



DIRECTION DES SERVICES À L'APPUI DES OPÉRATIONS
RAPPORT DU LABORATOIRE D'INGÉNIERIE

LP233/2013

Examen des systèmes électriques des locomotives

Montreal, Maine & Atlantic Railway Train, MMA-002

Date de l'événement: 06-juillet-2013

À NOTER :

DROIT D'AUTEUR DE LA COURONNE. LE PRÉSENT RAPPORT EST DIFFUSÉ UNIQUEMENT À DES FINS DE SÉCURITÉ ET IL PEUT ÊTRE MODIFIÉ AVANT OU APRÈS LA DIFFUSION DU RAPPORT FINAL DU BST. LA REPRODUCTION DU PRÉSENT DOCUMENT, EN TOUT OU EN PARTIE, PEUT UNIQUEMENT ÊTRE AUTORISÉE À LA SUITE D'UNE DEMANDE AU BST. LA DIFFUSION À L'EXTÉRIEUR DU BST DOIT ÊTRE ÉVALUÉE PAR LE BUREAU DE L'ACCÈS À L'INFORMATION ET PROTECTION DES RENSEIGNEMENTS PERSONNELS

NUMÉRO DE L'ÉVÉNEMENT	CLASSIFICATION DE L'ÉVÉNEMENT	NOMBRE DE PAGES	NOMBRE D'ANNEXES	LA PUBLICATION HORS DU BST REQUIERT LA RÉVISION DU (DE LA) COORDONNATEUR(TRICE) DE L'ACCÈS À L'INFORMATION.	OUI	NON
R13D0054	2	11	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PRÉPARÉ PAR

Original en anglais

D. Gagné (Ingénieur spécialiste principal/Systèmes électriques)

APPROUVÉ PAR

Original en anglais

M.E. Givins ing. (Gestionnaire, Enregistreurs et performance des véhicules)

DIFFUSÉ PAR

DIFFUSÉ LE

18 février 2014

Original en anglais

L. Donati, Ph.D. (Directeur, Services à l'appui des opérations)

RÉVISION

Table des matières:

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	EXAMEN	1
2.6	Locomotive 5017	2
2.7	Locomotive 5023	2
2.8	Locomotive 5026	3
3.0	ANALYSE.....	4
4.0	CONCLUSION.....	6

Liste des tableaux:

Tableau 1: Résumé des essais effectués sur les locomotives.....	4
---	---

Liste des figures:

Figure 1: Compartiment du frein à air de la locomotive 5017.....	7
Figure 2: Composants de l'essai de frein dans la cabine de la locomotive.....	7
Figure 3: Raccordement en vue de l'essai de frein sur la locomotive 5017	8
Figure 4: Disjoncteur de commande dans la cabine de la locomotive.....	8
Figure 5: Sectionneur électrique principal.....	9
Figure 6: Compartiment du frein à air de la locomotive 5023.....	9
Figure 7: Raccordement en vue de l'essai de frein sur la locomotive 5023	10
Figure 8: Compartiment du frein à air de la locomotive 5026.....	10
Figure 9: Raccordement en vue de l'essai de frein sur la locomotive 5026	11

1.0 INTRODUCTION

- 1.1 Le 6 juillet 2013, peu avant 1 h, heure normale de l'Est, le train de marchandises numéro 2 vers l'est de la Montreal, Maine & Atlantic Railway (train MMA 002), qui était stationné pour la nuit à Nantes (Québec) au point milliaire 7,40 de la subdivision de Sherbrooke, part à la dérive. Le train franchit une distance d'environ 7 milles et 13 passages à niveau, pour atteindre une vitesse de 65 mi/h. Vers 1 h 15, à l'approche du centre-ville de Lac-Mégantic (Québec), 63 wagons-citernes chargés de pétrole brut UN 1267 et 1 wagon tampon déraillent. Le déraillement provoque le déversement de quelque 6 millions de litres de pétrole brut, ainsi que des incendies et des explosions qui détruisent 40 bâtiments, 50 véhicules et les voies ferrées à l'extrémité ouest du triage de Mégantic. Quarante-sept personnes au total perdent la vie.
- 1.2 Les trois locomotives de tête ont été dirigées vers l'atelier diesel du Chemin de fer du sud du Nouveau-Brunswick (NBSR) en vue d'un examen. On a demandé au Laboratoire d'ingénierie du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) d'être présent à l'examen électrique des locomotives.

2.0 EXAMEN

- 2.1 L'examen électrique des trois locomotives de tête s'est déroulé à l'atelier diesel du NBSR à Saint-Jean (N.-B.), les 8 et 9 octobre 2013. Présent à l'examen étaient des représentants de General Electric (GE), du NBSR et du BST.
- 2.2 Les trois engins moteurs examinés ont été identifiés comme étant les locomotives 5017, 5023 et 5026; la 5017 était la locomotive de tête au cours de l'événement.
- 2.3 Durant l'examen, on a remarqué que les systèmes électriques des locomotives avaient été modifiés par rapport à leur état initial de fabrication, mais aucun document à l'appui de ces modifications n'était disponible. Les locomotives avaient d'abord été équipées d'une pédale de sécurité, remplacée ultérieurement par un système électronique appelé dispositif de veille automatique (RSC). De plus, des systèmes PULSE avaient remplacé les indicateurs de vitesse BARCO installés à l'origine. Le système électrique des locomotives a été examiné du point de vue de son interface avec le RSC et la soupape de survitesse (OSV). On avait aussi enlevé la commande du frein rhéostatique installée à l'origine sur les locomotives.
- 2.4 Selon la configuration initiale, le courant électrique provenait du bus PC des locomotives sur le fil étiqueté « 80PC » et était acheminé à l'indicateur de vitesse, qui faisait passer le courant par le solénoïde dans l'OSV tenant lieu de contacteur normalement fermé. Une fois que l'indicateur de vitesse a enregistré une valeur au-dessus d'une limite établie, il a ouvert le contacteur; cette action a empêché le courant électrique d'atteindre le solénoïde de l'OSV, qui s'est ainsi mise à l'atmosphère, provoquant un freinage compensateur sur la locomotive. L'information fournie par la MMA indique que ses locomotives sont réglées pour que leur soupape de survitesse se déclenche quand la vitesse atteint 68 ou 72 mi/h; pour la plupart des locomotives, le déclenchement s'opère à 72 mi/h.

- 2.5 Le RSC est réglé de manière à se déclencher quand la pression d'air baisse à environ 30 lb/po², ce qui a pour effet d'actionner l'alarme et de mettre à l'atmosphère la soupape du RSC; cette dernière action à son tour amène les autres soupapes à se mettre à l'atmosphère, provoquant ainsi le freinage compensateur.
- 2.6 Locomotive 5017
- 2.6.1 L'examen de la locomotive 5017 (figure 1) a montré que l'OSV était alimentée électriquement en conformité avec la configuration initiale de fabrication, c.-à-d., par le fil étiqueté « 80PC » raccordé à l'intérieur d'une boîte de jonction. Le RSC était directement raccordé au côté sous tension de la batterie. Le fil du circuit d'essai de frein (« Brake Test ») (figure 2) était raccordé physiquement et électriquement à la même borne que le signal de commande du RSC (figure 3); le boîtier protecteur dans lequel se trouvait la borne comportait un couvercle qui avait été poussé sur le côté et ne tenait que par une seule vis.
- 2.6.2 L'essai a commencé par une vérification du circuit du RSC au moment de l'expiration du délai d'avertissement temporisé préétabli; la soupape du RSC ne s'est pas mise à l'atmosphère. Les techniciens ont constaté que le sectionneur de l'OSV était fermé. On a ouvert le sectionneur et repris l'essai; la soupape du RSC s'est mise à l'atmosphère, ce qui a entraîné un freinage compensateur.
- 2.6.3 Quand on a placé le disjoncteur de commande (figure 4) à la position « OFF », aucune soupape ne s'est mise à l'atmosphère et il n'y a pas eu de freinage compensateur.
- 2.6.4 On a ouvert le sectionneur électrique principal (figure 5) : aucune soupape ne s'est mise à l'atmosphère et il n'y a pas eu de freinage compensateur.
- 2.6.5 Ensuite, le disjoncteur de commande a été ouvert et le sectionneur électrique principal placé à la position « OFF » : encore là, aucune soupape ne s'est mise à l'atmosphère et il n'y a pas eu de freinage compensateur.
- 2.6.6 Les essais ont montré que l'OSV était toujours alimentée par la batterie et que, par conséquent, elle ne s'est mise à l'atmosphère dans aucune des situations d'essai.
- 2.7 Locomotive 5023
- 2.7.1 L'examen de la locomotive 5023 (figure 6) a montré que l'OSV était alimentée électriquement en conformité avec la configuration initiale de fabrication, c.-à-d., par le fil étiqueté « 80PC » raccordé à l'extérieur de la boîte de jonction. Le RSC était directement raccordé au côté sous tension de la batterie. Le fil du circuit d'essai du frein était raccordé électriquement à la même borne que le signal de commande du RSC, mais en était séparé physiquement (figure 7); il n'y avait pas de boîtier protecteur autour des bornes. Le sectionneur de l'OSV était fermé, tel qu'on l'avait trouvé, mais il a été ouvert pour les essais.
- 2.7.2 L'essai a commencé par une vérification du délai d'expiration de l'avertissement temporisé : la soupape du RSC s'est mise à l'atmosphère, ce qui a provoqué un freinage compensateur.

- 2.7.3 Quand on a placé le disjoncteur de commande à la position « OFF », aucune soupape ne s'est mise à l'atmosphère et il n'y a pas eu de freinage compensateur. Quand le disjoncteur était à la position « ON », la tension mesurée aux bornes du raccordement électrique du solénoïde de l'OSV était de 64 V c.c.; à la position « OFF », la tension avait chuté à 27 V c.c. L'indicateur de vitesse de la locomotive a été débranché et cette tension est tombée à zéro; il en a résulté une mise à l'atmosphère de l'OSV qui a produit un freinage compensateur. Quand on a rebranché l'indicateur de vitesse et répété l'essai, aucune des soupapes ne s'est mise à l'atmosphère. Un indicateur de vitesse différent a été installé et l'essai répété; à nouveau, aucune des soupapes ne s'est mise à l'atmosphère.
- 2.7.4 On a ouvert le sectionneur électrique principal et constaté qu'aucune soupape ne s'était mise à l'atmosphère et qu'il n'y avait pas eu de freinage compensateur. Quand l'indicateur de vitesse a été débranché, l'OSV s'est mise à l'atmosphère, entraînant un freinage compensateur.
- 2.7.5 Ensuite, le disjoncteur de commande a été ouvert et le sectionneur électrique principal placé à la position « OFF » : encore là, aucune soupape ne s'est mise à l'atmosphère et il n'y a pas eu de freinage compensateur. L'OSV s'est mise à l'atmosphère, ce qui a produit un freinage compensateur au moment du débranchement de l'indicateur de vitesse.
- 2.8 Locomotive 5026
- 2.8.1 L'examen de la locomotive 5026 (figure 8) a montré que le fil étiqueté « 80PC » était débranché et son extrémité rubanée. L'OSV était alimentée électriquement par le système Pulse. Le RSC était directement raccordé au côté sous tension de la batterie. Le fil du circuit d'essai de frein était raccordé physiquement et électriquement à la même borne que le signal de commande du RSC (figure 9); le boîtier protecteur dans lequel se trouvait la borne était dépourvu de couvercle. On a remarqué que le sectionneur de l'OSV se trouvait en position d'ouverture.
- 2.8.2 L'essai a commencé par une vérification du délai d'expiration de l'avertissement temporisé : la soupape du RSC s'est mise à l'atmosphère, ce qui a provoqué un freinage compensateur.
- 2.8.3 Le disjoncteur de commande a été placé à la position « OFF »; l'OSV s'est mise à l'atmosphère, produisant ainsi un freinage compensateur.
- 2.8.4 Lors de l'ouverture du sectionneur électrique principal, l'OSV s'est mise à l'atmosphère et il en a résulté un freinage compensateur.
- 2.8.5 Le disjoncteur de commande a été ouvert et le sectionneur électrique principal placé à « OFF », entraînant un freinage compensateur.
- 2.9 Le tableau 1 résume les essais et l'examen effectués sur les trois locomotives.

Tableau 1: Résumé des essais effectués sur les locomotives

Essai	5017 (locomotive de tête)	5023	5026
Expiration du délai d'avertissement temporisé	RSC mis à l'atm.; freinage compensateur	RSC mis à l'atm.; freinage compensateur	RSC mis à l'atm.; freinage compensateur
Sectionneur de l'OSV	Fermé, tel que trouvé; ouvert pour l'essai	Fermé, tel que trouvé; ouvert pour l'essai	Ouvert
Disjoncteur de commande mis sur « OFF »	Aucun freinage compensateur	Aucun freinage compensateur	OSV mise à l'atm.; freinage compensateur
Ouverture du sectionneur électrique principal	Aucun freinage compensateur	Aucun freinage compensateur	OSV mise à l'atm.; freinage compensateur
Ouverture du sectionneur électrique principal et disjoncteur de commande réglé sur « OFF »	Aucun freinage compensateur	Aucun freinage compensateur	OSV mise à l'atm.; freinage compensateur
Indicateur de vitesse 1-Débranché, avec disjoncteur de commande ouvert 2-Rebranché et testé de nouveau. 3-Remplacé.	S. O.	1-OSV mise à l'atm.; freinage compensateur 2-Aucun freinage compensateur 3-Aucun freinage compensateur	S. O.
Câble 80PC	Raccordé à l'intérieur de la boîte de jonction	Raccordé à l'extérieur de la boîte de jonction	Débranché et rubané
Raccordement pour l'essai de frein à la soupape du RSC	Fil raccordé à la même borne sur la soupape, couvercle retenu par une seule vis	Fil raccordé à une borne différente; pas de boîtier	Fil raccordé à la même borne sur la soupape; pas de couvercle sur le boîtier

3.0 ANALYSE

- 3.1 Les modifications apportées au câblage n'ont pas été faites de façon uniforme sur les trois locomotives, qui n'affichaient pas la même performance en matière de mise à l'atmosphère.
- 3.2 Toutes les trois locomotives étaient dotées d'un système RSC raccordé au côté sous tension de la batterie. Cela signifie que, aussi longtemps qu'il y a du courant dans la batterie, le RSC reste alimenté, peu importe la position des disjoncteurs ou

même celle du sectionneur électrique principal; cette situation empêche le RSC de déclencher une alarme sonore à la suite d'une perte de courant.

- 3.3 Sur les trois locomotives, le câblage d'essai de frein est électriquement connecté directement au point de raccordement du RSC. L'essai de frein se trouve ainsi à neutraliser la fonction du système RSC. C'est pourquoi une seule défaillance dans le système d'essai de frein peut empêcher le RSC de jouer son rôle. Par exemple, si le commutateur d'essai de frein était laissé par inadvertance à la position « ON », il n'y aurait jamais de mise à l'atmosphère, peu importe la commande donnée par le RSC.
- 3.4 Sur la locomotive 5017, l'OSV était directement alimentée par la batterie. Autrement dit, aussi longtemps qu'il y avait du courant dans la batterie, le solénoïde de l'OSV était alimenté, ce qui l'empêchait de changer d'état; ainsi, l'OSV ne s'est jamais mis à l'atmosphère, peu importe les situations d'essai. C'est là une indication que, soumise à des situations de survitesse, l'OSV, dans son état actuel d'installation, ne se mettrait pas à l'atmosphère et, ainsi, ne produirait aucun freinage compensateur.
- 3.5 En outre, sur la locomotive 5017, même s'il y avait du courant dans la batterie, aucune des situations de perte de courant testées n'a produit de freinage compensateur.
- 3.6 Comme le RSC était connecté directement à la batterie, si le frein direct était serré et s'il y avait perte de courant, par exemple à la suite d'une mise du disjoncteur à la position « OFF » ou de l'ouverture du sectionneur électrique principal, le RSC ne produirait ni alarme sonore, ni mise à l'atmosphère, puisque la batterie continuerait d'alimenter le solénoïde.
- 3.7 La locomotive 5023 présentait à l'intérieur de ses systèmes une condition unique qui permettait de garder sous tension le solénoïde de l'OSV, peu importe la position du disjoncteur de commande. Quand le disjoncteur a été placé à « OFF », la tension a baissé, mais elle était encore suffisante pour garder le solénoïde dans le même état, ce qui empêchait la mise à l'atmosphère de l'OSV. Malgré l'impossibilité d'établir la source exacte de la tension, c'était possible de déterminer qu'elle était liée au système de l'indicateur de vitesse; par exemple, quand l'indicateur de vitesse a été enlevé, la tension est tombée à 0 V c.c. Le problème n'était pas l'indicateur de vitesse en lui-même, mais quelque chose dans le système, parce qu'après l'installation dans la locomotive d'un indicateur de vitesse reconnu en bon état le niveau de la tension a de nouveau augmenté.
- 3.8 La locomotive 5026 s'est comportée comme prévu, produisant un freinage compensateur dans toutes les conditions d'essai.

4.0 CONCLUSION

- 4.1 L'OSV était réglée pour se déclencher à une vitesse de 68 ou de 72 mi/h.
- 4.2 Toutes les trois locomotives ont été modifiées par rapport à leur conception d'origine.
- 4.3 Les modifications du câblage des trois locomotives n'ont pas été effectuées de façon uniforme.
- 4.4 La performance en matière de mise à l'atmosphère était différente d'une locomotive à l'autre.
- 4.5 Le RSC était raccordé directement à la batterie de sorte qu'il demeurait alimenté même si on ouvrait le sectionneur électrique principal.
- 4.6 Le câblage d'essai de frein sur les trois locomotives était connecté directement au point de raccordement du RSC, permettant ainsi à l'essai de frein de neutraliser le système RSC.
- 4.7 Tel qu'elle était installée sur la locomotive 5017, l'OSV ne pouvait pas provoquer un freinage compensateur quand elle était soumise à des situations de survitesse.
- 4.8 La locomotive 5017 n'a produit aucun freinage compensateur quand elle était soumise à des essais de perte de courant.
- 4.9 Une anomalie inconnue dans le système empêchait l'OSV de la locomotive 5023 de se mettre à l'atmosphère. La soupape elle-même s'est comportée comme prévu quand l'indicateur de vitesse a été retiré du système.
- 4.10 La locomotive 5026 s'est comportée comme prévu, produisant un freinage compensateur dans toutes les conditions d'essai.



Figure 1: Compartiment du frein à air de la locomotive 5017



Figure 2: Composants de l'essai de frein dans la cabine de la locomotive



Figure 3 : Raccordement en vue de l'essai de frein sur la locomotive 5017



Figure 4: Disjoncteur de commande dans la cabine de la locomotive



Figure 5 : Sectionneur électrique principal



Figure 6: Compartiment du frein à air de la locomotive 5023



Figure 7 : Raccordement en vue de l'essai de frein sur la locomotive 5023



Figure 8: Compartiment du frein à air de la locomotive 5026



Figure 9: Raccordement en vue de l'essai de frein sur la locomotive 5026