

Présidence

LAC LA 70 - 54 quai de la Rapée  
75599 Paris Cedex 12  
T 01 58 78 25 85  
F 01 58 76 49 91  
daniel.montel@ratp.fr

Contrôle Général de Sécurité



Monsieur Jean-Pascal LESOT  
Bureau des remontées mécaniques et des  
Transports guidés (BIRMTG)  
Direction Régionale de l'Équipement d'Ile-de-France  
21-23, rue Miollis  
75732 PARIS Cedex 15

CGS D 2008-316

10 JAN. 2008

Monsieur,

Je vous prie de bien vouloir trouver, ci-joint, le complément de réponse donné par le département du Matériel Roulant Ferroviaire à la recommandation R3 du rapport d'enquête technique du BEA-TT à la suite de l'incendie survenu le 6 août 2005 sur la ligne 4 du métro à la station Simplon.

Je vous prie de croire, Monsieur, à l'assurance de mes sentiments distingués.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Daniel Montel", is written over a horizontal line.

Daniel MONTEL  
Responsable du Contrôle Général de Sécurité

PJ : 1 + 2 annexes

Diffusion : M. KOENIG, Directeur du BEA-TT  
M. de LABONNEFON, STRMTG

**COMPLEMENT DE REPONSE A LA RECOMMANDATION R3 du BEA-TT**  
à la suite de l'incendie survenu le 6 août 2005 sur la ligne 4 du métro à la station Simplon

---

**Recommandation R3 : évaluer le niveau de risque présenté par le parc des matériels MP 89 et MP 05 (à l'échéance de sa mise en service ligne 1) : risque de patinage en traction ou à l'arrêt cumulé avec une non ouverture du disjoncteur de traction.**

Le risque « futur » pour l'ensemble des lignes de la RATP équipées en matériels sur pneus sera constitué de la somme des risques :

$\Sigma$  risques = r(MP 59 L 11) + r(MP 89 L 4) + r(MP 73 L 6) + r(MP 05 L 1) + r(MP 89 L 14).

### Analyse globale

Le niveau de risque de chaque matériel dépend principalement de sa conception initiale et des techniques et technologie utilisées pour la réalisation de la fonction traction :

- L'équipement de traction (arbre à cames ou composants électroniques de puissance) ;
- La commande de l'équipement de traction (électromécanique, électronique) ;
- Les moteurs de traction (à courant continu, asynchrone) ;
- Le type de bogie (monomoteur, bimoteur) ;
- Les études menées lors de la conception de matériels (sur retour d'expérience, fiabilité, sécurité) ;
- Matériel équipé de la garantie d'immobilisation.

A partir de ces différentes informations, nous pouvons indiquer que dans la configuration de nos différents matériels sur pneumatiques le risque de patinage en traction ou à l'arrêt est d'autant plus faible que le matériel est :

- équipé d'une commande électromécanique sous tension 80V et avec absence d'autorupteur d'alimentation du servomoteur (AAS) ;
- équipé d'une chaîne de traction à commande électronique ayant été développée avec le niveau de sécurité attendue pour un Evènement Redouté de Sécurité (ERS) (départ de feu) identifié gravité 4 ;
- bogie monomoteur ;
- équipé de la garantie d'immobilisation.

De ce fait, en 2009, le risque sera principalement dépendant du nombre de MP 59 en circulation sur la ligne 11, d'une manière plus faible, par les MP 73 circulant sur la ligne 6, et ce jusqu'à leur réforme à l'horizon 2012-2013.

### Evaluation du risque théorique présenté par le matériel MP 89

Cette évaluation découle du calcul de l'estimateur du taux de défaillance conduisant à un patinage de roue en traction ou à l'arrêt cumulé avec une « non ouverture » du disjoncteur de traction sur MP 89. L'appréciation du risque est également complétée par la prise en considération d'un certain nombre de caractéristiques de ce matériel présentant une approche qualitative dans l'annexe 1 jointe.

#### Méthode de calcul

Lorsqu'aucune défaillance n'a été constatée sur une certaine période d'observation, la méthode consiste à calculer un estimateur du taux de défaillance de la manière suivante :

L'estimateur  $\hat{\lambda}$  est considéré comme la borne supérieure de l'intervalle de confiance unilatéral au niveau de confiance 50%,

$$\text{avec } \hat{\lambda} = \frac{\sum_{0.5}^2}{2T} \approx \frac{0.7}{T}$$

Cette valeur est telle que la valeur réelle a la même probabilité (50%) de lui être inférieure ou supérieure.

Le parc du matériel MP 89 d'un âge moyen de 8 ans est constitué de 52 trains MP 89 CC ligne 1 et de 21 navettes MP 89 CA ligne 14. Aucune défaillance du type redoutée n'est constatée à ce jour.

Le temps T de fonctionnement du parc MP 89 (en heures) peut être évalué de la manière suivante :  
 $T = (52 + 21) \times 7300 \times 8 = 4\,263\,200$  heures.

Calcul :  $\hat{\lambda} = 1,64 \cdot 10^{-7} / h$  avec un temps de fonctionnement de 8 ans

L'analyse du retour d'expérience de l'exploitation des trains MP 89 permet donc une estimation de la probabilité horaire d'apparition d'un patinage de roue en traction ou à l'arrêt cumulé avec une non ouverture du disjoncteur de traction de l'ordre de  $1,6 \cdot 10^{-7}/h$  avec un niveau de confiance de 50%.

Si on ramène ce résultat à l'échéance du transfert du MP 89 sur la ligne 4 (en 2009), cette probabilité horaire est alors réduite à  $1,2 \cdot 10^{-7}/h$  avec le même niveau de confiance.

De même, si on ramène ce résultat à la durée de vie du matériel roulant (40 ans), cette probabilité horaire est alors réduite à  $3 \cdot 10^{-7}/h$  avec le même niveau de confiance. Ce chiffre peut-être comparé à celui figurant dans le rapport du BEA pour le MP 59.

### Evaluation du risque théorique présenté par le matériel MP 05

L'évaluation prévisionnelle de sécurité est en cours d'étude par les équipes sûreté de fonctionnement du projet MP 05 et adopte une démarche système, prenant en compte le retour d'expérience de l'accident de SIMPLON. Le risque pour ce matériel peut donc être actuellement estimé inférieur ou au plus égal à celui du MP 89. L'appréciation du risque est également complétée par la prise en considération d'un certain nombre de caractéristiques de ce matériel présentant une approche qualitative dans l'annexe 2 jointe. En particulier, la chaîne de traction du MP 05 est une reconduction de celle du MF 2000 et bénéficie de l'étude de sécurité réalisée pour ce matériel. L'évènement redouté "départ de feu" intègre le risque de patinage et est classé gravité 4.

#### Spécificité du MP 89 CA sur la ligne 14

Un Freinage d'Urgence (FU) SAET est commandé en sécurité à chaque station de la ligne 14. Cette commande entraîne l'application d'un FU pneumatique et l'ouverture des disjoncteurs de traction à chaque station, empêchant un patinage de roue.

#### Spécificité du MP 89 CC sur la ligne 1 (à l'horizon 2008)

Afin de prévoir l'exploitation des MP 89 CC avec des façades de quai sur la ligne 1, le MP 89 CC sera modifié par l'ajout de la fonction garantie d'immobilisation. Cette fonction sera commandée en sécurité à chaque station par le système Dispositif Ouverture-Fermeture pour la ligne 1 (DOF1) et entraînera l'application d'un FU pneumatique sans ouverture des disjoncteurs de traction, réduisant ainsi d'autant plus le risque de patinage de roue. Par ailleurs, cette modification restera active lors de la mutation des trains MP 89 CC sur la ligne 4.

## ANNEXE 1

**Réduction du risque de patinage de roue en traction ou à l'arrêt cumulé avec une non ouverture du disjoncteur de traction**

### Mesures qualitatives mises en place sur MP 89

#### Principe du bogie monomoteur

Contrairement aux anciens matériels MP 59 et MP 73, les MP 89 et MP 05 sont équipés de bogies monomoteurs.

Ce principe réduit fortement le risque de patinage de roue. En effet, une traction intempestive ou un maintien traction provoquerait le patinage d'une roue par essieu sur le bogie considéré ; cela nécessite un couple moteur plus important.

Les protections mises en place dans la chaîne de traction (vérification que l'équipement traction/freinage n'absorbe aucun courant HT dans les phases autre que traction) et le circuit BT seraient alors commandées.

#### Alimentation des moteurs asynchrones du MP 89

Les deux moteurs asynchrones d'une motrice MP 89 sont câblés en parallèle et commandés par un onduleur de tension à thyristor GTO. La commande des thyristors est réalisée selon le procédé de la Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI). La MLI permet d'obtenir des tensions alternatives triphasées équilibrées, réglables en amplitude et en fréquence en sortie de l'onduleur.

La chaîne de commande de l'Équipement Traction-Freinage (ETF) pilote l'onduleur. En retour elle reçoit :

- La mesure des courants et des tensions d'entrée du moteur asynchrone (capteurs en entrée du moteur) ;
- La mesure du flux (spires de flux incorporées au moteur) et de la vitesse de rotation du moteur (capteur de vitesse sur l'arbre moteur).

La chaîne de commande de l'ETF dispose alors de plusieurs moyens de protection en cas d'anomalie de fonctionnement :

- Inhibition de l'onduleur ;
- Ouverture du disjoncteur de traction de type ARC 812.

Ces moyens de protection sont déclenchés lorsqu'un courant >80A est délivré aux moteurs de traction alors qu'un "non déblocage frein" est détecté.

#### Disjoncteur ultrarapide ARC812 à fort pouvoir de coupure

- Possibilité d'analyse REX des défaillances ARC812.

## ANNEXE 2

**Réduction du risque de patinage de roue en traction ou à l'arrêt cumulé avec une non ouverture du disjoncteur de traction**

### Mesures qualitatives mises en place sur MP 05

Dans le cadre du développement du MP 05, la RATP a particulièrement sensibilisé ALSTOM sur la prise en compte du risque de patinage de roue cumulé avec une non ouverture du disjoncteur de traction, et ALSTOM a produit une étude de sécurité qui intègre cet évènement redouté.

#### Reconduction du principe du bogie monomoteur

##### Equipements de Traction MP 05

Les moteurs asynchrones du MP 89 sont reconduits sur le MP 05.  
La commande des moteurs est réalisée par la chaîne de traction reconduite du MF 2000.

Les dispositifs de coupure de la traction en cas de maintien intempestif de la commande traction (inhibition de l'onduleur, isolement de l'onduleur, commande d'ouverture du disjoncteur ARC812 par différents moyens) sont reconduits du MF 2000.

#### Contrôle du sens de rotation appliqué aux moteurs de traction

Les moyens mis en place sur MF 2000 afin de détecter un mauvais sens de marche sont reconduits à l'identique. En effet, à l'apparition d'une demande de traction, le tiroir de commande vérifie la cohérence entre le sens de marche demandé et le sens de marche effectif réalisé généré par le pilotage moteur avant sa mise en rotation.

#### Contrôle de l'absence d'un couple moteur indésirable

En l'absence d'effort de traction commandé, une fonction réalisée par le coffre ETF garantit que les équipements ne délivrent aucun effort de traction, quelle que soit la vitesse du train, y compris à l'arrêt.

#### Garantie d'immobilisation en station

La fonction garantie d'immobilisation sera commandée en sécurité par le SAET à chaque station de la ligne 1 et entraînera un FU pneumatique sans ouverture des disjoncteurs de traction, réduisant encore d'autant plus le risque de patinage de roue.