



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

LP185/2013

Examen des freins à air 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	21	2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PRÉPARÉ PAR

*Original en anglais*

X. Jiang, Ph.D. (Ingénieur principal - Structures)

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

11 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
1.4	Pièces reçues .....	1
2.0	EXAMEN .....	2
2.1	Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017 .....	2
2.2	Soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017 .....	2
2.3	Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166 .....	3
2.4	Régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 .....	3
2.5	Valve QRB de la locomotive MMA-5026 .....	4
3.0	ANALYSE .....	6
3.1	Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017 .....	6
3.2	Soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017 .....	6
3.3	Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166 .....	6
3.4	Régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 .....	6
3.5	Valve QRB de la locomotive MMA-5026 .....	7
4.0	CONCLUSION .....	8

**Liste des tableaux:**

Tableau 1: Pièces reçues .....	1
--------------------------------	---

**Liste des figures:**

Figure 1: Photographies montrant le clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017 .....	9
Figure 2: Accumulation de saleté sur les zones d'étanchéité de l'obturateur et de la bague de siège du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017 .....	10
Figure 3: Vue en angle de la bague de siège avec joint torique du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017 .....	10
Figure 4: Photographies montrant la soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017 .....	11
Figure 5: Montage pour l'essai de la pression d'ouverture de la soupape de sûreté .....	11
Figure 6: Soupape de sûreté démontée du compresseur de la locomotive MMA-5017 .....	12
Figure 7: Photographies montrant le clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166 .....	13
Figure 8: Accumulation importante de saleté sur les zones d'étanchéité de l'obturateur et de la bague de siège du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166 .....	14
Figure 9: Vue latérale de la bague de siège montrant l'usure excessive du joint torique du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166 .....	14
Figure 10: Photographie montrant le régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 .....	14

Figure 11: Photographie montrant l'extrémité rouillée de la conduite de sortie du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 .....	15
Figure 12: Photographies montrant l'accumulation de rouille à l'intérieur du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 .....	15
Figure 13: Photographies de la structure intérieure du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 .....	16
Figure 14: Photographies montrant la condition sur place de la valve QRB de la locomotive MMA-5026 .....	17
Figure 15: Photographie montrant une vue latérale du bloc mobile et de son point de pivotement rotatif sur la locomotive MMA-5026.....	18
Figure 16: Photographie montrant la valve QRB après son retrait de la locomotive MMA-5026.....	18
Figure 17: Valve QRB démontée de la locomotive MMA-5026.....	19
Figure 18: Dommages au bord de l'orifice de retenue pour la plaque de bout sur le corps de la valve QRB.....	19
Figure 19: Usure et dommages visibles sur le disque de retenue de la valve QRB à l'endroit où la plaque de bout fait contact pour pivoter.....	20
Figure 20: Photographie du poussoir de la valve QRB montrant le dommage à la tête (flèches).....	20
Figure 21: Schémas représentant le principe de fonctionnement de la valve QRB.....	21

#### **Liste des annexes:**

Annexe A : Schéma des pièces de la valve QRB.....	A-1
Annexe B : Détermination de la course de pivotement maximale de la valve QRB .....	B-1

## 1.0 INTRODUCTION

### 1.1 Description de l'événement

1.1.1 Le 6 juillet 2013, vers 1 h 15, heure avancée de l'Est (HAE), le train de marchandises MMA-02 de la Montreal, Maine & Atlantic (MMA) transportant du pétrole brut déraille dans la ville de Lac-Mégantic (Québec). De nombreux wagons-citernes se rompent, leur contenu s'écoule 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 l'on examine divers composants du système de frein à air des locomotives pour déterminer les causes des fuites d'air qui ont été relevées ou du mauvais fonctionnement de ces composants.

### 1.3 Contexte

1.3.1 Le train en cause comportait 5 locomotives. L'examen de leurs systèmes de frein à air a révélé certaines lacunes, et des composants connexes ont été retirés en vue d'un examen et d'une analyse plus approfondis.

### 1.4 Pièces reçues

1.4.1 Le tableau 1 résume l'information pertinente au sujet des pièces reçues.

**Tableau 1: Pièces reçues**

Pièce	Description	Qté	Remarques
Clapet de non-retour du réservoir principal	Retiré du système de frein à air de la locomotive MMA-5017	1	Le test indique une fuite d'air excessive <sup>1</sup>
Soupape de sûreté du compresseur	Retiré du système de frein à air de la locomotive MMA-5017	1	Soufflage d'air excessif <sup>1</sup>
Clapet de non-retour du réservoir principal	Retiré du système de frein à air de la locomotive CEFX-3166	1	Le test indique une fuite d'air excessive <sup>2</sup>
Régulateur de pression du dispositif de locomotive morte	Retiré du système de frein à air de la locomotive CEFX-3166	1	Fuite excessive par l'évent <sup>2</sup>
Valve QRB <sup>3</sup>	Retiré du système de frein de la locomotive MMA-5026	1	Mauvais fonctionnement - ne pouvait évacuer l'air du cylindre de frein <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Note d'enquête du BST, UNIT NUMBER 5017\_LOCOMOTIVE MODEL C30-7 (1977) Locomotive Air Test, le 31 juillet 2013.

<sup>2</sup> Note d'enquête du BST, UNIT NUMBER 3166\_LOCOMOTIVE MODEL SD 40-2 Locomotive Air Test, le 3 août 2013.

<sup>3</sup> De l'anglais Quick Release Brake (purge rapide de frein)

<sup>4</sup> Note d'enquête du BST, UNIT NUMBER 5026\_LOCOMOTIVE MODEL C30-7 Locomotive Air Test, le 2 août 2013.

## 2.0 EXAMEN

### 2.1 Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017

2.1.1 La figure 1 montre les côtés entrée et sortie du clapet. Le clapet est du type classique à obturateur; il est formé d'un corps de boîtier, d'un obturateur, d'un ressort, d'une coupelle de ressort et d'une bague de siège contre laquelle l'obturateur est poussé par le ressort pour former le clapet. Une vue depuis le côté entrée du clapet (figure 1a) permet d'observer l'accumulation à la surface de saletés qui semblent constituées d'un mélange d'huile et de particules fines. Le joint de caoutchouc a perdu de son élasticité et de son lissé de surface; il est complètement recouvert d'impuretés fines. Une vue depuis le côté sortie (raccordé au réservoir principal) montre la présence de saletés sur la coupelle de ressort; on remarque que le joint de caoutchouc est gravement déformé et présente plusieurs fissures sur son pourtour, ce qui indique une perte de son élasticité et de sa fonction normale d'étanchéité.

2.1.2 La figure 2 montre l'accumulation de saleté sur la zone d'étanchéité (flèches rouges) de l'obturateur et de la bague de siège après leur retrait du corps de boîtier. La zone grossie dans la figure 2 est une image prise au microscope optique après qu'on eut évaporé l'huile en plaçant la bague de siège sur une plaque chauffante du laboratoire durant 5 minutes. L'image confirme que la saleté sur la bague de siège était constituée d'une accumulation de particules fines, ce qui a probablement contribué à la fuite d'air par le clapet.

2.1.3 La figure 3 montre une vue en angle de la bague de siège après son retrait du corps de boîtier. La rainure sur le côté de la bague de siège est munie d'un raccord à joint torique conçu pour fermer hermétiquement le passage entre la bague de siège et le corps de boîtier du clapet de non-retour. L'état de ce joint torique ne présentait aucune caractéristique remarquable.

### 2.2 Soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017

2.2.1 La figure 4 montre la soupape de sûreté du compresseur<sup>5</sup> (numéro de pièce D559B-8M-60), dont la pression d'ouverture (ou de détente) était réglée par défaut à 60 lb/po<sup>2</sup>.

2.2.2 Pour déterminer la pression d'ouverture, on a élaboré un montage d'essai qui consistait d'abord à raccorder la soupape à un adaptateur à 3 orifices, dont un a été muni d'un manomètre. Ensuite, l'orifice restant de l'adaptateur a été raccordé à une alimentation en air comprimé (figure 5). Cette alimentation était équipée d'un régulateur de pression manuel qui servait à régler la pression de l'alimentation en air raccordée au montage d'essai.

2.2.3 L'essai a commencé à une pression d'alimentation en air de 0 lb/po<sup>2</sup>, que l'on a augmentée lentement. Dès le début, à une pression juste au-dessus de 0 lb/po<sup>2</sup>, on pouvait entendre le bruit d'une fuite d'air. Si on plaçait un doigt devant la tête de la soupape de sûreté, une petite fuite d'air était également ressentie. Cette fuite a été détectée jusqu'à ce que la pression d'essai atteigne environ 50 lb/po<sup>2</sup>, pression

---

<sup>5</sup> Fabriquée par Circle Valve Technologies Inc, Harleysville (Pennsylvanie, États-Unis).

- à laquelle on a entendu la soupape s'ouvrir et l'air s'en échapper violemment. Le manomètre n'indiquait aucun changement si on continuait d'augmenter la pression d'alimentation en air. Ainsi, on a pu déterminer que la pression d'ouverture de la soupape de sûreté était de 50 lb/po<sup>2</sup> alors qu'elle était réglée par défaut à 60 lb/po<sup>2</sup>, ce qui donne à penser que le ressort de la soupape a pu s'affaïsser légèrement au fil du temps.
- 2.2.4 La figure 6a montre les composants de la soupape de sûreté démontée. Aucun composant n'était ni cassé, ni visiblement détérioré, à l'exception du joint d'étanchéité en caoutchouc sur la tête de la tige d'ouverture. La surface du joint d'étanchéité montrait des rainures profondes (figure 6b), signe d'une perte d'élasticité et de la fonction normale d'étanchéité due au vieillissement. Cette perte d'élasticité peut expliquer pourquoi il y avait une petite quantité d'air qui s'échappait avant le déclenchement de la soupape de sûreté au cours de l'essai.
- 2.3 Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166
- 2.3.1 La figure 7 montre les côtés entrée et sortie (ce dernier raccordé au réservoir principal) du clapet de non-retour. Ce clapet était du même type que celui utilisé sur la locomotive MMA-5017 (se reporter au paragraphe 2.1). Une vue depuis le côté entrée du clapet (figure 7a) permet de voir la saleté accumulée sur la surface interne du clapet. Une vue depuis le côté sortie (figure 7b) indique une accumulation visible de saleté sur le ressort et la coupelle du ressort. Le joint de caoutchouc était gravement déformé (voir la flèche rouge à la figure 7b), signe d'une perte de son élasticité et de sa fonction normale d'étanchéité. Quand le joint de caoutchouc a été retiré en vue d'un examen plus approfondi (figure 7c), on a constaté qu'il était fondamentalement brisé, avec une grande fissure complète le long de sa circonférence.
- 2.3.2 L'examen des surfaces d'étanchéité sur l'obturateur et la bague de siège du clapet de non-retour s'est déroulé de la façon décrite à l'alinéa 2.1.2. Une accumulation de saleté était clairement visible, comme l'indiquent les flèches de la figure 8.
- 2.3.3 La figure 9 montre le joint torique en place sur la bague de siège; la fonction du joint torique est de fermer l'espace entre la bague de siège et le corps de boîtier. La surface extérieure du joint torique était aplatie et affleurait le côté de la bague de siège. C'est là une indication que le joint torique avait perdu son élasticité, qu'il était déformé en permanence et qu'il avait donc perdu sa fonction normale d'étanchéité. Une accumulation importante de saleté sur la paroi latérale de la bague de siège indiquait également qu'une quantité excessive d'air (contaminé par des poussières) était passée dans l'espace entre la bague et le corps de boîtier du clapet de non-retour.
- 2.4 Régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166
- 2.4.1 La figure 10 montre une photographie du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte. Lors de l'examen de l'extrémité sortante de la conduite de sortie raccordée au corps du régulateur (point de vue A dans la figure 10), on a constaté que l'extrémité de la conduite était rouillée (figure 11). Il y avait à l'intérieur de la conduite une importante accumulation de rouille, ce qui bloquait partiellement la conduite.

- 2.4.2 La figure 12a est une photographie de l'orifice sortant du régulateur (point de vue B dans la figure 10) prise après la dépose de la conduite de sortie. Une accumulation de rouille à l'intérieur du régulateur était clairement visible. Quand on regardait le régulateur de pression depuis l'orifice d'entrée après la dépose de la conduite d'entrée, aucune rouille n'était visible à l'intérieur. On a remarqué que le régulateur était fait de cuivre; par conséquent, l'accumulation de rouille sur le côté sortant de cette soupape de circulation d'air à sens unique indique qu'une inversion du débit d'air (fuite d'air) s'était produite sur une longue période de temps.
- 2.4.3 La dépose du chapeau du régulateur de pression a mis à découvert la configuration interne de l'appareil (figure 13). On peut voir qu'un ensemble disque repose sur le siège pour former le régulateur. Celui-ci règle l'alimentation en air du réservoir du système de frein à air. Quand la pression de sortie (côté droit dans la figure 13a) est inférieure à la pression d'admission (côté gauche dans la figure 13a), le régulateur s'ouvre pour augmenter la pression à la sortie. Quand les pressions d'entrée et de sortie sont égales, l'ensemble disque retourne par gravité sur le siège, et le régulateur se ferme.
- 2.4.4 Un simple essai du mouvement vers le haut et vers le bas de l'ensemble disque a révélé que celui-ci ne se déplaçait pas librement. Quand on le soulevait en soufflant de l'air depuis le côté entrée, il ne redescendait pas librement pour fermer le régulateur au moment de l'arrêt de l'alimentation en air.
- 2.4.5 On a déposé l'ensemble disque, mettant ainsi à découvert la zone circulaire sur le siège, zone recouverte par l'ensemble disque (figure 13c). Cette zone circulaire ne présentait aucun défaut visible, sauf un mélange d'huile et de particules de poussière à la surface. L'ensemble disque arborait également un tel mélange sur le joint de caoutchouc et le guide mobile (figure 13b). Le joint de caoutchouc comportait une rainure visible, signe de vieillissement ainsi que de perte d'élasticité et de la fonction normale d'étanchéité. On en a conclu que ce mélange collant d'huile et de poussières a été probablement la raison pour laquelle l'ensemble disque ne se déplaçait pas librement pour fermer le clapet.
- 2.5 Valve QRB de la locomotive MMA-5026
- 2.5.1 La figure 14 montre la valve QRB et la position de sa poignée de déclenchement avant et après l'enroulement de la chaîne du frein à main. Lors du serrage du frein à main, la mise en tension de sa chaîne fait remonter le bloc mobile, qui à son tour déplace vers le haut le balancier raccordé à la poignée de la valve QRB, de façon à déclencher une évacuation rapide de l'air du cylindre de frein.
- 2.5.2 La direction du mouvement du balancier n'est pas droite vers le haut (à la verticale du sol), mais à un angle de 30° par rapport à la gauche de la ligne verticale (flèche noire dans la figure 15), parce que le bloc mobile tourne autour d'un point de pivotement quand la chaîne du frein à main est mise en tension par son enroulement.
- 2.5.3 Au cours de l'examen sur le site, on a remarqué qu'un morceau de cale d'épaisseur avait été placé sur la plaque horizontale du bloc mobile (flèche rouge dans la figure 14a). Des essais répétés de la fonctionnalité de la valve ont révélé

sa défectuosité, c.-à-d. que l'enroulement de la chaîne du frein à main jusqu'à sa limite ne provoquait pas l'évacuation de l'air du cylindre de frein. Cependant, il était possible d'activer la valve en poussant davantage vers le haut, à la main, le balancier intermédiaire.

- 2.5.4 La figure 16 montre la valve QRB après sa dépose de la locomotive. Un capuchon de plastique bleu avait été placé devant l'échappement, traversé par une tringle qui sortait du corps de la valve. D'après le schéma des pièces pour la valve QRB (annexe A), cette tringle est un composant de la plaque de bout (pièce n° 22), qui sort du corps de la valve (pièce n° 23), passe dans un orifice sur le déflecteur (pièce n° 26), puis se raccorde à la poignée (pièce n° 27). Le capuchon de plastique bleu n'était pas indiqué sur le schéma des pièces; cette absence confirme qu'il n'était pas un composant d'origine de la valve de purge considérée. La fonction de ce capuchon n'est pas claire.
- 2.5.5 On a démonté la valve et examiné ses composants pour trouver des indications d'usure ou de dommages qui auraient pu causer son mauvais fonctionnement. La figure 17 montre les composants démontés de la valve. Des dommages visibles ont été trouvés sur 2 composants, à savoir l'orifice de retenue à l'intérieur du corps (pièce n° 23) et le poussoir (pièce n° 21).
- 2.5.6 La figure 18 est une photographie montrant le bord endommagé, vu de l'extérieur, de l'orifice de retenue du corps de la valve. Cet orifice a 2 fonctions : premièrement, il constitue l'orifice d'échappement de l'air du cylindre de frein; deuxièmement, il est conçu pour retenir la plaque de bout (pièce n° 22) et fournir une surface circulaire permettant à cette plaque de pivoter et de déplacer le poussoir (pièce n° 21) en vue de l'évacuation de l'air du cylindre de frein. Le point endommagé se trouvait à l'endroit exact où la plaque de bout pivote pour déplacer le poussoir quand la tringle bouge dans la direction indiquée par la flèche rouge dans la figure 18.
- 2.5.7 La figure 19 montre les dommages, vus de l'intérieur, sur l'orifice de retenue. La zone délimitée par la ligne pointillée blanche montre une usure considérable et un bord endommagé. La rainure circulaire autour de l'orifice est disparue de cette zone. On estime que ces dommages d'usure provoqueraient un petit changement (recul) dans la position contre laquelle la plaque de bout pivote, ce qui influencerait sur la course de pivotement et, peut-être, sur le mécanisme de purge rapide de la valve.
- 2.5.8 La figure 20 montre le poussoir dans la valve. L'extrémité du poussoir en contact avec la plaque de bout était légèrement écrasée. Il en aurait résulté une réduction de la longueur du poussoir. Si ce raccourcissement a dépassé la tolérance prescrite pour le dispositif, il aurait nui à la fonctionnalité du mécanisme de purge rapide<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Les dessins et spécifications techniques pour la valve QRB n'étaient pas disponibles; il n'a donc pas été possible de déterminer si les dommages dépassaient les limites permises.

### **3.0 ANALYSE**

- 3.1 Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017
- 3.1.1 L'examen a révélé la présence de saleté sur les zones d'étanchéité de l'obturateur et de la bague de siège, ainsi qu'une déformation et une perte d'élasticité du joint de caoutchouc entre le clapet de non-retour et le réservoir principal. Cet état est compatible avec des dommages dus au vieillissement. Il est possible que la contamination par la saleté de l'obturateur et de la bague de siège entraîne une fuite d'air dans une certaine mesure. Cependant, la déformation, la perte d'élasticité et la fissuration du joint de caoutchouc en raison du vieillissement constituaient probablement la principale raison de la fuite d'air par ce clapet de non-retour.
- 3.2 Soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017
- 3.2.1 On a constaté que le joint de caoutchouc sur la tête de la tige d'ouverture se trouvait dans un état de vieillissement, comme l'indique la présence de rainures profondes à sa surface. Cependant, il est improbable que cet état explique la quantité d'air excessive expulsée de la soupape au cours des essais sur place. Les essais en laboratoire ont indiqué que la pression de détente de la soupape était réduite à 50 lb/po<sup>2</sup>, alors que la pression de détente par défaut était réglée à 60 lb/po<sup>2</sup>. Cet écart explique vraisemblablement l'expulsion excessive d'air. Il est probable que le ressort de retenue se soit affaissé légèrement au fil des ans, ce qui a mené à la réduction de la pression de détente.
- 3.3 Clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166
- 3.3.1 L'examen des composants du clapet a révélé que le joint de caoutchouc entre le clapet de non-retour et le réservoir principal était cassé et que le joint torique entre la bague de siège et le corps de boîtier du clapet était gravement déformé par suite de la perte d'élasticité due au vieillissement du caoutchouc. Bien que la contamination par un mélange d'huile et de poussières de l'obturateur et de la bague de siège puisse avoir contribué à la fuite d'air dans une certaine mesure, il est probable que le joint de caoutchouc cassé entre le clapet et le réservoir principal ainsi que la déformation du joint torique aient constitué les 2 raisons principales des fuites d'air excessives du réservoir principal du système de frein à air.
- 3.4 Régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166
- 3.4.1 L'examen a révélé une déformation du joint de caoutchouc entre l'ensemble disque et le siège, ainsi qu'une accumulation de particules sur le joint, ce qui a probablement entravé l'étanchéité de celui-ci. Les particules de poussières étaient de couleur rouge foncé; elles proviendraient donc de la conduite de sortie, faite d'acier et rouillée. Le joint de caoutchouc particulièrement vieilli et la conduite de sortie rouillée donnent à penser que ce régulateur était en service depuis longtemps et avait probablement dépassé de beaucoup sa durée de vie théorique.

### 3.5 Valve QRB de la locomotive MMA-5026

- 3.5.1 La valve QRB présentait une structure complexe, par comparaison avec celle des clapets de non-retour examinés ci-dessus. Son examen a révélé des dommages d'usure au disque de retenue de la plaque de bout sur le corps de la valve et à une extrémité du poussoir. Pour déterminer si ces dommages auraient pu être responsables du mauvais fonctionnement de la valve, il a d'abord fallu en comprendre le principe de fonctionnement<sup>7</sup>.
- 3.5.2 La figure 21 est un schéma reconstruit de la valve QRB qui permet de montrer son principe de fonctionnement. La figure 21a montre que, quand la tringle de la plaque de bout n'est pas déplacée vers le haut, le ressort bouge le poussoir vers la droite contre cette plaque, laissant ainsi un espace (indiqué par la lettre « d » dans la figure) entre le poussoir et la tige de la valve. Quand la chaîne du frein à main est tendue, la tringle, reliée à la poignée et au balancier (figure 14b), se déplace vers le haut, et la plaque de bout pivote contre la surface intérieure du disque de retenue sur l'orifice d'échappement. Cette action déplace vers la gauche le poussoir, qui à son tour en fait autant pour la tête de la tige de la valve. Dès qu'un petit espace se forme entre la tête de la tige de la valve et le canal principal d'évacuation de l'air, l'air comprimé dans la chambre à membrane est évacué, suivant le trajet indiqué par la ligne bleue de la figure 21b. La baisse de pression dans la chambre à membrane crée une pression différentielle sur la membrane, ce qui produit une force suffisante pour déplacer instantanément la tige vers la gauche; il en résulte une évacuation rapide de l'air du cylindre de frein le long du canal indiqué dans la figure 21c. Au même moment, le déplacement de la tige vers la gauche ferme également le passage d'air entre le réservoir auxiliaire et le cylindre de frein, de façon à maintenir la pression d'air dans le réservoir auxiliaire.
- 3.5.3 Le principe de fonctionnement décrit dans le paragraphe précédent suggère qu'on pourrait s'attendre à ce qu'un raccourcissement du poussoir en raison de dommages (figure 20) influe sur le fonctionnement de la valve. Un tel raccourcissement augmenterait l'espace entre le poussoir et la tête de la tige, exigeant ainsi une augmentation de l'angle du levier de la plaque de bout pour que le mécanisme de purge fonctionne.
- 3.5.4 On s'attend aussi à ce que l'usure et l'endommagement localisés du disque de retenue de la plaque de bout (figure 19), contre lequel la plaque pivote pour déplacer le poussoir, influent sur le fonctionnement de la valve de purge. Cette usure engendre un recul de la position de pivotement le long de l'axe primaire de la valve; un tel recul exigerait aussi une augmentation de l'angle de levier de la tringle (et, ainsi, du balancier) pour que la valve fonctionne.
- 3.5.5 Un essai de la course maximale de pivotement de la plaque de bout a indiqué que l'usure et l'endommagement du disque de retenue avaient entraîné un recul d'environ 0,7 mm de la position de pivotement, soit l'équivalent d'une perte de course de pivotement de 0,7 mm (se reporter à l'annexe B).

---

<sup>7</sup> Aucune information technique n'a été reçue du fabricant de la valve QRB.

3.5.6 Le développement d'usure et de dommages sur le poussoir et la surface intérieure du disque de retenue est considéré comme un processus à long terme. L'utilisation d'une cale d'épaisseur sur la plaque horizontale du bloc mobile (figure 14a) indique peut-être qu'à un certain stade de l'historique de service de la valve QRB, l'usure et l'endommagement de ces 2 composants ont provoqué la défaillance de la valve. L'utilisation d'une cale d'épaisseur pour augmenter l'angle de levier a permis à la valve de fonctionner à nouveau. Cependant, cette mesure constituait une solution improvisée plutôt qu'une réparation effectuée selon une norme de maintenance et de service. On estime qu'au moment du présent événement, l'état d'usure et d'endommagement du poussoir et du disque de retenue avait encore progressé, provoquant ainsi le mauvais fonctionnement de la valve de purge.

#### **4.0 CONCLUSION**

4.1 Il a été établi que la fuite d'air excessive du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017 avait pour causes la perte d'élasticité et la fissuration du joint de caoutchouc dues au vieillissement. La contamination de l'obturateur et de la bague de siège par un mélange d'huile et de poussières sur le disque et la bague de siège peut aussi avoir contribué à la fuite d'air. L'état avancé de vieillissement du joint de caoutchouc laisse entendre que ce clapet n'avait été ni inspecté, ni entretenu depuis un certain temps.

4.2 La pression de détente de la soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017 était réduite à 50 lb/po<sup>2</sup>, alors qu'elle était réglée par défaut à 60 lb/po<sup>2</sup>. Il est probable que le ressort de retenue se soit légèrement affaissé au fil des ans, ce qui a entraîné une ouverture intempestive de la soupape de sûreté sous une pression nominale et provoqué une expulsion excessive d'air par la tête de la soupape.

4.3 L'examen du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166 a révélé que le joint de caoutchouc était cassé et que le joint torique entre la bague de siège et le corps de boîtier du clapet était gravement déformé; il en a résulté une fuite d'air excessive du réservoir principal. L'état avancé de vieillissement du joint de caoutchouc et du joint torique suggère que ce clapet n'avait été ni inspecté, ni entretenu depuis un certain temps.

4.4 La fuite d'air du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166 était due principalement au vieillissement du joint de caoutchouc entre l'ensemble disque et le siège du régulateur. Des particules de rouille sur le joint de caoutchouc avaient probablement aggravé davantage la fuite d'air.

4.5 L'essai et l'examen de la valve QRB de la locomotive MMA-5026 ont permis de reconnaître comme cause du mauvais fonctionnement de la valve les dommages d'usure à son poussoir et à la surface intérieure du disque de retenue. Des réparations hors norme avaient été faites au mécanisme de purge de la valve, ce qui donne à penser que le mauvais fonctionnement de la valve était connu de l'exploitant avant l'événement.



(a) Côté entrée du clapet

(b) Côté sortie du clapet  
(c)

Figure 1: Photographies montrant le clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017

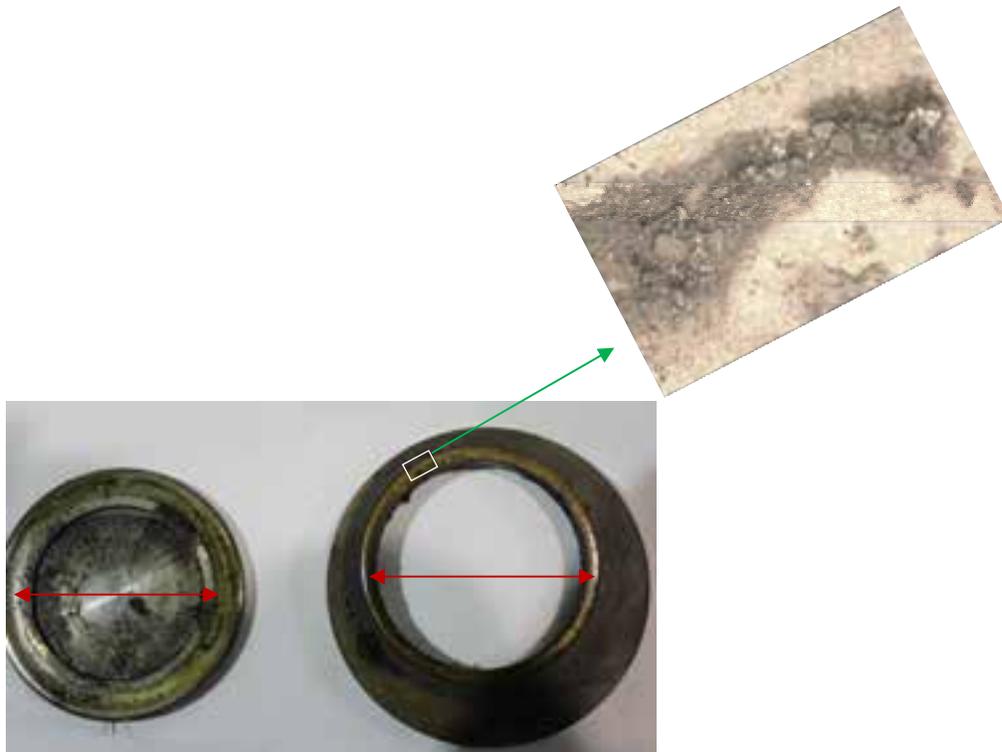


Figure 2: Accumulation de saleté sur les zones d'étanchéité de l'obturateur et de la bague de siège du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017



(a) Vue en angle de la bague de siège avec joint torique



(b) Joint torique entre la bague de siège et le corps de boîtier du clapet de non-retour

Figure 3: Vue en angle de la bague de siège avec joint torique du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive MMA-5017

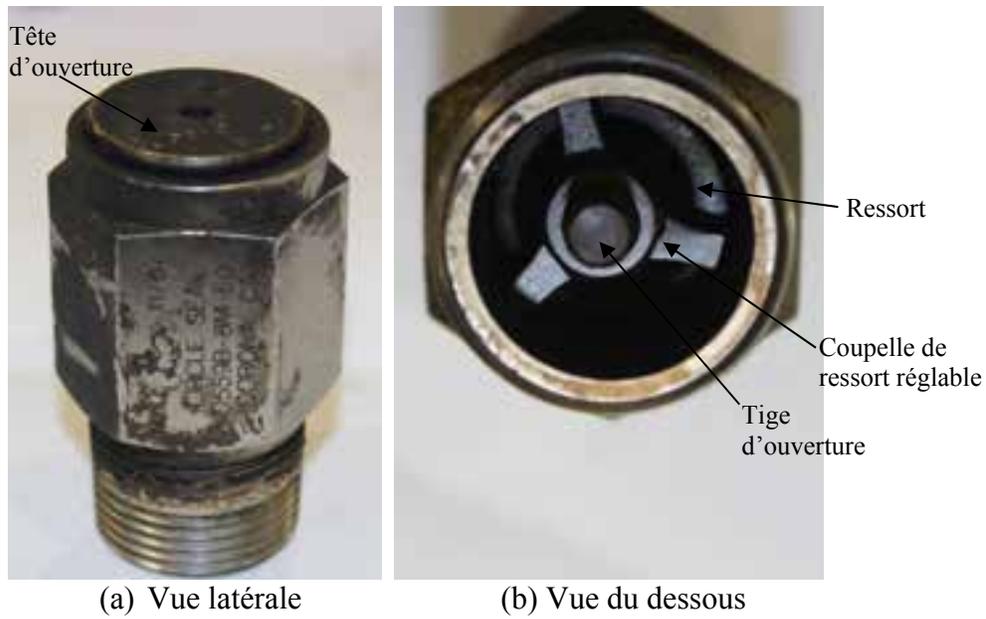


Figure 4: Photographies montrant la soupape de sûreté du compresseur de la locomotive MMA-5017



Figure 5: Montage pour l'essai de la pression d'ouverture de la soupape de sûreté



(a) Composants de la soupape de sûreté démontée



(b) Gros plan du joint de caoutchouc

Figure 6: Soupape de sûreté démontée du compresseur de la locomotive MMA-5017



(a) Vue depuis le côté entrée du clapet de non-retour



(b) Vue depuis le côté sortie du clapet de non-retour



(c) Vue latérale du joint de caoutchouc en place sur le côté sortie du clapet

Figure 7: Photographies montrant le clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166



Figure 8: Accumulation importante de saleté sur les zones d'étanchéité de l'obturateur et de la bague de siège du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166



Figure 9: Vue latérale de la bague de siège montrant l'usure excessive du joint torique du clapet de non-retour du réservoir principal de la locomotive CEFX-3166



Figure 10: Photographie montrant le régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166



Figure 11: Photographie montrant l'extrémité rouillée de la conduite de sortie du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166



(a) Vue intérieure de la soupape de régulation depuis l'orifice sortant après la dépose de la conduite de sortie



(b) Vue intérieure de la soupape de régulation depuis l'orifice entrant après la dépose de la conduite d'entrée

Figure 12: Photographies montrant l'accumulation de rouille à l'intérieur du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166

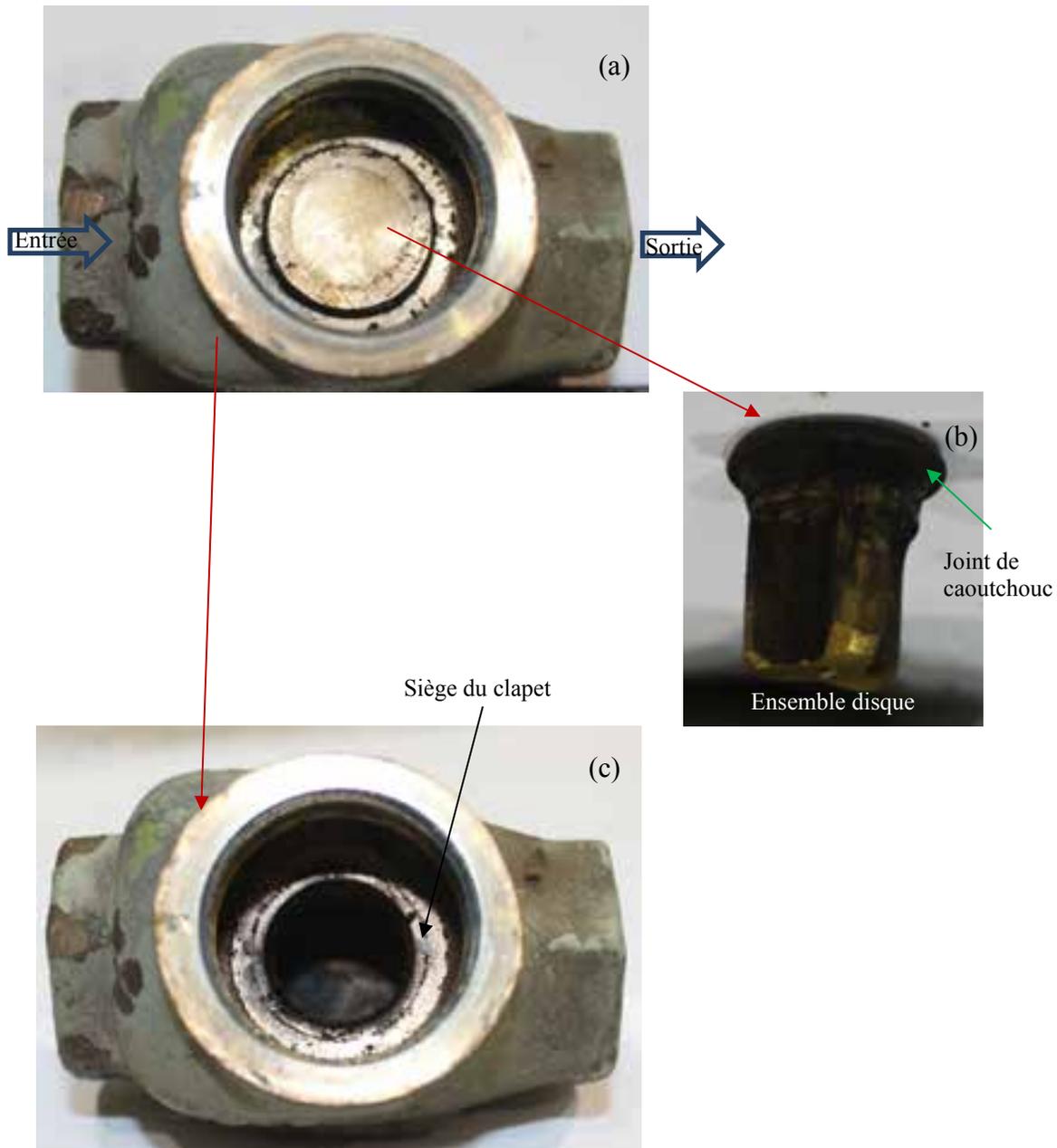
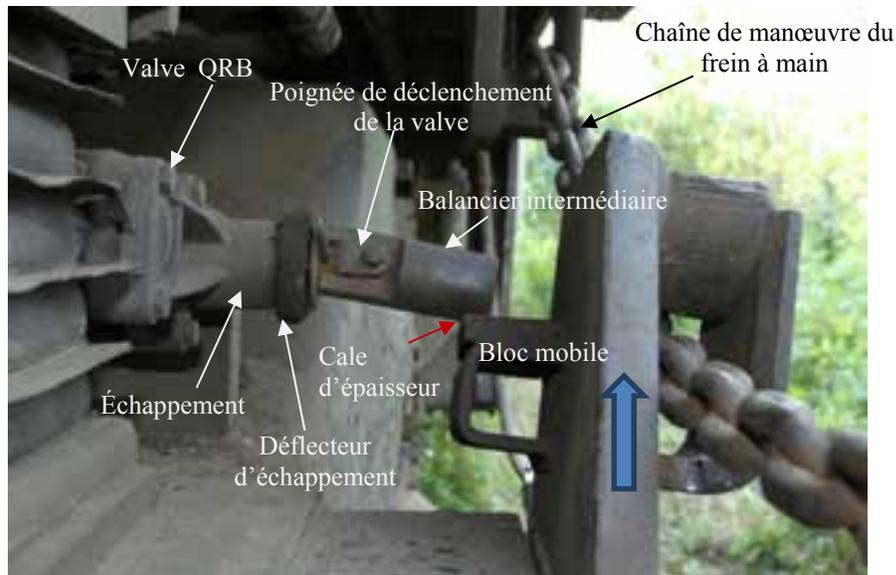
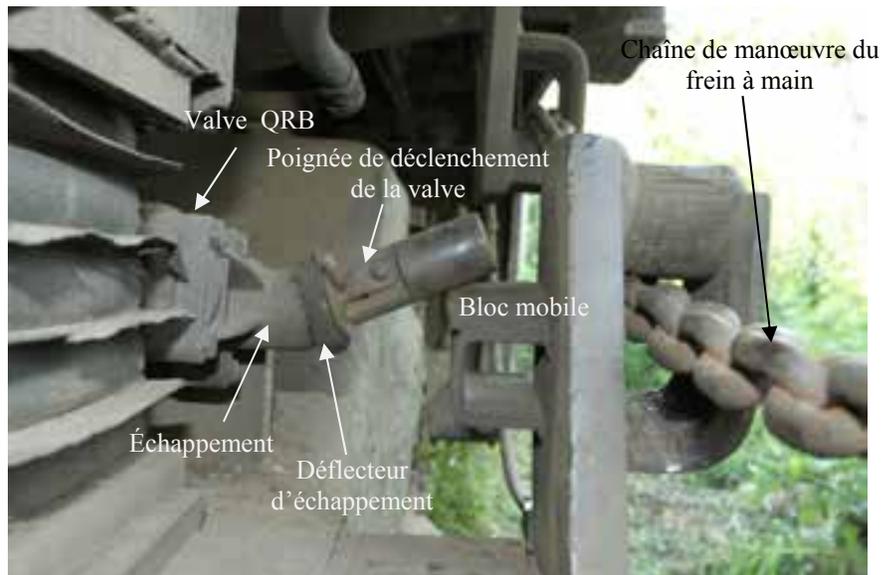


Figure 13: Photographies de la structure intérieure du régulateur de pression du dispositif de locomotive morte de la CEFX-3166



(a) Avant la mise en tension de la chaîne du frein à main



(b) Après la mise en tension de la chaîne du frein à main

Figure 14: Photographies montrant la condition sur place de la valve QRB de la locomotive MMA-5026

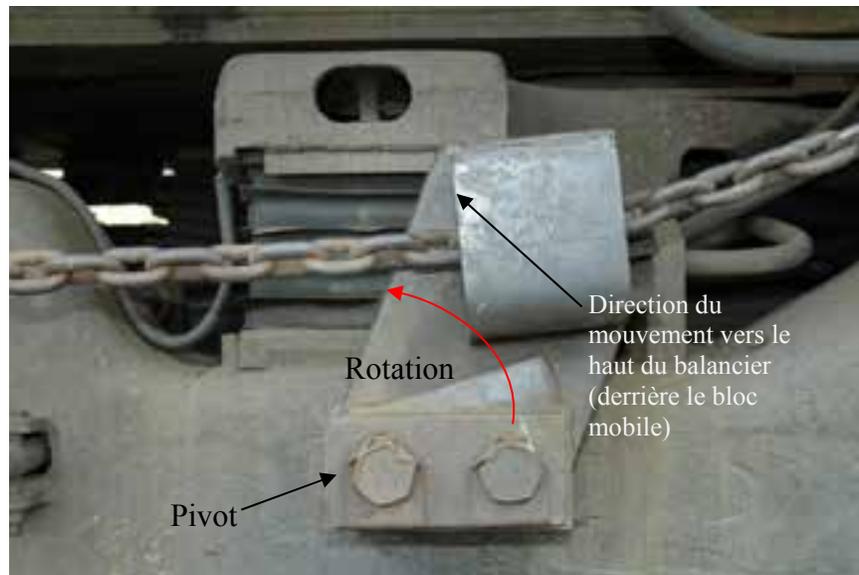


Figure 15: Photographie montrant une vue latérale du bloc mobile et de son point de pivotement rotatif sur la locomotive MMA-5026



Figure 16: Photographie montrant la valve QRB après son retrait de la locomotive MMA-5026



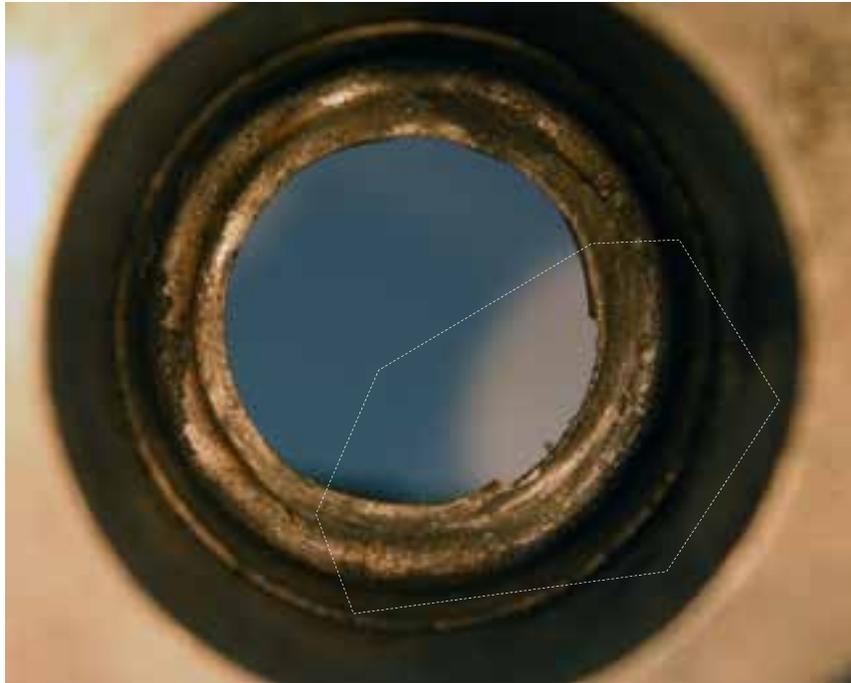


Figure 19: Usure et dommages visibles sur le disque de retenue de la valve QRB à l'endroit où la plaque de bout fait contact pour pivoter

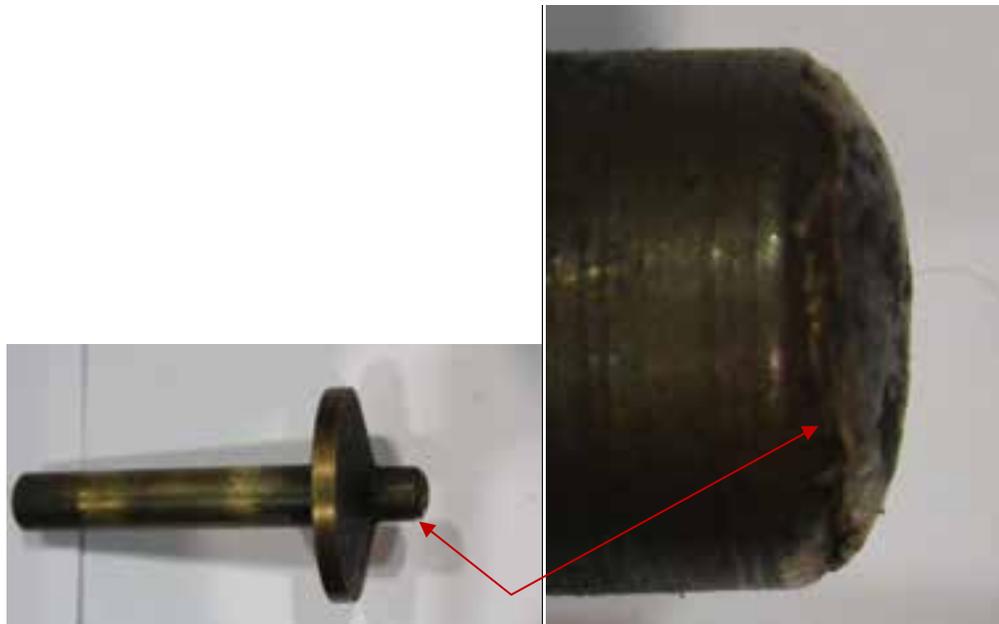
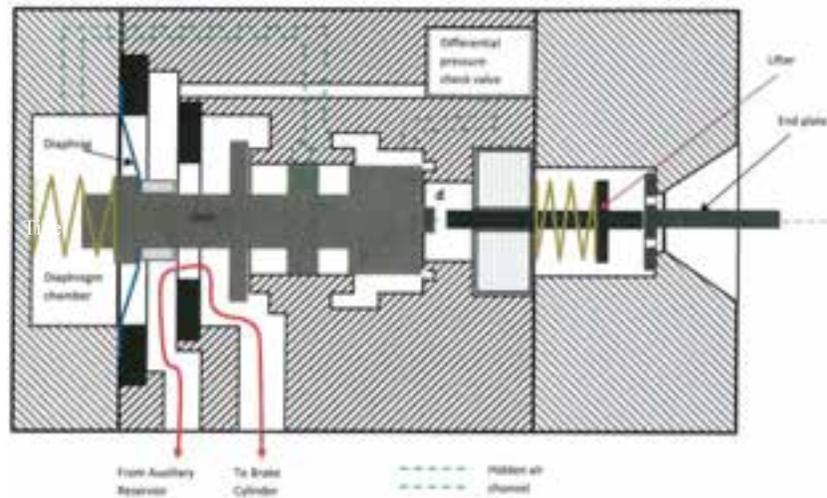
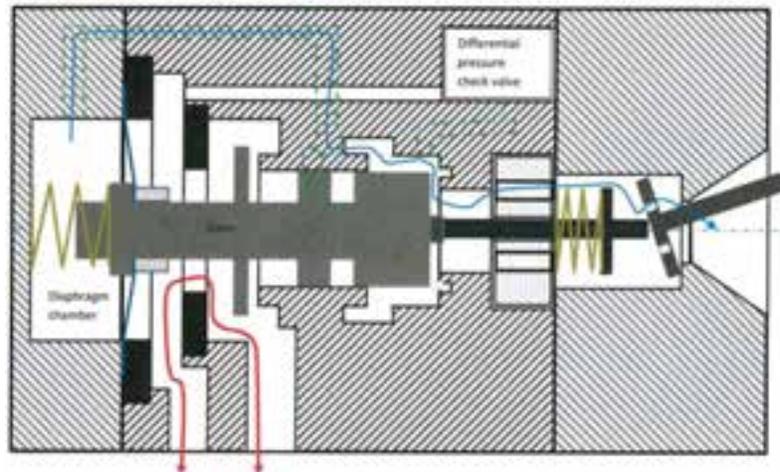


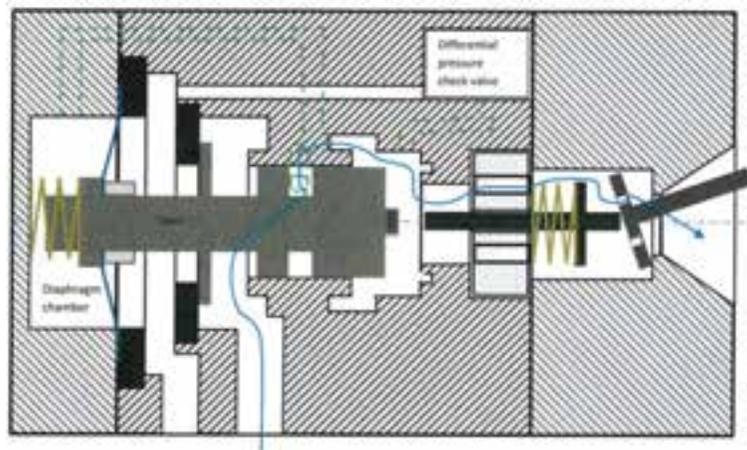
Figure 20: Photographie du poussoir de la valve QRB montrant le dommage à la tête (flèches)



(a) Avant le déplacement vers le haut de la tringle de la plaque de bout



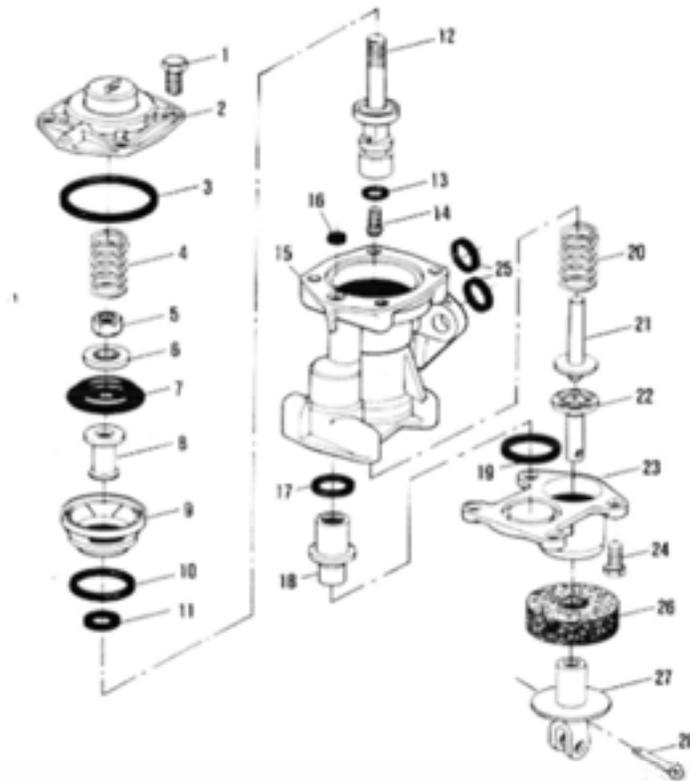
(b) Après le déplacement vers le haut de la tringle de la plaque de bout



(c) La ligne bleue indique le canal d'évacuation rapide de l'air du cylindre de frein

Figure 21: Schémas représentant le principe de fonctionnement de la valve QRB

## Annexe A: Schéma des pièces de la valve QRB



NYAB Part Number	Fig. & Index	Item Name	UC	Universal Part Number
204240	N/A	Valve Assembly, Quick Release Brake	N/A	N/A
242524	1	Screw, Hex Head	ELB	24288
243223	2	Cover, Diaphragm	N/A	N/A
243221	3	Gasket, Diaphragm Cover	N/A	243291
243222	4	Follower Spring	LOC	243599
Item 4305	N/A	Main Valve and Stem, Complete	N/A	N/A
244487	5	Nut, Hex	TMB	50385
243225	6	Diaphragm Follower	N/A	N/A
243226	7	Diaphragm	ZSC	526346
243227	8	Spacer	N/A	N/A
243228	9	Seal	N/A	N/A
232061	10	Gasket, Ring	VVL	94790
243229	11	Main Valve Seal	LOC	832185
243230	12	Stem	N/A	832201
243231	13	Lower Seal	LOC	832184
243232	14	Screw	N/A	N/A
246254	15	Body	N/A	N/A
232020	16	Yee Assembly, Brake Pipe Adapter	VVL	752530
231033	17	Fitting Gasket (4 Rec's)	LOC	63840
246255	18	Body	N/A	N/A
231026	19	Gasket	N/A	83066
243233	20	Spring	N/A	N/A
243234	21	Lifter	N/A	N/A
234388	22	End Plate	ABD	94983
246256	23	Body	N/A	N/A
232524	24	Screw, Hex Head	ELB	24296
231247	25	Ring Gasket	ABD	99458
246257	26	Exhaust Buffer	LOC	246253
246258	27	Handle	N/A	N/A
234389	28	Pin, Cotter	DBS	94977
230651	N/A	Kit, Repair with MTG Gasket	LOC	88951

Figure A-1: Schéma des pièces de la valve QRB<sup>8</sup>

<sup>8</sup> <http://nyab.thomasnet.com/viewitems/play-valves-relay-valves-release-valves-reservoirs/qrb-brake-cylinder-release-valve?&bc=100|1019>

## Annexe B: Détermination de la course de pivotement maximale de la valve QRB

### **B-1.0 DESCRIPTION DE LA MÉTHODE D'ESSAI**

- B-1.1 La figure B-1 est une vue intérieure de la valve QRB après la dépose des composants liés à la membrane et de la tige. Cette vue permet de visualiser la configuration interne du mécanisme de pivotement de la plaque de bout et de tester la course de pivotement le long de son axe primaire.
- B-1.2 La figure B-2 montre le montage d'essai qui fait appel à un compas d'épaisseur et à une plaque de référence pour mesurer la distance entre cette dernière et l'extrémité du poussoir. Cette distance a été mesurée avant le pivotement de la plaque de bout, et établie comme valeur de base.
- B-1.3 La tringle de la plaque de bout a ensuite été déplacée à 4 positions différentes, comme le montre la figure B-3. La direction nominale était celle dans laquelle la tringle se déplaçait lors du serrage du frein à main. On a répété l'essai dans la direction opposée et à un angle de 90° par rapport à chaque côté. La distance entre la plaque de référence et l'extrémité du poussoir a été enregistrée, pour chacune des 4 directions différentes, avant et après le déplacement de la tringle à sa position maximale (bien calée contre la paroi en angle de l'échappement). Les résultats, consignés en tant que course du mécanisme de pivotement, sont résumés dans le tableau B-1.
- B-1.4 On peut voir que la course dans la direction nominale était constamment de 0,7 mm plus courte que dans les 3 autres directions. La course plus petite est due au recul de la position de pivotement qui s'est produite dans la direction nominale, mais non dans les 3 autres directions.

**Tableau B-1: Course de pivotement de la plaque de bout pour 4 directions différentes**

Direction	Course nominale	90° vers la gauche	90° vers la droite	À l'opposé de la course nominale
Course maximale (mm)	6,0	6,7	6,7	6,7

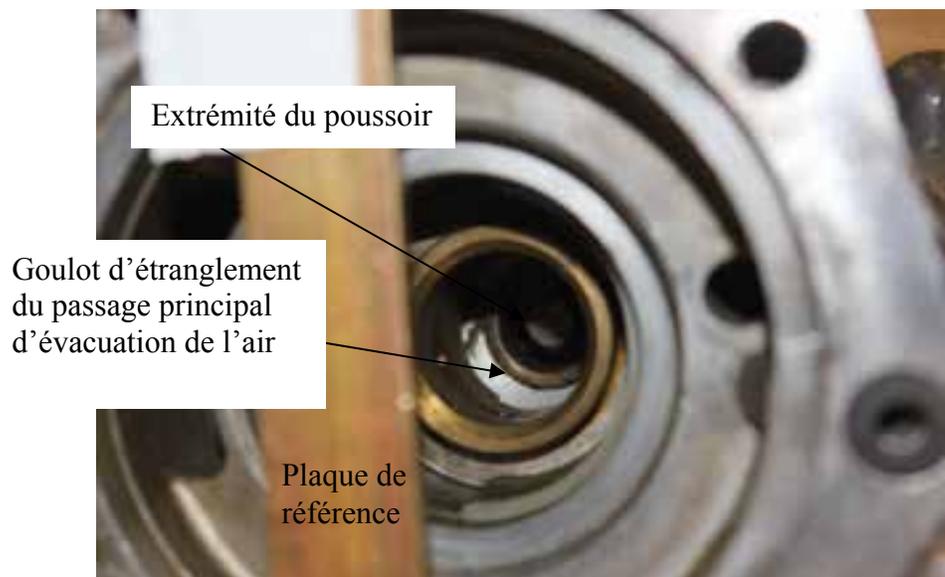


Figure B-1 : Vue intérieure de la valve QRB après la dépose des composants liés à la membrane et de la tige

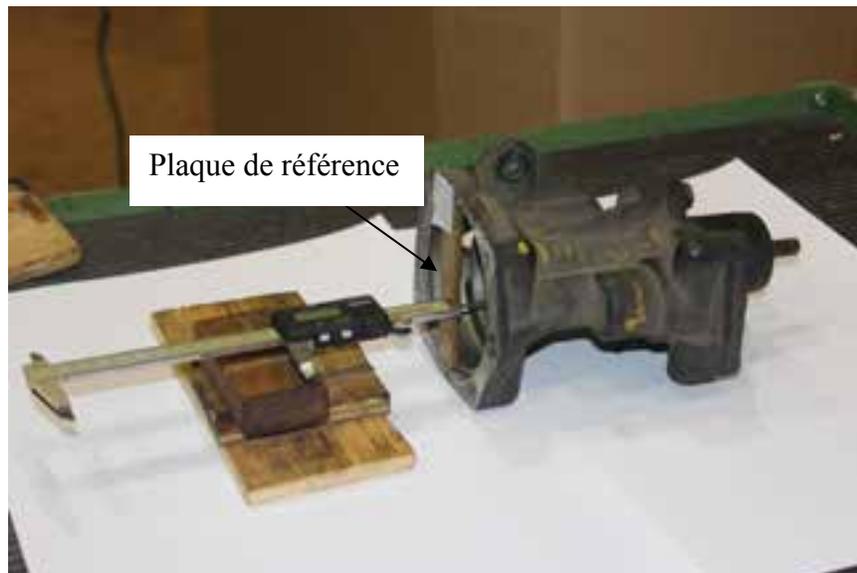


Figure B-2 : Montage d'essai de la course de pivotement



(a) Direction nominale de pivotement



(b) À l'opposé de la direction nominale



(c) 90° vers la gauche de la direction nominale



(d) 90° vers la droite de la direction nominale

Figure B-3 : Photographies montrant la tringle après son pivotement à différentes positions