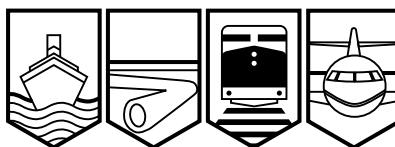


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R01W0007



DÉRAILLEMENT

DU TRAIN 308-001

DU CHEMIN DE FER CANADIEN PACIFIQUE

AU POINT MILLIAIRE 94,6 DE LA SUBDIVISION NIPIGON

PRÈS DE BOWKER (ONTARIO)

LE 8 JANVIER 2001

Canada

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

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement

du train 308-001
du Chemin de fer Canadien Pacifique
au point milliaire 94,6 de la subdivision Nipigon
près de Bowker (Ontario)
le 8 janvier 2001

Rapport numéro R01W0007

Sommaire

Le 8 janvier 2001, vers 13 h 30, heure normale de l'Est, 59 wagons chargés du train-bloc de céréales n° 308-001 du Chemin de fer Canadien Pacifique ont déraillé au point milliaire 94,6 de la subdivision Nipigon, près de Bowker (Ontario). Le déraillement s'est produit dans une courbe vers la gauche pendant que le train roulait à 64 mi/h après s'être emballé dans une pente appelée Bowker Hill. Personne n'a été blessé et aucune marchandise dangereuse n'a été en cause dans le déraillement.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

L'accident

Le 8 janvier 2001, le train n° 308-001 (train 308) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) part de Thunder Bay (Ontario), point milliaire 132,9 de la subdivision Nipigon, à 10 h 50, heure normale de l'Est¹. Vers 13 h 30, pendant que le train roule en direction est, un freinage d'urgence provenant de la conduite générale se déclenche au point milliaire 94,297 alors que le train descend une pente de 0,55 %, à l'ouest de Bowker (Ontario). Le train roule alors à 64 mi/h dans une zone où la vitesse maximale autorisée est de 50 mi/h. Après avoir pris les mesures d'urgence voulues, l'équipe inspecte le train et constate qu'au total, 59 wagons ont déraillé, soit le 12^e wagon ainsi que du 19^e au 76^e wagons inclusivement. Les rails nord et sud se sont rompus à quelques mètres du point de déraillement initial, au point milliaire 94,65. L'examen initial du point de déraillement révèle que la voie s'était élargie, que le rail de la file haute s'était renversé et que les roues étaient tombées entre les rails, ce qui a causé le déraillement. La tête du train, comptant 19 wagons, a parcouru quelque 4 500 pieds après le déraillement. Le 12^e wagon et le 19^e wagon sont restés à la verticale sur la plate-forme de la voie après avoir déraillé. Les 20^e à 24^e wagons se sont renversés sur le côté après avoir quitté la voie du côté sud, à environ 2 000 pieds derrière la tête du train. Du 25^e au 76^e wagons, les wagons ont déraillé en accordéon sur l'emprise sur une distance de 1 085 pieds à l'est du point de déraillement (photo 1).



Photo 1. Photo aérienne des lieux du déraillement vers le nord

¹ Toutes les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné [UTC] moins cinq heures).

La voie ferrée a été détruite sur une distance d'environ 3 500 pieds et endommagée sur une distance de 1 000 pieds. Le train 308 avait un groupe de traction comptant 4 locomotives et comprenait 86 wagons chargés de céréales. Il pesait 11 318 tonnes et mesurait 5 355 pieds.

L'équipe de conduite était composée d'un mécanicien et d'un chef de train qui prenaient place dans la cabine de la locomotive de tête. Le chef de train était affecté régulièrement à la subdivision Nipigon et connaissait bien le territoire. Le mécanicien était inscrit au tableau de remplacement de Schreiber, qui couvre les subdivisions Nipigon et Heron Bay. Le mécanicien était qualifié pour travailler dans la subdivision Nipigon, mais il n'avait pas récemment conduit un train de céréales dans ce territoire.

Train 308

Après son départ de Thunder Bay, le train a roulé sans incident jusqu'à Mackenzie, point milliaire 115, où il a dû s'arrêter à cause de travaux sur la voie. Lorsque l'équipe a serré les freins du train, un serrage d'urgence intempestif (un « à-coup »²) s'est produit. La façon habituelle de procéder lorsqu'un serrage d'urgence intempestif se produit est décrite dans les Instructions générales d'exploitation (IGE) du CFCP (voir l'annexe A). Au point milliaire 114, des employés du service d'ingénierie ont fait une inspection au défilé du train. Ils n'ont relevé aucune anomalie, et le train a poursuivi sa route en direction est. Dans les IGE du CFCP, on limite à 15 mi/h la vitesse à laquelle les inspections de ce genre doivent être faites. Au cours de l'inspection en question, le train a accéléré jusqu'à une vitesse de 27 mi/h, la manette des gaz de la locomotive étant placée à la position n° 2 en marche avant.

Renseignements consignés³

Les données du consignateur d'événements de la locomotive ont révélé qu'avant la crête de Bowker Hill (point milliaire 101), l'équipe a commandé un freinage rhéostatique⁴ pour faire ralentir le train de 35 mi/h à 30 mi/h, alors qu'il roulait dans une zone où la vitesse autorisée était de 50 mi/h et qu'il montait une rampe de faible déclivité. Entre le point milliaire 101 et le point milliaire 100, le train avait atteint une vitesse d'environ 35 mi/h, et on a augmenté graduellement la puissance de freinage rhéostatique jusqu'à ce qu'elle atteigne son maximum près du point milliaire 99,5. Le train a continué d'accélérer à un rythme constant. Entre le point milliaire 99 et le point milliaire 98, le train avait atteint une vitesse de 48 mi/h, et on a réduit le freinage rhéostatique pour le régler à la position 6 pendant que le train roulait en palier. Aux environs du point milliaire 97,8, tandis que le train circulait à 49 mi/h, on a de nouveau appliqué la puissance maximale de freinage rhéostatique. La vitesse du train a toutefois continué d'augmenter, atteignant 58 mi/h. Au point milliaire 96, le frein direct de la locomotive a été serré à une pression de 10 livres au pouce carré (lb/po²), après quoi la pression a été augmentée

² Dans le jargon du métier, le personnel affecté à la conduite des trains utilise couramment le terme « à-coup » pour décrire un serrage d'urgence intempestif des freins à air.

³ Dans la subdivision Nipigon, l'indication des points milliaires décroît d'ouest en est.

⁴ Le frein rhéostatique est un système électrique de freinage de la locomotive qui convertit les moteurs de traction de la locomotive en génératrice pour freiner les essieux moteurs de la locomotive. De l'énergie est produite sous forme d'électricité et est dissipée sous forme de chaleur par l'entremise des résistances du système de freinage rhéostatique. Ce frein peut fonctionner isolément ou peut être combiné au circuit de freins à air du train.

graduellement jusqu'à 25 lb/po². La vitesse du train avait alors augmenté, atteignant 64 mi/h au point de déraillement. Le frein automatique n'a pas été engagé avant qu'un serrage d'urgence provenant de la conduite générale se déclenche au point milliaire 94,297. Les renseignements consignés ont révélé que le déraillement s'était produit avant le serrage d'urgence des freins à air.

Locomotives

Le groupe de traction comptait quatre locomotives, en l'occurrence une locomotive General Motors (GM) de modèle SD40-2 (CP6009) avec capacité de freinage rhéostatique, une GM SD40 (CP6409) avec capacité de freinage rhéostatique, une GM SD40 (CP760) dépourvue de capacité de freinage rhéostatique, et une GM SD60 (CP6013). La locomotive 6013 avait une capacité de freinage rhéostatique de 80 000 livres (facteur⁵ de 8), laquelle a été mise en circuit à la puissance maximale. La locomotive 6009 avait une capacité de freinage rhéostatique de 45 000 livres (facteur de 4,5), mais la capacité indiquée dans le bulletin de composition du train était de 60 000 livres (facteur de 6). La locomotive 6409 avait une capacité de freinage rhéostatique de 60 000 livres (facteur de 6). Le mécanicien a mis en service les dispositifs de freinage rhéostatique des locomotives 6013 et 6009, pour une capacité de freinage totale de 140 000 livres (facteur de 14). Au paragraphe 7.1 a) de la section 16 des IGE du CFCP, intitulé « Freinage rhéostatique », l'effort maximal de freinage rhéostatique est limité à 180 000 livres (facteur de 18). Les mécaniciens n'étaient pas tenus de vérifier le freinage rhéostatique pour s'assurer de son bon fonctionnement. Après ce déraillement, l'effort maximal de freinage rhéostatique a été augmenté à 200 000 livres (facteur de 20).

Lors de l'accident, le CFCP avait entrepris de modifier les unités de son parc de locomotives de modèle GM SD40-2, pour faire passer leur capacité de freinage rhéostatique de 45 000 livres (facteur de 4,5) à 60 000 livres (facteur de 6,0). La locomotive SD40-2 du train 308 n'avait pas été modifiée. Dans ses bulletins d'exploitation mensuels d'octobre 2000, le CFCP indiquait qu'aux fins de la sécurité, et pour plus de simplicité, en date du 4 octobre, toutes les locomotives SD40-2 du CFCP auront un facteur de freinage rhéostatique de 6,0. Le bulletin mensuel en question précisait qu'il faudrait environ six mois pour terminer la modification des locomotives SD40-2. Normalement, la modification des locomotives est réalisée pendant les travaux d'entretien en atelier. Une fois les modifications terminées, on apporte des changements au dossier informatique concernant la locomotive pour y indiquer la mise à niveau. Le service d'entretien n'a pas mis au point de processus officiel pour aviser le service de l'exploitation des changements concernant la capacité de freinage rhéostatique de chaque locomotive. Les locomotives modifiées ont été identifiées par un autocollant fixé au pupitre de commande; toutefois, les équipes des trains n'étaient pas toutes au courant de cette pratique.

Limitation de la vitesse du train

Le système de freins à air constitue le principal moyen de ralentir ou d'immobiliser les trains. Pour que le mécanicien soit en mesure de réduire le plus possible les forces qui s'exercent quand le train ralentit ou s'arrête, il faut que les freins à air soient complètement fonctionnels, c'est-à-dire qu'ils doivent se serrer et se desserrer au moment d'un serrage gradué et d'un serrage d'urgence. Les freins rhéostatiques des locomotives offrent une puissance de freinage

⁵ Le facteur de freinage rhéostatique correspond au nombre de multiples de 10 000 livres de force de freinage rhéostatique que la locomotive peut générer.

supplémentaire qu'on peut utiliser isolément ou en combinaison avec les freins à air du train pour moduler la vitesse du train ou pour l'immobiliser, sous réserve de leurs limites nominales. Les freins rhéostatiques ne peuvent pas fournir le même effort retardateur que les freins à air. Ils deviennent moins efficaces à mesure que la vitesse du train augmente et ils peuvent tomber en panne sans qu'on s'y attende. On peut conduire un train sans employer le freinage rhéostatique, mais il est impossible de le faire sans recourir aux freins à air.

À l'intention des équipes d'exploitation des trains, le CFCP a rédigé un document intitulé *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision*, dans lequel il énonce des instructions, faisant appel à un code-couleurs, qui visent à favoriser l'économie de carburant pendant la conduite des trains dans la subdivision. Selon le code-couleurs, le vert correspond à la modulation des gaz, le rouge, au serrage des freins à air du train et le jaune, au freinage rhéostatique. Une combinaison de couleurs correspond à une combinaison de ces méthodes de limitation de la vitesse (figure 1).

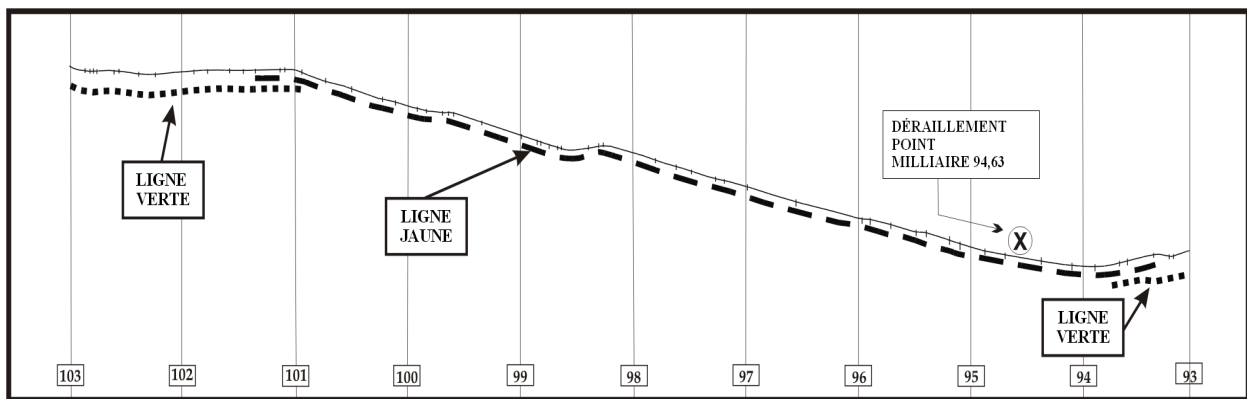


Figure 1. Lignes directrices concernant la descente dans Bowker Hill

En plus d'expliquer le code-couleurs, on décrit comme suit la raison d'être des lignes directrices énoncées dans le document intitulé *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* :

[Traduction]

Les directives sur la conduite des trains sont établies uniquement à des fins d'économie de carburant. Si l'information contenue dans les directives est en conflit avec une règle ou un règlement en vigueur, les renseignements figurant dans le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, les IGE, l'indicateur, les bulletins d'exploitation mensuels, les bulletins d'exploitation quotidiens, les bulletins d'exploitation ou les instructions spéciales visant le réseau prévaudront.

Le document *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* stipule qu'il faut recourir au freinage rhéostatique pour conduire le train pendant la descente de Bowker Hill, soit du point milliaire 101,3 au point milliaire 93,3 environ. Les lignes directrices en question avaient une portée générale, en ce sens qu'elles ne s'appliquaient pas à un train d'un type particulier ou d'une taille particulière. Les mécaniciens peuvent se servir du document *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* comme document de référence, mais ils doivent conduire leur train en tenant compte des différences de composition du train. Pendant la formation des nouveaux mécaniciens, on leur enseigne à recourir au freinage rhéostatique chaque fois que l'occasion se présente.

Même si les dispositions contenues dans le document *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* contenaient des indications sur les pentes et les rampes qu'il fallait monter ou descendre, elles ne contenaient aucune précision quant à leur dénivellation. Le poids et la longueur des trains figuraient dans le bulletin de composition. Toutefois, il n'était pas courant que les équipes des trains calculent l'effort retardateur nécessaire pour conduire un train d'un poids donné dans une pente d'une déclivité donnée. Bien que le programme de formation des mécaniciens comprenne une formation en cours d'emploi dirigée par des instructeurs et des superviseurs des mécaniciens et qu'il enseigne la façon d'utiliser le freinage rhéostatique, il ne traitait pas spécifiquement des connaissances dont on a besoin pour faire une évaluation quantitative de l'efficacité du freinage rhéostatique d'un groupe de traction de façon à faciliter la planification de la descente dans une forte pente à bord d'un train donné.

Pour savoir dans quelle mesure un groupe de traction est capable de limiter la vitesse d'un train dans une pente donnée, il faut se fier à son expérience et aux évaluations faites au moment des changements d'équipe, et apprendre à apprécier l'efficacité du freinage rhéostatique. Les équipes n'ont pas suivi de formation formelle sur l'évaluation des efforts de freinage rhéostatique nécessaires pour un train donné dans une pente donnée. Les instructions se limitaient à préciser que, si le frein rhéostatique suffit pour ralentir le train ou en régler la vitesse, il est inutile de recourir aux freins à air du train, et s'il s'avère qu'on a besoin des freins à air pour compléter l'effort de freinage rhéostatique, on doit commander une réduction minimale de la pression dans la conduite générale au moment où le train passe la crête de la pente.

La capacité de freinage rhéostatique est exprimée en livres-force (figure 2). L'efficacité de l'effort retardateur est maximale à des vitesses de moins de 25 mi/h. La capacité combinée de freinage rhéostatique des deux locomotives passe de 125 000 livres à 24 mi/h à environ 57 000 livres à 50 mi/h, et diminue à environ 46 000 livres à 64 mi/h.

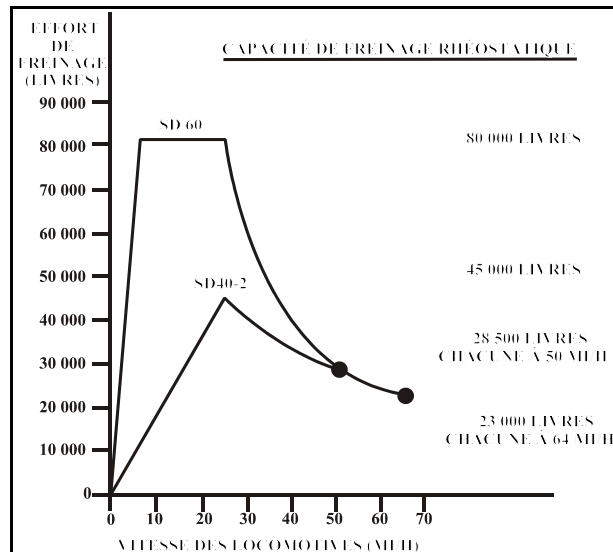


Figure 2. Capacité de freinage rhéostatique

L'affichage de l'indicateur de charge est l'indice visuel dont le mécanicien dispose pour savoir si le freinage rhéostatique fonctionne. Toutefois, l'indicateur de charge ne renseigne pas complètement sur l'effort de freinage rhéostatique qui est généré et n'affiche pas non plus de renseignements dans la cabine de la locomotive de commande quant au fonctionnement du

freinage rhéostatique des locomotives menées. L'indicateur de charge n'affiche que l'intensité du courant de freinage rhéostatique généré par la locomotive de tête. De plus, il peut indiquer la même intensité de courant, alors que l'effort de freinage diminue à mesure de l'augmentation de la vitesse. D'après les opinions recueillies, le système de freinage rhéostatique fonctionnait mieux à basse vitesse; toutefois, des entrevues avec des mécaniciens n'ont pas permis de déterminer dans quelle mesure l'efficacité diminuait en fonction de l'augmentation de la vitesse.

L'indicateur de vitesse de la locomotive était équipé d'un dispositif d'affichage d'accélération et de décélération intégré, grâce auquel le mécanicien pouvait contrôler en continu le taux de variation de la vitesse de la locomotive. Ce dispositif a été accepté dans la nouvelle norme de la Federal Railroad Administration des États-Unis, intitulée *Brake System Safety Standards*, portant sur la sécurité des freins à bord des trains exploités aux États-Unis.

Conduite du train

À un certain moment avant d'arriver à Bowker Hill, les membres de l'équipe avaient convenu de la méthode à employer pour faire ralentir le train dans ce tronçon : franchir la crête à 30 mi/h et utiliser par la suite le freinage rhéostatique pour maintenir la vitesse en deçà de la limite de 50 mi/h. La pratique courante concernant la conduite de trains affectés par un « à-coup » consistait à éviter le plus possible de serrer les freins à air, afin de prévenir un autre « à-coup » et d'éviter que des forces s'exerçant dans le train causent un déraillement. Des entrevues menées auprès des équipes d'autres trains qui circulent dans la subdivision Nipigon ont permis de corroborer la compréhension que les membres de l'équipe avaient de la situation. Les répondants ont indiqué qu'ils auraient probablement essayé de « laisser le train rouler », car ils croyaient que le fait de commander un serrage d'urgence des freins risquerait davantage de causer un déraillement que le fait de franchir la courbe à une vitesse supérieure à la limite autorisée. Des équipes avaient laissé savoir que, par le passé, d'autres trains avaient descendu la pente Bowker Hill à des vitesses bien supérieures à la limite permise.

L'enquête a révélé que la conduite de trains affectés par des « à-coups » est devenue courante. Bien que cela n'ait pas été vérifié dans les registres du CFCP, les entrevues avec des équipes ont révélé que, d'après leurs estimations, elles conduisaient un train par mois dans ces conditions dans les subdivisions Nipigon et Heron Bay. À cet égard, les équipes étaient appelées fréquemment à conduire des trains affectés par des « à-coups » à des vitesses égales ou légèrement inférieures à la vitesse en voie autorisée, quel que soit le type de train ou la topographie des lieux, car les mécaniciens sont censés faire rouler leurs trains le plus près possible de la vitesse maximale sans la dépasser, tout en tenant compte des exigences en matière de sécurité. Il n'y avait pas d'instructions spéciales sur la conduite des trains affectés par des « à-coups ». La pratique courante consistait à se faire une idée de l'efficacité du freinage rhéostatique en s'informant auprès de l'équipe précédente et en faisant l'essai du frein dès que possible, étant donné qu'il fallait planifier quand on conduisait un train sujet à des « à-coups » puisque les distances nécessaires pour faire ralentir le train sont alors accrues.

Des équipes de conduite ont dit que, dans la mesure du possible, elles préféraient utiliser le freinage rhéostatique plutôt que les freins à air pour atténuer le plus possible les forces exercées dans le train. On peut régler le freinage rhéostatique selon les besoins, et le fait de ne pas utiliser les freins à air réduit les risques de répétition d'un « à-coup ». Des mécaniciens ont dit avoir déjà conduit des trains dans la subdivision Nipigon sans même se servir des freins à air, sauf pour s'arrêter aux points de changement d'équipe, et ils ont indiqué que les nouveaux mécaniciens apprenaient à se conformer à des pratiques similaires. Les équipes qui roulent régulièrement

dans la subdivision Nipigon et qui connaissent bien la conduite des trains-blocs de céréales ont indiqué que, même avec un train dont le « freinage rhéostatique est bon », il faut normalement prévoir une réduction minimale de la pression dans la conduite générale pour empêcher que la vitesse excède 50 mi/h pendant la descente de Bowker Hill. La pratique normale voudrait qu'on arrive sur la crête de la pente à une vitesse de 42 mi/h à 45 mi/h en serrant les freins à air, et qu'on utilise ensuite le freinage rhéostatique pour moduler la vitesse du train.

Calculs relatifs au freinage rhéostatique

Le Laboratoire technique du BST⁶ a fait les calculs suivants :

- si le freinage rhéostatique de trois locomotives avait été engagé, vu la séquence des manoeuvres de conduite (c.-à-d. tentative de maintenir la vitesse à 50 mi/h), les locomotives n'auraient pas pu maintenir la vitesse à 50 mi/h et le train aurait accéléré jusqu'à une vitesse d'environ 61 mi/h;
- si le freinage rhéostatique de trois locomotives avait été engagé et si le freinage rhéostatique avait été appliqué à fond et maintenu une fois que le train avait franchi la crête de la colline à une vitesse de 30 mi/h, la vitesse du train n'aurait pas excédé 39 mi/h et aurait été d'environ 37 mi/h au point du déraillement;
- si le freinage rhéostatique de trois locomotives avait été engagé et si le freinage rhéostatique avait été appliqué à fond et maintenu après que le train a franchi la crête de la colline à une vitesse de 25 mi/h, le train aurait été presque arrêté aux environs du point milliaire 97,3, avant qu'il n'atteigne le point du déraillement.

Les calculs relatifs au freinage rhéostatique⁷ sont illustrés dans un manuel portant sur la gestion et la conduite des trains, intitulé *Management of Train Operations and Train Handling*⁸, dans lequel on traite de l'effet du freinage rhéostatique sur la conduite des trains. Au chapitre V, page 169, on lit :

[Traduction]

. . . si le train perd sa puissance de freinage rhéostatique ou si la puissance de freinage rhéostatique s'avère inefficace ou insuffisante dans une forte pente, pour quelle que raison que ce soit :

1. immobiliser le train dès que possible;
2. commander un serrage d'urgence des freins;
3. se conformer aux pratiques sûres et aux règles locales avant de repartir après un arrêt imprévu de ce genre dans la pente.

⁶ Rapport LP092/01 du Laboratoire technique du BST

⁷ On peut calculer l'effort retardateur que le freinage rhéostatique d'un groupe de traction peut fournir en utilisant le facteur de freinage rhéostatique, le pourcentage de la pente et l'information tirée du bulletin de composition du train et du profil de la subdivision.

⁸ Air Brake Association, *Management of Train Operations and Train Handling*, Chicago, 1972.

Le rapport R-185 de l'Association of American Railroads (AAR), intitulé *Track Train Dynamics to Improved Freight Train Performance, 2nd Edition*, énonce les pratiques recommandées en matière de conduite des trains. À la section 2.2, portant sur la descente dans les pentes à forte inclinaison, paragraphe 2.2.6.1b (3), on lit :

[Traduction]

(3) Si l'on juge mal la situation pendant un freinage, la vitesse peut devenir excessive en très peu de temps. Quand on a des doutes à savoir si l'on peut moduler la vitesse, il faut immobiliser le train. Le mécanicien doit évaluer les effets possibles d'un freinage d'urgence comparativement à ceux d'un freinage gradué et utiliser la méthode de serrage qui semble la plus sûre pour immobiliser le train. Le freinage gradué réagit plus lentement mais permet de conserver la puissance de freinage rhéostatique sur la plupart des locomotives⁹. *Si le train perd sa puissance de freinage rhéostatique ou si la puissance de freinage rhéostatique s'avère inefficace ou insuffisante dans une forte pente, pour quelle que raison que ce soit, il faut immobiliser le train, en commandant au besoin un serrage d'urgence.* [Mis en évidence dans l'original.]

Il n'y avait aucune instruction de ce genre en vigueur dans la subdivision Nipigon lors de l'événement.

Instructions générales d'exploitation

L'article 15.0 de la section 5 des IGE du CFCP énonce les exigences concernant l'inspection des trains après un serrage d'urgence intempestif (voir l'annexe A). Le chef de train doit se charger de l'inspection. Il n'y avait pas d'instructions sur la conduite des trains sujets aux serrages d'urgence intempestifs, ni sur la façon de s'y prendre pour éliminer les conditions propices à ce type d'incident.

L'article 6.0 de la section 16 des IGE du CFCP renferme des renseignements sur le freinage d'urgence et le freinage compensateur. On y lit notamment ce qui suit :

- 6.1 . . . On ne doit utiliser ces robinets [robinets de secours] qu'en situation d'urgence. . . .
- 6.2 N'effectuer un FREINAGE D'URGENCE qu'en cas de nécessité. . . .
- 6.4 En cas de FREINAGE COMPENSATEUR ou D'URGENCE en marche, le mécanicien doit, jusqu'à l'arrêt du mouvement, moduler la pression dans les cylindres de frein de la locomotive afin de s'arrêter sur la plus courte distance possible permise par la situation. Prudence et discernement s'imposent pour éviter le glissement des roues et les forces en-train excessives.

⁹ Les locomotives AC du CFCP sont munies d'un dispositif de maintien du freinage rhéostatique qui permet de maintenir le freinage rhéostatique lors du serrage d'urgence des freins à air.

Maîtrise d'un train sujet aux serrages d'urgence intempestifs

Le système de freins à air est le principal système de freinage à sécurité absolue, et il est conçu pour faire ralentir ou pour immobiliser un train grâce au serrage des freins à air des locomotives et des wagons. L'usage approprié des freins à air permet une répartition de l'effort retardateur sur toute la longueur du train. Quand il s'agit de limiter la vitesse d'un train sujet aux serrages d'urgence intempestifs, le mécanicien doit serrer les freins à air du train en cas d'absolue nécessité seulement, car un « à-coup » peut se produire pendant chaque serrage gradué. Si la capacité de freinage gradué n'est pas disponible entièrement, le mécanicien doit généralement recourir à une combinaison de modulation des gaz¹⁰, d'application du freinage rhéostatique de la locomotive et du frein direct de la locomotive¹¹ pour régler la vitesse du train. On évite de serrer les freins à air de façon à réduire le plus possible le risque de répétition du serrage d'urgence intempestif, car un serrage d'urgence intempestif pourrait endommager des éléments du train, causer des retards dus à l'obligation d'inspecter le train après un « à-coup », et causer éventuellement un déraillement.

Les freins rhéostatiques des locomotives constituent un système supplémentaire de réglage de la vitesse du train. Pendant le freinage rhéostatique, l'effort retardateur est appliqué uniquement par les locomotives, et les forces de compression, proportionnelles à la vitesse acquise du reste du train, s'opposent de plus en plus à cet effort retardateur à mesure que la réaction d'attelage s'exerce. On est censé utiliser le système de freinage rhéostatique des locomotives surtout pour régler la vitesse du train pendant les descentes de pentes longues. Normalement (c'est-à-dire quand le train n'est pas sujet aux serrages d'urgence intempestifs), on peut utiliser le système de freins à air pour compléter l'effort de freinage rhéostatique. On procède habituellement ainsi quand l'effort de freinage rhéostatique est insuffisant pour limiter la vitesse du train ou quand l'effort de freinage rhéostatique diminue à des vitesses supérieures ou inférieures à la vitesse à laquelle l'effort optimal de freinage rhéostatique est disponible.

Particularités de la voie

Du point milliaire 101 au point milliaire 94, un tronçon connu sous le nom de Bowker Hill, la voie principale est simple et elle a une pente admissible de 1,4 %¹² en direction est, sur une distance approximative de 500 pieds entre les points milliaires 100,4 et 100,3. La vitesse en voie était de 50 mi/h. Au point milliaire 99,75, la voie gravit une rampe sur une distance de 400 pieds puis, à l'exception d'une rampe de 1 200 pieds au point milliaire 98,5, la déclivité de la voie est d'environ 1 % jusqu'au point milliaire 94,88 où elle s'établit, en moyenne, à environ 0,5 %.

¹⁰ La modulation des gaz consiste à augmenter ou à réduire de façon stratégique la puissance de la locomotive, en profitant des effets anticipés de la topographie de la subdivision sur le mouvement du train pour contrôler la vitesse du train.

¹¹ Le frein direct est un frein à air actionné par le mécanicien, qui agit sur le groupe de traction seulement. Au CFCP, il est interdit d'utiliser le frein direct en même temps que le freinage rhéostatique lorsque la vitesse excède 10 mi/h (section 16, article 7.7 c) des IGE du CFCP).

¹² On considérait qu'une pente de 1,0 % à 1,8 % était une pente forte. Dans le cadre de mesures de sécurité qui ont été prises, on a modifié la définition du terme pente forte, indiquant qu'il s'agit d'une pente dont la déclivité va de 0,8 % à 1,8 %.

Au point du déraillement, la voie descendait une pente de 0,55 % et décrivait une courbe de quatre degrés vers la gauche dans le sens de l'avancement du train. La courbe avait un dévers¹³ moyen de cinq pouces. La vitesse maximale admissible pour les trains de marchandises est de 50 mi/h dans de telles courbes, selon les notices techniques du CFCP. Le *Règlement sur la sécurité de la voie* (RSV) de Transports Canada admettrait en théorie une vitesse maximale de 53 mi/h. Les exigences nominales théoriques pour une vitesse de 64 mi/h voudraient que le dévers soit de 8,5 pouces.

La voie était constituée de longs rails soudés de 115 livres fabriqués par la Sydney Steel et posés sur des traverses de bois dur reposant sur un ballast de pierre concassée. Le rail de la file basse de la courbe avait été fabriqué en août 1993, et le rail de la file haute, en 1995. Le rail de la file haute était retenu par des attaches Pandrol E et reposait sur des selles modifiées à double épaulement de 14 pouces sur 7 pouces, et il était retenu par quatre crampons à chaque selle. Quant au rail de la file basse, il était retenu par cinq crampons et reposait sur des selles standard à double épaulement, mesurant 14 pouces sur 7 pouces. Les deux rails étaient encadrés par des anticheminants à chaque traverse.

La dernière inspection de la voie avait été faite le vendredi 5 janvier 2001, par un superviseur adjoint de la voie qui prenait place à bord d'un véhicule rail-route. Aucun défaut n'avait été relevé sur les lieux du déraillement.

Le CFCP utilise une voiture TEST pour faire un contrôle continu de l'état de la voie dans tout le réseau, pour établir les priorités d'entretien, pour prévenir les déraillements, et pour recueillir des données d'évaluation permettant de définir et d'établir la liste des priorités relatives aux programmes d'entretien de la voie à court et à long terme.

Les voitures TEST permettent de relever les défauts exigeant une intervention urgente, définies comme étant toute condition susceptible de précipiter un déraillement dû à une structure inadéquate de la voie ou à une détérioration de cette structure, notamment un surécartement. Le document intitulé *TEC Guidelines for Track Defects and Reports*, portant sur les directives et les rapports relatifs aux contrôles faits par les voitures TEST, comporte une section sur le surécartement, lequel est défini comme étant un écartement supérieur à la valeur nominale normale de 56 pouces 1/2. On renvoie à l'article 2.6 de la Notice technique 17 du CFCP, dans laquelle on signale qu'il faut corriger l'écartement quand celui-ci a rétréci ou augmenté de 1/2 pouce. La limite à partir de laquelle le surécartement exige une intervention prioritaire est établie à 3/4 de pouce, soit 57 pouces 1/4. La voiture TEST détecte aussi les défauts exigeant des réparations pressantes, ce qui correspond à un surécartement en deçà de 1/8 de pouce par rapport au surécartement nécessitant une intervention urgente, c'est-à-dire 57 pouces 3/8. Le surécartement exigeant une intervention urgente correspond à une limite de 57 pouces 1/2. Dans le document intitulé *TEC Guidelines for Track Defects and Reports*, on précise que, pour tout défaut exigeant une intervention urgente, il faut corriger le défaut ou assurer une protection avant le passage d'un train, et corriger le défaut par la suite. On ajoute dans les *TEC Guidelines for Track Defects and Reports* que le surécartement peut être grave dès qu'il atteint la valeur à laquelle des réparations urgentes s'imposent. L'écartement des rails peut alors devenir trop grand ou le rail peut se renverser, si bien que les roues tombent entre les rails et que le train déraile.

¹³ Le dévers est l'inclinaison de la voie ferrée dans les courbes. Il dépend de la vitesse à laquelle les trains sont censés rouler et du rayon de la courbe.

L'examen des traverses qu'on a fait sur les lieux du déraillement après l'accident a révélé qu'environ 35 % des traverses étaient détériorées au point qu'elles ne pouvaient plus maintenir l'écartement voulu. Certaines des traverses étaient mâchées par les crampons¹⁴ à force de corrections répétées de l'écartement. Au point du déraillement, il y avait un groupe de cinq traverses détériorées. Un relevé de la voie fait après le déraillement a révélé qu'aux abords du point du déraillement, il y avait des surécartements exigeant des interventions urgentes, pressantes et prioritaires. Aucun ordre de marche au ralenti n'était en vigueur à cet endroit pour protéger les trains.

Lors d'une inspection de contrôle faite le 21 juin 2000, la voiture TEST a détecté dans cette courbe 16 surécartements exigeant une intervention prioritaire, l'écartement étant de 57 pouces 1/4 à 57 pouces 1/2. Les besoins quant au remplacement des traverses étaient identifiés et documentés; toutefois, le remplacement des traverses défectueuses a été reporté à l'été suivant. Après cette inspection de contrôle, on a procédé à une autre inspection de contrôle le 10 octobre 2000, lors de laquelle on a détecté 24 surécartements, dont 6 qui nécessitaient une intervention urgente; l'écartement était alors de 57 pouces 1/2 à 57 pouces 5/8. Aux endroits où une intervention urgente s'imposait, on a ramené l'écartement à 57 pouces 1/4, soit 1/4 de pouce de moins que la valeur à laquelle un ordre de marche au ralenti s'impose. Le mesurage de l'écartement en charge qui a été fait dans la zone intacte de la courbe après le déraillement a indiqué que certains des surécartements exigeant une intervention prioritaire avaient progressé et exigeaient dorénavant une intervention urgente. Les résultats des mesurages variaient, allant de 57 pouces à 57 pouces 11/16. Le surécartement maximal admissible pour une voie de catégorie 4, aux termes du RSV de Transports Canada, est de 57 pouces 1/2. Si la voie n'est pas conforme à cette exigence, il faut la classer dans une catégorie inférieure et réduire la vitesse autorisée pour la circulation des trains.

Pour déterminer la résistance latérale de la voie, le système de mesure de l'écartement des voies sous charge (GRMS)¹⁵ de la voiture TEST utilise un demi-essieu à commande hydraulique pour appliquer un effort latéral constant sur les rails où la voiture TEST circule. Des capteurs mesurent l'effort latéral appliqué à 14 000 livres, l'écartement sous charge au point de chargement ainsi que l'écartement sans charge à l'écart du point de chargement. Les mesures sont enregistrées au moyen d'un système informatisé de collecte des données. Les valeurs mesurées servent pour le calcul du taux de fléchissement latéral de la voie mise à l'essai. Les mesures de l'écartement et le taux de fléchissement calculé à chaque point servent à déterminer l'écartement projeté des voies sous charge à 24 000 livres (PLG24). À l'aide de la valeur PLG24, on peut estimer le risque de déraillement dû à un surécartement à chacun des points contrôlés pour une charge latérale de 24 000 livres. Il s'agit de la force que la voie devrait supporter si un train chargé au maximum faisait un arrêt d'urgence. Ces données concordent avec les données sur les charges qu'on a documentées lors d'essais sur le terrain relatifs à la dynamique roues-rails pendant la conduite des trains. Les essais au moyen du GRMS n'ont pas permis de déceler de risques de déraillement sur le tronçon Bowker Hill.

¹⁴ Quand des traverses sont mâchées par les crampons, leur capacité de rétention est réduite du fait de l'enlèvement et de l'installation répétés des crampons (correction de l'écartement).

¹⁵ Notice technique 40 du CFCP, intitulé *GRMS System*

Après le déraillement, le CFPC a fourni un rapport de dynamique voie-train indiquant que le train exerçait vers l'extérieur du rail de la file haute un effort latéral de 13 350 livres à 50 mi/h, et que cet effort latéral passait à 20 500 livres à 64 mi/h. Ces données représentaient une augmentation de 54 % des efforts latéraux exercés par les roues contre le rail de la file haute de la courbe, au point du déraillement.

Analyse

Introduction

Le train 308 a déraillé sur le tronçon Bowker Hill alors qu'il excédait de 14 mi/h la vitesse maximale autorisée, et qu'il roulait dans une courbe où la voie était affectée par un surécartement. Ces conditions n'auraient pas été critiques si le train avait roulé à la vitesse en voie permise ou à une vitesse inférieure. L'analyse portera surtout sur les facteurs qui ont occasionné l'excès de vitesse et sur les défauts de la voie.

Déraillement

Le déraillement s'est produit quand les forces latérales au point d'interface roues-rails ont excédé la résistance latérale de la structure de la voie. Le rail extérieur (rail de la file haute) de la courbe s'est alors renversé, ce qui fait que les roues sont tombées entre les rails, n'étant plus supportées. La résistance de la voie dans le sens latéral a été réduite en raison de l'écartement excessif et du mauvais état des traverses. Toutefois, le fait que le train ait dépassé de 14 mi/h la limite de vitesse et l'augmentation des forces latérales qui en a résulté ont probablement été les principaux facteurs qui ont influé sur le renversement du rail. Le 20^e wagon derrière les locomotives a été le premier à dérailler. Le 12^e wagon a déraillé par suite des forces exercées dans le train après le déraillement initial.

Conduite du train

Aux fins de l'exploitation des trains de marchandises et de la conduite des trains, on doit rouler le plus près possible de la vitesse maximale admissible tout en assurant la plus grande sécurité possible. C'est pourquoi les freins à air des trains, lesquels sont reconnus comme étant le principal système à sécurité intégrée¹⁶ et le principal système essentiel à la sécurité utilisé pour contrôler la vitesse des trains et les immobiliser, doivent être entièrement fonctionnels. Le serrage d'urgence intempestif subi par le train 308 à Mackenzie avait obligé l'équipe à modifier la méthode de conduite du train, car les membres de l'équipe estimaient qu'ils ne pouvaient plus compter sur le fonctionnement normal du système principal de régulation de la vitesse du train. Le freinage rhéostatique des locomotives constitue un système de freinage supplémentaire qui n'assure pas le même effort retardateur que les freins à air. Il perd de son efficacité à mesure que la vitesse augmente et il arrive, bien que rarement, qu'il subisse des pannes imprévues. Des pannes imprévues du freinage rhéostatique sur une des locomotives ou sur toutes les locomotives d'un groupe de traction se sont déjà produites par le passé. Quelle que soit la nature de la panne de freinage rhéostatique, elle entraînera un excès de vitesse considérable, même si

¹⁶ À sécurité intégrée : Terme désignant un principe de conception qui vise à éliminer les risques découlant d'une défaillance, de façon que la défaillance d'un élément ou d'un système ne compromette pas la sécurité.

l'équipe prend immédiatement des mesures correctives, étant donné qu'il faut un certain temps pour que les freins à air du train exercent l'effet voulu. L'augmentation de vitesse qui en résulte peut alors compromettre le contrôle du train. Que la panne soit partielle ou complète, elle présente un risque de perte de maîtrise du train. Contrairement aux freins à air, le freinage rhéostatique n'est pas un dispositif à *sécurité intégrée*. Il est clair que, dans des conditions d'exploitation normales, il était impossible de limiter à environ 50 mi/h la vitesse du train à cet endroit en utilisant seulement le freinage rhéostatique disponible. Dans ce cas particulier, il ne s'agissait pas de la manière optimale pour limiter la vitesse du train. Même si le train, et apparemment d'autres, a roulé alors qu'il ne disposait pas d'un système de freinage gradué fiable, aucune procédure claire n'était en vigueur concernant l'atténuation des risques attribuables à la conduite d'un train sujet aux serrages d'urgence intempestifs. Le fait qu'un serrage d'urgence intempestif survienne quand un serrage gradué des freins à air est nécessaire et la perception de manque de fiabilité qui en découle peuvent amener l'équipe d'un train à adopter des méthodes de conduite inopportunes qui menacent la sécurité ferroviaire.

La décision de l'équipe de faire descendre la pente au train et de le laisser accélérer jusqu'à la vitesse en voie maximale de 50 mi/h a été motivée en partie par le fait que l'équipe s'attendait à ce que le freinage rhéostatique des locomotives soit suffisant pour limiter la vitesse du train. En l'absence d'une ligne directrice ou d'une procédure sur la façon d'atténuer les risques accrus liés à un « à-coup » dans des pentes fortes, l'équipe a adopté une stratégie de rechange consistant à éviter d'utiliser les freins à air et à se fier au système de freinage rhéostatique, lequel ne pouvait pas être aussi efficace que le système de freinage principal.

Dans cette situation, l'équipe a modifié son plan en fonction de la diminution de la capacité des systèmes de ralentissement (c'est-à-dire le manque de fiabilité du freinage gradué). Le plan retenu consistait à limiter la vitesse du train pendant la descente en faisant ralentir le train à 30 mi/h plutôt qu'à la vitesse normale de 42 mi/h à 45 mi/h aux abords de la crête de Bowker Hill. La partie la plus accentuée de la pente se trouve dans le premier mille (du point milliaire 100,4 au point milliaire 100,3), et le train a parcouru cette distance sans excéder la vitesse admissible en étant ralenti par le freinage rhéostatique.

Il semble qu'après avoir descendu la partie la plus accentuée de Bowker Hill sans excéder la vitesse admissible, conformément à ses attentes initiales, l'équipe s'est fiée à la capacité des locomotives de fournir un effort retardateur efficace. L'équipe a réduit l'effort de freinage rhéostatique jusqu'à ce que la vitesse du train atteigne près de 50 mi/h, après quoi elle l'a appliqué au maximum de nouveau. Ne comprenant pas bien les répercussions de la vitesse sur l'efficacité du freinage rhéostatique, les membres de l'équipe ne se sont pas rendu compte qu'ils étaient dans une situation d'urgence et qu'ils avaient perdu la maîtrise du train, jusqu'à ce que le train ait dépassé considérablement la vitesse maximale. Si l'on avait serré les freins à air à temps pour combiner leur effort retardateur à celui du freinage rhéostatique afin de maintenir la vitesse du train en deçà de la vitesse maximale autorisée, la probabilité d'un déraillement consécutif à un serrage d'urgence intempestif aurait été moindre. Tandis qu'un serrage d'urgence intempestif peut avoir des conséquences fâcheuses à n'importe quelle vitesse, le risque s'accroît à mesure que la vitesse augmente.

Après avoir constaté que les locomotives ne pouvaient pas fournir un effort retardateur suffisant pour limiter la vitesse du train, l'équipe a senti qu'elle était à un « point de non-retour » et a décidé de « laisser aller » plutôt que de serrer le frein automatique et de risquer un serrage d'urgence intempestif à haute vitesse. Les membres de l'équipe se sont alors aperçus que la

conduite du train dérogeait aux règles d'exploitation de la compagnie. Malgré les risques associés à cette façon de faire, l'équipe a décidé de s'en tenir à son plan d'action prévu, même s'il dérogeait aux exigences d'exploitation de la compagnie et aux pratiques recommandées.

En l'absence de marche à suivre claire, les décideurs ont habituellement tendance à opter pour la ligne de conduite qui présente la moins grande probabilité de conséquences fâcheuses, même si les conséquences en question risquent d'être plus graves. Entre la probabilité apparemment plus grande d'un déraillement consécutif à un serrage d'urgence intempestif et la probabilité moins grande de conséquences fâcheuses dues à la vitesse, l'équipe a décidé de ne pas recourir au frein automatique. Cette crainte quant aux conséquences potentielles d'un autre serrage d'urgence intempestif, ajoutée au fait que d'autres trains avaient descendu Bowker Hill à une vitesse excessive par le passé, a contribué à cette décision. Ces données historiques sont corroborées par le fait que, dans la courbe, dont la vitesse d'équilibre était de 53 mi/h, les rails avaient été repoussés de façon répétée, à tel point que la voie montrait un surécartement. Cela pourrait indiquer que des trains avaient parcouru ce tronçon à des vitesses supérieures à la vitesse d'équilibre et ce, de façon répétée. S'il y avait eu un serrage d'urgence intempestif non suivi d'un déraillement, le train aurait été retardé en raison de l'inspection obligatoire imposée par les IGE (voir l'annexe A), car il aurait alors fallu faire une inspection à pied sur toute la longueur du train.

Les *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* contenaient des renseignements (utiliser le freinage rhéostatique seulement pour la descente dans Bowker Hill) supplémentaires à celles des IGE, qui donnaient à penser que le groupe de traction, dont les dispositifs avaient été mis en circuit conformément aux IGE, pourrait limiter la vitesse du train grâce au freinage rhéostatique pendant la descente dans Bowker Hill. Dans ce document, rien n'indiquait que le freinage rhéostatique utilisé seul pourrait être insuffisant pour limiter la vitesse du train dans Bowker Hill. Les *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* renfermaient des précisions sur d'autres secteurs où les freins à air du train devaient être combinés au freinage rhéostatique, ce qui implique que, si le recours aux freins à air avait été recommandé dans Bowker Hill, elles en auraient fait mention.

Même si l'équipe n'en a pas fait mention directement au sujet de la planification de la conduite du train le jour de l'accident, il reste que l'information contenue dans les *Train Handling Guidelines Nipigon Subdivision* a contribué à l'établissement du schéma mental relatif à la conduite du train. En raison de l'insistance générale sur l'emploi du freinage rhéostatique et en raison d'instructions et d'une formation inadéquates, le risque de trop se fier au freinage rhéostatique pour limiter la vitesse du train a été accru. Cependant, les calculs du BST ont indiqué que la puissance maximale de freinage rhéostatique des trois locomotives aurait été insuffisante pour empêcher le train de dépasser la vitesse de 50 mi/h, compte tenu du comportement du train après qu'il a franchi la crête à une vitesse de 30 mi/h.

Freinage rhéostatique

Deux locomotives disposaient du freinage rhéostatique avant le départ de Thunder Bay — une locomotive SD40-2 dont le facteur de freinage rhéostatique était de 6 et une locomotive SD60 ayant un facteur de freinage rhéostatique de 8 — pour un total de 125 000 livres d'effort de freinage disponible, étant donné que la locomotive SD40-2 affectée au freinage rhéostatique n'avait pas été modifiée et qu'elle pouvait fournir un effort de freinage rhéostatique de 45 000 livres seulement. Si les trois locomotives du groupe de traction qui étaient capables d'un effort de freinage rhéostatique avaient disposé de toute leur puissance, l'effort de freinage

rhéostatique disponible aurait été de 185 000 livres, soit un total supérieur au facteur de freinage rhéostatique maximal admissible de 18. Les instructions d'exploitation spécifiant d'utiliser un facteur de freinage rhéostatique de 18 plutôt que le facteur révisé de 20 ont fait en sorte que seulement deux des trois locomotives étaient dotées d'une capacité de freinage rhéostatique, ce qui réduisait l'effort de freinage disponible pour descendre Bowker Hill.

La vitesse excessive du train dans Bowker Hill peut être attribuée à plusieurs circonstances qui ont influé sur la conduite du train. Comme le groupe de traction avait été assemblé le matin même à Thunder Bay, aucune donnée antérieure n'était disponible au sujet de l'efficacité du freinage rhéostatique. La seule façon dont le mécanicien pouvait apprécier l'efficacité du freinage rhéostatique consistait à l'activer et à juger de son rendement en se fiant à son expérience. De plus, à l'exception du ralentissement avant la crête de Bowker Hill (où le train gravissait une rampe en mode de freinage rhéostatique), l'équipe avait eu peu d'occasions d'apprécier l'efficacité du freinage rhéostatique. Même si le système de freinage rhéostatique était un élément critique aux fins de la conduite maîtrisée du train, rien n'exigeait qu'on en fasse l'essai avant d'avoir à s'en servir.

Les programmes de formation des équipes ne donnaient pas de renseignements complets sur la façon de déterminer l'efficacité des freins rhéostatiques dans une situation donnée. L'efficacité est tributaire des facteurs de freinage rhéostatique, de la vitesse, de la longueur et du poids du train, et de la courbure et de la pente de la voie sur laquelle le train circule. Lors de l'accident, l'équipe ne s'est pas rendu compte que la capacité de ralentissement du groupe de traction était insuffisante, ce qui fait que le train a pris de la vitesse pendant la descente. L'indicateur de charge de la locomotive de tête indiquait au mécanicien qu'il disposait de la totalité de l'intensité de freinage rhéostatique. Il n'y avait pas d'indication sur la fonction de freinage rhéostatique dans les locomotives menées. Le mécanicien n'a pas tout à fait compris que l'efficacité du freinage rhéostatique diminuait à mesure que la vitesse augmentait. Par conséquent, le mécanicien n'était pas à même d'apprécier la capacité de freinage rhéostatique de son groupe de traction. Même si l'équipe pouvait consulter l'affichage sur l'accélération, il semble que ces données aient été peu pertinentes, étant donné la vitesse excessive du train pendant la descente. En l'absence d'un moyen significatif permettant d'apprécier la capacité du freinage rhéostatique de limiter la vitesse du train et en raison du fait que les équipes comprenaient mal les fonctions et les limitations du freinage rhéostatique, on était davantage susceptible de formuler des plans d'action erronés.

État de la voie

On savait que l'état de la voie se détériorait depuis un certain temps, comme en témoignent les soumissions concernant les programmes de remplacement des traverses, les réparations des surécartements et les rapports de défauts consécutifs aux contrôles effectués par les voitures TEST. Comme les essais menés par le GRMS n'ont décelé aucun affaiblissement de la résistance latérale, on a reporté les travaux de remplacement des traverses détériorées et de correction de l'écartement. On a procédé à des réparations temporaires en corrigeant les surécartements exigeant une intervention urgente afin de faire en sorte qu'ils n'exigent plus qu'une intervention prioritaire. Même si l'état de la voie était en deçà des limites imposées par les notices techniques et par le RSV, les forces latérales qui se sont exercées lors du déraillement étaient inférieures à la limite de 24 000 livres qui s'exerce au moment d'un serrage d'urgence. Le déraillement indique que les mesures correctives destinées à assurer une défense et une marge de sécurité suffisantes contre les forces inhabituelles se sont avérées inadéquates.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. La façon dont l'équipe a conduit le train pendant la descente de Bowker Hill a généré des forces latérales excessives induites par la grande vitesse au point d'interface roues-rails. Ces forces se sont avérées supérieures à la résistance latérale de la voie, ce qui a causé un surécartement et le déraillement qui a suivi.
2. En l'absence d'une ligne directrice ou d'une procédure sur la façon d'atténuer les risques accrus liés à un « à-coup » dans des pentes fortes, l'équipe a adopté une stratégie de rechange consistant à éviter d'utiliser les freins à air et à se fier au système de freinage rhéostatique, lequel ne pouvait pas être aussi efficace que le système de freinage principal.
3. Les instructions d'exploitation spécifiant d'utiliser un facteur de freinage rhéostatique de 18 ont fait en sorte que seulement deux des trois locomotives dotées d'une capacité de freinage rhéostatique pouvaient engager ce mode de freinage, ce qui a réduit l'effort de freinage disponible pour descendre Bowker Hill.
4. En l'absence d'un moyen significatif permettant d'apprécier la capacité du freinage rhéostatique de limiter la vitesse du train et en raison du fait que les équipes comprenaient mal les fonctions et les limitations du freinage rhéostatique, on était davantage susceptible de formuler des plans d'action erronés.

Faits établis quant aux risques

1. Le fait que des serrages d'urgence intempestifs surviennent quand un serrage gradué des freins à air est nécessaire et la perception de manque de fiabilité qui en découle peuvent amener l'équipe d'un train à adopter des méthodes de conduite inopportunes qui menacent la sécurité ferroviaire.
2. Le déraillement indique que les mesures correctives visant la réparation des surécartements afin d'assurer une défense et une marge de sécurité suffisantes contre les forces inhabituelles se sont avérées inadéquates.
3. L'insistance générale sur l'emploi du freinage rhéostatique et des instructions et une formation inadéquates augmentent le risque de trop se fier au freinage rhéostatique pour limiter la vitesse du train.

Autres faits établis

1. La conduite du train 308 ne respectait pas entièrement les exigences de la compagnie ferroviaire ni les pratiques recommandées.
2. Le fait que, dans la courbe, dont la vitesse d'équilibre était de 53 mi/h, les rails avaient été repoussés de façon répétée, au point que la voie montrait un surécartement, pourrait indiquer que des trains ont parcouru ce tronçon à des vitesses supérieures à la vitesse d'équilibre et ce, de façon répétée.

3. Les forces latérales générées par le train au point du déraillement (20 500 lb/po²) étaient sensiblement inférieures à l'effort que la voie devrait supporter au moment d'un freinage d'urgence d'un train chargé au maximum, à savoir un effort que l'on pourrait qualifier d'effort standard minimum (24 000 lb/po²).

Mesures de sécurité prises

Après l'accident, le CFCP a augmenté le facteur admissible de freinage rhéostatique des locomotives pour le porter à 20 (200 000 livres), ce qui permettrait d'employer deux locomotives SD40-2 avec une locomotive SD60 en mode de freinage rhéostatique, et le CFCP a mis au point de nouveaux aide-mémoire en matière de conduite des trains dans les pentes raides (de 0,8 % à 1,8 %) et dans des descentes de déclivité montagnaise (plus de 1,8 %), pour toutes les régions du Canada.

Le CFCP a ajouté un aide-mémoire permanent, sur les descentes dans les pentes raides, à la section 18 des IGE. Les IGE comprennent des limitations de vitesse permanentes de 30 mi/h pour les trains qui transportent plus de 6 000 tonnes brutes ou dont les wagons ont un poids moyen de plus de 100 tonnes, quand ils descendent Bowker Hill et d'autres pentes fortes mesurant plus de deux milles de longueur. Ces trains doivent franchir la crête de la pente et régler leur vitesse à au moins 5 mi/h de moins que la vitesse permise, jusqu'à ce qu'on se rende compte que la puissance de freinage est amplement suffisante.

Le CFCP a ajouté une note aux Instructions spéciales pour le réseau, à la règle 106 du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), pour énoncer clairement les responsabilités du chef de train quand un train n'est pas conduit de façon sûre (c'est-à-dire commander un arrêt d'urgence si le train dépasse de 5 mi/h la vitesse admissible).

Le CFCP a mené à bien un programme de remplacement des traverses dans le tronçon Bowker Hill pour corriger l'écartement de la voie.

On a mis au point une campagne-éclair de sécurité pour toutes les zones de service du CFCP et on a ajouté un module aux cours de requalification sur les normes afin d'énoncer les grandes lignes des pratiques d'exploitation appropriées pour les trains qui ont été affectés par un serrage d'urgence intempestif des freins, ainsi que des pratiques d'exploitation appropriées pour les fois où les trains dépassent certaines vitesses. Cette campagne-éclair énonçait aussi l'importance de la continuité de la conduite générale et discutait des sections pertinentes des aide-mémoire sur la descente dans les pentes.

Tous les chefs de la voie du CFCP ont suivi un séminaire tenu à leur intention au centre de formation des mécaniciens Crump, à Calgary (Alberta), où ils ont pris connaissance d'une version augmentée du cours de perfectionnement intitulé *Field Hill Refresher Training*. On exige maintenant des évaluations en cours d'emploi. Chaque mécanicien conduisant des trains dans des fortes pentes et des déclivités montagnaises doit être évalué et réévalué à intervalles de trois ans. Les mécaniciens doivent démontrer aux chefs de la voie qu'ils sont en mesure de desserrer en toute sécurité les freins à air des trains après un serrage d'urgence ou un serrage à fond dans une pente et démontrer qu'ils savent s'y prendre pour faire descendre une forte pente à un train affecté par un « à-coup ».

Au cours de 2001, les agents d'exploitation de la subdivision Nipigon ont augmenté la fréquence des évaluations de compétence et des contrôles de la conformité aux règles concernant la vitesse des trains, passant de 8 tests en 2000 à 63 tests, et ont fait passer de 51 à 142 le nombre de téléchargements des données des consignateurs d'événements des locomotives.

Mesures à prendre

Lors de l'accident, les actions de l'équipe du train ont découlé de la perception selon laquelle le système de freinage à air du train n'était pas fiable. Les entrevues avec les membres d'équipes dont les trains avaient été affectés par un serrage d'urgence intempestif ont révélé que ces derniers se fiaient à leur expérience et procédaient constamment à des adaptations pendant la conduite des trains sujets aux serrages d'urgence intempestifs, sans que la compagnie ferroviaire prenne quelque mesure que ce soit. De cette façon, la compagnie pouvait continuer de faire rouler des trains sujets aux serrages d'urgence intempestifs sans avoir à s'attaquer à la cause fondamentale du problème, à corriger le problème de serrage d'urgence intempestif afin de réduire les risques liés aux serrages d'urgence intempestifs. Le Bureau craint que la façon dont l'industrie ferroviaire traite le problème des serrages d'urgence intempestifs laisse à désirer.

Le Bureau a noté que la compagnie ferroviaire insiste pour que les équipes utilisent le freinage rhéostatique pour contrôler les trains ou les faire ralentir. Il semble que, dans les directives, les bulletins, les instructions de l'indicateur, les instructions spéciales pour le réseau et les cours de formation du personnel, on précise que le freinage rhéostatique est la méthode préférée de régulation de la vitesse des trains, à moins que des conditions locales spécifiques ne l'interdisent. Les équipes ont donc pu en déduire que les freins à air des trains ne devaient servir qu'en cas de besoin et elles en sont peut-être venues à trop se fier sur le freinage rhéostatique comme principal moyen de contrôle des trains, parfois dans des conditions où le recours au freinage rhéostatique pouvait s'avérer inopportun ou insuffisant, d'où des risques accrus de conséquences fâcheuses.

Le Bureau craint que la formation des mécaniciens ne les prépare pas adéquatement et ne leur fournisse pas les outils dont ils ont besoin pour formuler des stratégies de conduite qui tiennent compte du rendement du freinage rhéostatique, de la pente, du poids du train et des variables des performances du train.

Mis à part les préoccupations mentionnées précédemment, le Bureau reconnaît que la compagnie ferroviaire a pris des mesures de sécurité significatives à la suite de cet accident, et il croit que ces mesures contribueront pour beaucoup à éliminer les accidents dus à l'emballement de trains dans des pentes.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet accident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 12 février 2003.

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.

Annexe A — Instructions générales d'exploitation du Chemin de fer Canadien Pacifique, section 5

15.0 Inspection obligatoire après un freinage d'urgence

Nota : La présente instruction ne dégage pas les équipes de train de l'obligation de se conformer à toutes les règles d'exploitation, en particulier la règle 102 du REF.

a) Trains voyageurs

Arrêtés par un freinage d'urgence : avant de repartir, il faut inspecter chaque voiture pour s'assurer que tous les freins sont desserrés. Une fois le train en mouvement, on doit aussi procéder à une surveillance au défilé pour repérer les roues qui présentent des méplats.

b) Tous les autres trains

- i) Arrêtés par un freinage d'urgence : une fois les freins desserrés, il faut effectuer une surveillance au défilé, sur au moins un côté du train, pour repérer tout matériel avarié ou déraillé. Les résultats de la surveillance et l'endroit où s'est produit le freinage d'urgence doivent être notés sur l'imprimé **Transfert d'informations entre deux équipes**, qui doit rester à bord du train jusqu'à destination.
- ii) Aux endroits où une surveillance au défilé est impossible, le train peut avancer à PETITE vitesse jusqu'au premier point où on peut procéder à une telle surveillance.
- iii) Dans tous les cas où un train poursuit sa route après un freinage d'urgence, les membres de son équipe doivent en surveiller la marche avec une attention particulière. S'ils constatent que des véhicules ont déraillé ou que le train a des réactions inhabituelles, il faut l'arrêter immédiatement et trouver la cause du problème.
- iv) La surveillance au défilé dont il est question en i) n'est pas nécessaire si TOUTES les conditions suivantes sont remplies :
 - 1) L'imprimé **Transfert d'informations entre deux équipes** indique que le train considéré n'en est pas à son premier freinage d'urgence.
 - 2) Le tonnage brut équivalent (TBE) du train est inférieur à 6 000 tonnes; ou il est de 6 000 tonnes ou plus et chaque véhicule, sauf le fourgon de queue s'il y en a un, dépasse les 100 tonnes brutes. S'il y a un fourgon de queue, il doit être classé en dernière position dans le train.
 - 3) La vitesse au moment du freinage d'urgence était supérieure à 25 mi/h.
 - 4) Le freinage d'urgence se produit dans les 15 secondes suivant le déclenchement d'un serrage normal.
 - 5) Aucune réaction d'attelages inhabituelle ne s'est produite au moment de l'arrêt.

- 6) Lorsque les freins sont desserrés, le débitmètre et la valeur de la pression dans la conduite générale du dernier véhicule n'indiquent aucune perte de pression d'air.
 - 7) Le train ne transporte aucune marchandise dangereuse SPÉCIALE.
- v) Trains transportant des marchandises dangereuses spéciales : Si les conditions 1 à 6 de l'alinéa iv) sont remplies, le train peut faire l'objet d'une surveillance au défilé depuis la locomotive de tête jusqu'au dernier wagon transportant des marchandises dangereuses SPÉCIALES. Les résultats de cette surveillance doivent être notés sur l'imprimé **Transfert d'informations entre deux équipes**.
- vi) La surveillance au défilé mentionnée en i) peut être effectuée par les employés ci-dessous, qui doivent alors être munis d'une radio et avertis de la situation :
- les membres de l'équipe du train même;
 - les membres de l'équipe d'un train à l'arrêt;
 - tous autres employés sur l'emprise.

Annexe B — Liste des rapports pertinents

Le laboratoire technique du BST a rédigé le rapport suivant :

LP092/2001

La Direction de la prévention des accidents ferroviaires et des essais du Service de la sécurité et des affaires réglementaires du Chemin de fer Canadien Pacifique a rédigé un rapport d'enquête sur cet accident.

On y renvoie au rapport R-185 de l'Association of American Railroads (AAR), intitulé *Track Train Dynamics to Improved Freight Train Performance* (portant sur l'amélioration de la dynamique trains-voie ferrée dans le cas des trains de marchandises).

On y renvoie également au manuel de l'Air Brake Association, intitulé *Management of Train Operations and Train Handling* (portant sur la gestion et la conduite des trains), Chicago, 1972.

Annexe C — Sigles et abréviations

AAR	Association of American Railroads
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CFCP	Chemin de fer Canadien Pacifique
GM	General Motors
GRMS	système de mesure de l'écartement des voies sous charge
IGE	Instructions générales d'exploitation
lb/po ²	livre au pouce carré
mi/h	mille à l'heure
PLG24	écartement projeté des voies sous charge à 24 000 livres
REF	<i>Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada</i>
RSV	<i>Règlement sur la sécurité de la voie</i>