



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

LP182/2013

Examen des roues et des semelles de frein 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	9	1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PRÉPARÉ PAR

*Original en anglais*

M.S. Wallis, ing. (Ingénieur spécialiste principal - Mécanique)

APPROUVÉ PAR

*Original en anglais*

S. Dionne, Ph.D. (Gestionnaire, Analyse du matériel et des structures)

DIFFUSÉ PAR

*Original en anglais*

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

DIFFUSÉ LE

27 mars 2014

RÉVISION

**Table des matières:**

1.0	INTRODUCTION .....	1
1.1	Description de l'événement .....	1
1.2	Services techniques demandés .....	1
1.3	Contexte .....	1
2.0	EXAMEN .....	2
2.1	Jantes et tables de roulement des roues.....	2
2.2	Épaisseur des semelles de frein.....	2
3.0	ANALYSE.....	3
4.0	CONCLUSIONS.....	4

**Liste des tableaux:**

Tableau 1 : Groupe de locomotives .....	2
---	---

**Liste des figures:**

Figure 1: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement sur $\frac{1}{4}$ de la surface .....	5
Figure 2: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement sur $\frac{1}{2}$ de la surface .....	5
Figure 3: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement sur $\frac{3}{4}$ de la surface .....	6
Figure 4: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement intégral, y compris le boudin.....	6
Figure 5: Semelle de frein neuve représentative.....	7
Figure 6: Semelles de frein représentatives montrant une usure asymétrique.....	7
Figure 7: Semelle de frein installée montrant une usure asymétrique .....	8
Figure 8: Exemple de semelles de frein dont la garniture a presque disparu .....	8
Figure 9: Exemple d'une semelle de frein dont la garniture est usée jusqu'à la plaque de fixation (flèche).....	9
Figure 10: Vue, du côté de la table de roulement, d'une garniture de semelle de frein usée jusqu'à la plaque de fixation (flèche).....	9

**Liste des annexes :**

Annexe A: Résultats de l'examen des roues et des semelles de frein.....	A-1
---	-----

## 1.0 INTRODUCTION

### 1.1 Description de l'événement

- 1.1.1 Le 5 juin 2013, vers 22 h 50, heure normale de l'Est, le train de marchandises MMA-002 (le train) de la Montreal, Maine & Atlantic Railway (MMA), en route de Montréal (Québec) à Saint-Jean (Nouveau-Brunswick), est arrêté à Nantes (Québec) au point milliaire 7,40 de la subdivision de Sherbrooke, point de relève désigné des équipes de la MMA. Vers 23 h 50, un résident de l'endroit signale un incendie à bord de la locomotive de tête (MMA 5017) au centre d'appels d'urgence 911. Par la suite, le service d'incendie local intervient, avec un autre employé de la MMA. La procédure d'arrêt d'urgence du moteur sur la locomotive de tête est enclenchée, puis le feu éteint. Le train, formé de 5 locomotives en tête, de 1 fourgon VB (fourgon de queue spécial), de 1 wagon-couvert et de 72 wagons-citernes de la classe 111 transportant des liquides inflammables (pétrole brut, UN 1267), est ensuite immobilisé sur la voie principale, dans une pente.
- 1.1.2 Peu après 1 h le 6 juillet 2013, le train se met en mouvement et gagne de la vitesse en dérivant dans la pente jusque dans la ville de Lac-Mégantic (Québec), 7,4 milles au sud-est de Nantes. Roulant à une vitesse bien supérieure à la vitesse autorisée, le train déraile près du centre de Lac-Mégantic. De nombreux wagons-citernes se rompent et un incendie s'ensuit.

### 1.2 Services techniques demandés

- 1.2.1 Le bureau des Opérations d'enquête de la région de l'Est - Rail/Pipeline du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a demandé que le Laboratoire d'ingénierie du BST procède à un examen des roues et des semelles de frein des locomotives et du fourgon VB.

### 1.3 Contexte

- 1.3.1 Le groupe de locomotives était formé de 5 locomotives et d'un fourgon VB, fourgon de queue transformé pour tenir lieu d'unité de télécommande. La timonerie du frein à main sur les locomotives six-essieux considérées fait pression seulement sur les semelles de frein de 2 des 12 roues. Dans le cas du fourgon VB et des wagons-citernes, cette timonerie fait pression sur les semelles de frein des 8 roues. Les roues reliées à des freins à main sont indiquées par les lettres « FàM » dans la colonne Frein à main de l'annexe A.
- 1.3.2 Le tableau 1 ci-dessous indique les numéros d'unité et les détails du groupe de locomotives :

**Tableau 1 : Groupe de locomotives**

Unité	Type	Essieux	Orientation de la cabine	Essieu avant	Roues avec frein à main
MMA 5017	C30-7	6	Vers l'avant	L1/R1	R2/R3
Fourgon VB	Fourgon	4	S. O.	R1/L1	Vers l'arrière
MMA 5026	C30-7	6	Vers l'arrière	R6/L6	R2/R3
CITX 3053	SD40-2	6	Vers l'avant	L1/R1	L2/L3
MMA 5023	C30-7	6	Vers l'avant	L1/R1	R2/R3
CEFX 3166	SD40-2	6	Vers l'arrière	R6/L6	L2/L3

## 2.0 EXAMEN

### 2.1 Jantes et tables de roulement des roues

2.1.1 On a examiné toutes les 68 roues du point de vue de l'épaisseur de leur jante et de la décoloration de leur table de roulement. L'épaisseur de la jante a été mesurée à l'aide d'un calibre d'épaisseur de jante de roue de l'AAR. Toutes les roues du fourgon VB dépassaient l'épaisseur minimale de 3/4 pouce prescrite pour les roues de wagon de 33 po de diamètre<sup>1</sup>. Toutes les roues des locomotives dépassaient l'épaisseur minimale de 1 pouce prescrite pour les roues de locomotive en service routier<sup>2</sup>. Les résultats ont été consignés en 16<sup>e</sup> de pouce dans les colonnes intitulées Jante de roue de l'annexe A.

2.1.2 Le bleuissement est une décoloration bleue de surfaces d'acier qui indique une exposition à la chaleur. Sur les roues ferroviaires, le bleuissement d'une table de roulement est causé par la chaleur de friction produite au cours d'un freinage intense ou prolongé. On s'est servi d'une échelle qualitative pour caractériser le degré de bleuissement observé sur la table de roulement : absence de bleuissement = 0; 1/4 de la table de roulement = 0,25; 1/2 de la table de roulement = 0,5; 3/4 de la table de roulement = 0,75; et bleuissement sur toute la table de roulement, y compris le boudin = 1. Les figures 1 à 4 montrent des exemples représentatifs de différents degrés de bleuissement observés. Les résultats sont consignés dans les colonnes Bleuissement de la table de roulement de l'annexe A.

### 2.2 Épaisseur des semelles de frein

2.2.1 On a retiré les semelles de frein des 68 roues pour en mesurer l'épaisseur. Compte tenu de la diversité des fabricants de semelles de frein, on a supposé que les dimensions ci-après étaient représentatives d'une semelle de frein neuve (non usée) - épaisseur de la plaque de fixation : environ 4 mm; épaisseur de la garniture : environ 46 mm; épaisseur totale : environ 50 mm (figure 5). Le degré d'usure mesuré sur les semelles de frein considérées a été comparé à l'épaisseur minimale prescrite pour les semelles de frein. La limite critique d'usure pour

<sup>1</sup> 2013 Field Manual of the AAR Interchange Rules, règle 41, p. 295.

<sup>2</sup> Association des chemins de fer du Canada, TC O-112, *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des locomotives de chemin de fer*, p. 22, alinéa 23.1(d), révision de février 2010.

l'épaisseur combinée de la plaque de fixation et de la garniture est de 9,5 mm (3/8 pouce)<sup>3</sup>. Si on ne tient pas compte de l'épaisseur de 4 mm de la plaque de fixation, il reste une épaisseur critique de 5,5 mm pour la semelle de frein elle-même. En raison des variations normales dans l'alignement roue/porte-semelle et la conicité de la table de roulement, toutes les semelles de frein présentaient une usure asymétrique (figures 6 et 7). Par conséquent, l'épaisseur de la garniture a été mesurée vers l'intérieur et vers l'extérieur, tant dans le haut que dans le bas de la semelle. Ensuite, on a établi une moyenne des épaisseurs intérieure et extérieure de la garniture pour déterminer les semelles de frein dont la face de la garniture ne présentait plus qu'une épaisseur de moins de 5,5 mm (limite critique d'usure). Certaines semelles de frein étaient usées jusqu'à leur plaque de fixation (figures 8, 9 et 10); une épaisseur de 0 a donc été consignée pour cette région de la garniture. Il est à noter que l'on ne connaissait pas l'état initial des garnitures de semelle de frein avant l'événement; par conséquent, le degré de perte d'épaisseur des semelles de frein imputable à l'événement n'est pas connu. Les résultats sont consignés en mm dans les colonnes Épaisseur des garnitures de semelle de frein, Moy., de l'annexe A.

### 3.0 ANALYSE

- 3.1 L'utilisation du frein indépendant produit sur toutes les roues d'une locomotive un effort retardateur à peu près identique. Sur toutes les roues du fourgon VB, le freinage génère aussi à peu près le même effort retardateur, bien qu'inférieur à celui produit sur les roues d'une locomotive en raison de la différence dans les dimensions de l'équipement de frein. Quand on serre les freins à main en plus du frein indépendant, les roues soumises à la fois à la pression de l'air comprimé et à celle, d'ordre mécanique, du frein à main devraient produire un effort retardateur plus intense en raison de la conjugaison de ces deux forces. Dans le cas présent, on estime que la fuite d'air dans le frein indépendant a commencé pendant que le train était arrêté à Nantes. Cette situation explique sans doute pourquoi les roues les plus près des fuites ont été les premières à perdre leur effort retardateur. Une fois que le train a commencé à bouger, les roues sur lesquelles l'effort retardateur restant était le plus important auraient produit la chaleur la plus intense en raison du frottement des semelles de frein. En conséquence, la table de roulement de ces roues devrait présenter le degré de bleuissement le plus élevé.
- 3.2 Un examen des données montre que 13 des 68 roues (19 %) étaient bleuies sur toute la largeur de leur table de roulement (bleuissement = 1) (cellules rouges dans l'annexe A). Ces données incluent 3 des 18 roues (16 %) reliées à un frein à main. Le groupe de toutes les roues exhibant un bleuissement de  $\frac{3}{4}$  ou de la totalité de la largeur de leur table de roulement (bleuissement = de 0,75 à 1,0) représente 46 des 68 roues (67 %). Ce groupe comprend 11 des 18 roues (61 %) reliées à un frein à main (cellules rouges et jaunes dans l'annexe A). On estime que si tous les freins à main avaient été serrés correctement (c.-à-d., de façon à immobiliser le train), toutes les roues reliées à un tel frein auraient été entièrement bleuies. Le fait que 7 des 18 roues soumises à l'action d'un frein à main présentaient un bleuissement de 0,5 ou moins donne à penser que plusieurs des freins à main n'avaient pas été serrés correctement. Ces observations suggèrent

---

<sup>3</sup> 2013 Field Manual of the AAR Interchange Rules, règle 12, p. 128.

- également que c'est le frein indépendant, et non les freins à main, qui a fourni la plus grande partie de l'effort retardateur nécessaire au maintien de la locomotive dans la pente.
- 3.3 Les données indiquent que la garniture de 9 des 68 semelles de frein (13 %) avait une épaisseur d'au plus 5,5 mm (cellules grises dans l'annexe A). Seules 2 de ces semelles de frein (11 %) se trouvaient à une des roues reliées à un frein à main. Si les freins à main des locomotives considérées avaient tous été serrés correctement, on se serait attendu à ce que l'usure des garnitures de semelle de frein soit la plus importante au niveau des roues soumises à l'action d'un frein à main.
- 3.4 Les données indiquent que les locomotives MMA 5026 et CITX 3053, les deuxième et troisième dans le groupe, comportaient le plus grand nombre de roues au bleuissement intégral de toute leur table de roulement, y compris le boudin. Les 9 semelles de frein usées au-delà de la limite de 5,5 mm se trouvaient sous ces deux mêmes locomotives. La combinaison des résultats de l'usure des semelles de frein et des résultats du bleuissement des tables de roulement révèle que la troisième locomotive, la CITX 3053, avait produit l'effort retardateur le plus élevé.

#### **4.0 CONCLUSIONS**

- 4.1 Toutes les roues des locomotives et des wagons dépassaient l'épaisseur de jante minimale admissible.
- 4.2 L'état initial des garnitures de semelle de frein avant l'événement n'était pas connu. Par conséquent, on ignore également le degré de la perte d'épaisseur des semelles de frein imputable à la dérive.
- 4.3 Sur certaines semelles de frein, l'usure avait traversé la garniture jusqu'à la plaque de fixation.
- 4.4 Le profil global du bleuissement des roues et de l'usure des garnitures de semelle de frein suggère que les freins indépendants fournissaient la plus grande partie de l'effort retardateur sur ce train.
- 4.5 Peu de roues reliées à un frein à main affichaient un bleuissement intégral de leur table de roulement ou une usure excessive de la garniture des semelles de frein. Cette constatation laisse croire que plusieurs des freins à main n'avaient pas été serrés correctement.



Figure 1: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement sur  $\frac{1}{4}$  de la surface



Figure 2: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement sur  $\frac{1}{2}$  de la surface



Figure 3: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement sur  $\frac{3}{4}$  de la surface



Figure 4: Exemple représentatif d'une table de roulement avec bleuissement intégral, y compris le boudin





Figure 5: Semelle de frein neuve représentative



Figure 6: Semelles de frein représentatives montrant une usure asymétrique



Figure 7: Semelle de frein installée montrant une usure asymétrique



Figure 8: Exemple de semelles de frein dont la garniture a presque disparu



Figure 9: Exemple d'une semelle de frein dont la garniture est usée jusqu'à la plaque de fixation (flèche)



Figure 10: Vue, du côté de la table de roulement, d'une garniture de semelle de frein usée jusqu'à la plaque de fixation (flèche)

## Annexe A: Résultats de l'examen des roues et des semelles de frein

N° d'ident.	N° essieu	Position de la roue	Frein à main	Bleuis. de la table de roul.	Épaisseur des garnitures de semelle de frein						Jante de roue	Position de la roue	Frein à main	Bleuis. de la table de roul.	Épaisseur des garnitures de semelle de frein						Jante de roue
					H/ext	H/int	Moy	B/ext	B/int	Moy					H/ext	H/int	Moy	B/ext	B/int	Moy	
MMA	1	L1		0,25	7	14	10,5	11	19	15	40	R1		0,75	20	23	21,5	22	25	23,5	41
5017	2	L2		0,25	9	14	11,5	16	21	18,5	46	R2	FàM	0,5	21	23	22	19	23	21	48
C30-7	3	L3		0,25	29	26	27,5	32	29	30,5	44	R3	FàM	0,75	15	21	18	24	28	26	45
	4	L4		0,25	20	25	22,5	25	29	27	46	R4		0,75	18	25	21,5	24	28	26	45
	5	L5		0,5	17	20	18,5	23	26	24,5	35	R5		0,75	24	26	25	24	28	26	35
	6	L6		0,5	21	24	22,5	26	30	28	34	R6		1	8	8	8	21	20	20,5	33
MMA	7	R1	FàM	0	17	17	17	22	22	22	34	L1	FàM	0,5	10	11	10,5	27	27	27	34
VB-1	8	R2	FàM	0,25	9	9	9	22	21	21,5	32	L2	FàM	0,5	9	9	9	26	25	25,5	33
Fourgon	9	R3	FàM	0,25	16	20	18	23	25	24	14	L3	FàM	0,75	14	18	16	22	22	22	14
	10	R4	FàM	0,25	16	14	15	22	21	21,5	37	L4	FàM	0,75	15	15	15	22	23	22,5	37
MMA	11	R6		1	11	14	12,5	12	16	14	39	L6		0,75	21	28	24,5	19	25	22	39
5026	12	R5		1	5	15	10	16	26	21	38	L5		0,75	6	14	10	20	25	22,5	37
C30-7	13	R4		0,75	18	17	17,5	26	28	27	42	L4		1	14	20	17	24	30	27	42
	14	R3	FàM	1	7	11	9	13	15	14	40	L3		0,75	1	3	2	18	14	16	39
	15	R2	FàM	0,75	5	13	9	20	25	22,5	38	L2		0,75	7	13	10	23	28	25,5	38
	16	R1		0,75	8	10	9	17	19	18	24	L1		1	2	3	2,5	25	30	27,5	24
CITX	17	L1		0,75	26	21	23,5	26	21	23,5	37	R1		0,75	17	14	15,5	17	15	16	37
3053	18	L2	FàM	1	6	0	3	3	0	1,5	39	R2		1	0	0	0	5	1	3	38
SD40-2	19	L3	FàM	0,75	0	0	0	13	11	12	42	R3		0,75	9	15	12	18	23	20,5	41
	20	L4		0,75	13	12	12,5	9	8	8,5	43	R4		0,75	6	3	4,5	15	9	12	43
	21	L5		0,75	0	0	0	1	0	0,5	45	R5		0,75	8	10	9	18	20	19	45
	22	L6		1	1	0	0,5	9	0	4,5	42	R6		1	8	1	4,5	10	1	5,5	42
MMA	23	L1		1	27	32	29,5	27	32	29,5	19	R1		1	24	28	26	19	22	20,5	18
5023	24	L2		0,75	23	28	25,5	24	28	26	28	R2	FàM	0,75	21	28	24,5	21	31	26	28
C30-7	25	L3		0,75	5	10	7,5	22	25	23,5	43	R3	FàM	1	17	18	17,5	25	24	24,5	42
	26	L4		0,75	16	18	17	25	25	25	32	R4		0,75	11	13	12	23	23	23	31
	27	L5		0,75	13	15	14	22	22	22	36	R5		0,25	29	23	26	29	25	27	37
	28	L6		0,75	22	25	23,5	26	27	26,5	33	R6		0,5	25	31	28	29	36	32,5	32
CEFX	29	R6		0,5	19	13	16	20	15	17,5	37	L6		0,5	23	16	19,5	22	16	19	36
3166	30	R5		0,5	20	16	18	22	18	20	36	L5		0,75	19	16	17,5	20	18	19	36
SD40-2	31	R4		0,5	16	11	13,5	20	13	16,5	37	L4		0,75	12	8	10	23	20	21,5	38
	32	R3		0,5	20	20	20	25	24	24,5	39	L3	FàM	0,75	18	10	14	24	16	20	39
	33	R2		0,5	19	12	15,5	16	10	13	36	L2	FàM	0,75	17	13	15	21	18	19,5	36
	34	R1		0,5	28	28	28	30	30	30	36	L1		0,75	15	7	11	24	18	21	36