locomotive dès que le train atteint la position du DBC, et que les membres de l'équipe confirment de vive voix de l'un à l'autre les messages du DBC qui sont reçus.

Le CFCP, de concert avec le Canadien National (CN), a installé un système de détection acoustique en voie dans la subdivision Yale du CN (zone directionnelle). On fait l'essai de cet appareil unique au Canada afin de déterminer si cette technologie peut détecter les roulements défectueux en faisant une analyse prédictive avant que les roulements en question ne se rompent ou ne surchauffent.

En 2003, le CFCP a lancé un projet pilote consistant à relier les DBC de son circuit de transport de charbon de la Colombie-Britannique à un système de surveillance central. Grâce à ce système, le CFCP peut réaliser des analyses des tendances afin d'identifier les roulements suspects et de prendre des mesures proactives en retirant les wagons de la circulation. Le CFCP étudie actuellement la possibilité d'étendre à d'autres subdivisions et à d'autres types de wagons ce processus d'analyse des tendances relatives aux roulements.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 7 juillet 2004.

Visitez le site Web du BST (www.bst.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.