

Référentiels

Recommandation

Matériel

Moyen acceptable de conformité

## Freins à courants de Foucault

**SAM F 101**

---

Applicable sur : RFN

Edition du 21/05/2012

Version n° 1.1 du 28/11/2013

Applicable à partir du : 28/11/2013



## SOMMAIRE

Avant propos.....	4
1 Objet et domaine d'application.....	5
2 Références documentaires.....	5
3 Abréviations.....	6
4 Spécifications fonctionnelles et techniques.....	6
4.1 Construction et commande du patin.....	6
4.1.1 Gabarit.....	6
4.1.2 Entrefer minimal.....	6
4.1.3 Commande et alimentation du patin.....	7
4.2 Domaines d'utilisation et efforts de freinage maximaux.....	7
4.2.1 Freinage d'urgence.....	7
4.2.2 Freinage de service et de maintien.....	7
4.3 Intervention des FCF dans la performance de freinage d'urgence.....	8
4.3.1 Fonctionnalités.....	8
4.3.2 Contrôles et isolement.....	8
4.4 Perturbation des circuits de voie.....	9
4.5 Perturbation des DBC et détecteurs électroniques de roue.....	9
5 Sûreté de fonctionnement.....	9
5.1 Exigences génériques.....	9
5.2 Exigences spécifiques.....	9
6 Essais et procédures d'autorisation.....	10
6.1 Documentation à fournir.....	10
7 Maintenance.....	10

## Avant propos

---

Ce texte constitue un moyen acceptable de conformité. Conformément à l'article 4.I de l'arrêté du 19 mars 2012, la prise en compte de ses dispositions permet de présumer le respect des exigences réglementaires applicables.

Toutefois, ceci ne fait pas obstacle à la mise en œuvre par les entités concernées de solutions différentes de celles proposées par le présent texte comme prévu à l'article 4. III de l'arrêté susmentionné.

# 1 Objet et domaine d'application

---

Ce document définit les recommandations techniques dont la prise en compte pour la conception des véhicules ferroviaires équipés de freins à courants de Foucault linéaires, amenés à circuler sur le RFN et les réseaux présentant des caractéristiques d'exploitation comparables à celles du RFN, permet de présumer du respect des exigences réglementaires applicables.

Il constitue un moyen acceptable de conformité vis-à-vis des articles suivants de l'Arrêté du 19 mars 2012 :

*« Art. 49 c) Les efforts statiques et dynamiques, verticaux, longitudinaux et transversaux transmis à la voie, notamment en cas d'accélération ou de freinage maximal, sont compatibles avec ses caractéristiques mécaniques ; »*

*« Art. 49 d) Les équipements électriques des matériels roulants sont compatibles avec les installations des infrastructures empruntées. Ils ne perturbent pas le fonctionnement des systèmes de signalisation et de télécommunications ni celui des autres matériels roulants empruntant la ligne ; »*

*« Art. 49 f) Les caractéristiques du matériel roulant permettent le fonctionnement nominal des différents équipements de détection installés sur les lignes empruntées, notamment les circuits de voie, les pédales et les détecteurs de boîtes chaudes ; »*

## 2 Références documentaires

---

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est l'édition valable à la date de parution de la SAM qui s'applique.

- décision 2012/226/UE du 23 avril 2012 relative à la seconde série d'objectifs de sécurité communs pour le système ferroviaire.
- STI relative au sous-système «matériel roulant» - «Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers» du système ferroviaire transeuropéen conventionnel du 26 avril 2011 (2011/291/UE) ;
- STI relative au sous-système «infrastructure» du système ferroviaire transeuropéen conventionnel du 26 avril 2011 (2011/275/UE) ;
- STI relative au sous-système «matériel roulant» du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse du 21 février 2008 (2008/232/CE) ;
- STI relative au sous-système «infrastructure» du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse du 20 décembre 2007 ;
- Décret n°2006-1279 du 19 octobre 2006 modifié relatif à la sécurité des circulations ferroviaires et à l'interopérabilité du système ferroviaire ;
- Arrêté du 19 mars 2012 fixant les objectifs, les méthodes, les indicateurs de sécurité et la réglementation technique de sécurité et d'interopérabilité applicables sur le réseau ferré national ;
- norme NF EN 15273-2 mars 2010 : Gabarits - Partie 2 : Gabarit du matériel roulant;
- norme EN 15734-1 Avril 2011 : Systèmes de freinage pour trains à grande vitesse - Partie 1 : Exigences et définitions ;
- norme EN 15734-2 Avril 2011 : Systèmes de freinage pour trains à grande vitesse – Partie 2 : Méthodes d'essai
- norme NF EN 50126-1 (2000-01-01) Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS).

### 3 Abréviations

- FCF** : Freins à courant de Foucault ;
- SAM** : Spécification d'Admission du Matériel ;
- CG** : conduite générale.
- SSL** : sous-systèmes locaux.

### 4 Spécifications fonctionnelles et techniques

Ces recommandations sont principalement issues de l'étude SNCF/ DB « RAPPORT DE SYNTHÈSE SUR LES CONDITIONS ET LES CONTRAINTES D'EXPLOITATION DES FREINS A COURANTS DE FOUCAULT » de 2002.

Les FCF respectent les prescriptions de la SAM F 006.

#### 4.1 Construction et commande du patin

##### 4.1.1 Gabarit

Les patins et leur fixation doivent respecter le gabarit cinématique calculé suivant la norme NF EN 15273-2 au niveau des parties basses du matériel roulant ferroviaire<sup>1</sup>.

##### 4.1.2 Entrefer minimal

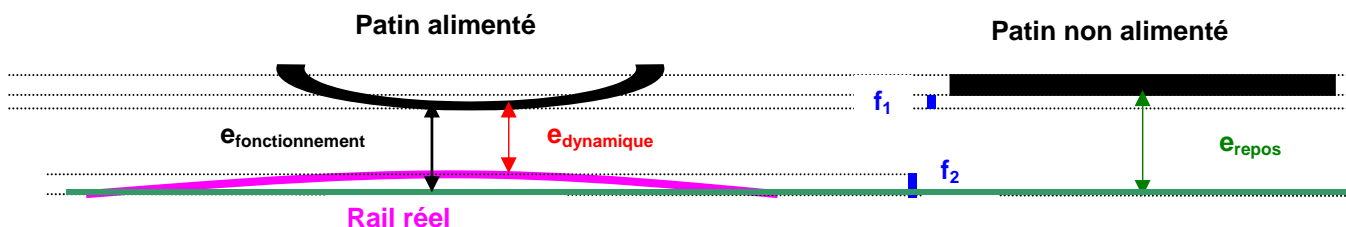
Les patins de FCF ne touchent pas le rail en fonctionnement normal. Pour cela, un entrefer patin - rail en dynamique ( $e_{dynamique}$ ) est préservé en intégrant les déformations de la poutre du patin (déformée  $f_1$ ) et du rail (déformée  $f_2$ ). Cet entrefer peut être calculé de la façon suivante :

$$e_{fonctionnement} = e_{repos} - f_1$$

$$e_{dynamique} = e_{fonctionnement} - f_2$$

$f_1$  : déformée de la poutre de rigidité  $k$

$f_2$  : déformée du rail



L'entrefer  $e_{repos}$  représente la distance entre le patin non alimenté et le rail supposé plan.

L'entrefer  $e_{fonctionnement}$  représente la distance entre le patin alimenté (de déformée  $f_1$ ) et le rail supposé plan :

$$e_{fonctionnement} = e_{repos} - f_1$$

L'entrefer  $e_{dynamique}$  représente la distance entre le patin alimenté et le rail réel (de déformée  $f_2$ ) :

$$e_{dynamique} = e_{fonctionnement} - f_2$$

<sup>1</sup> Article 49 a) de l'arrêté du 19 mars 2012.

La flèche  $f_2$  tient compte de la déformation du rail et du soulèvement des pointes d'aiguilles.

Cette vérification peut être réalisée en statique avec une alimentation des patins, à l'effort maxi, simulant les conditions dynamiques de circulation.

L'entrefer patin - rail  $e_{\text{fonctionnement}}$ , mesuré dans ces conditions, est au minimum de 5 mm pour un empattement de 2,5 m des essieux encadrant les patins, ou de 7 mm pour un empattement de 3 m.

### 4.1.3 Commande et alimentation du patin

---

Les patins de FCF ne sont alimentés qu'en position basse et leur fonctionnement ne génère pas d'efforts transversaux ayant un impact sur la stabilité du bogie.

À cette fin il est préconisé d'alimenter en série les patins d'un même bogie. Dans le cas d'une alimentation en parallèle, une étude des conséquences des modes dégradés (dissymétrie d'effort sur le bogie par exemple) est à fournir. Cette étude peut être constituée par une note de calcul relative à la stabilité du bogie, ou par tout autre document démontrant que les conséquences des modes dégradés n'affectent pas la sécurité vis-à-vis du risque de déraillement.

Dans le cas où les FCF sont pris en compte dans la performance de freinage d'urgence, la disponibilité de l'énergie nécessaire à la mise en œuvre des freins à courants de Foucault est vérifiée en permanence (SAM F 005). Un défaut de la disponibilité d'une unité indépendante est signalé au conducteur. Une panne de mode commun sur la disponibilité d'énergie pneumatique de tous les bogies équipés de FCF déclenche un freinage d'urgence.

En cas d'alimentation pneumatique une réserve d'air est nécessaire pour garantir la bonne position des patins, même en cas d'absence d'énergie pneumatique.

## 4.2 Domaines d'utilisation et efforts de freinage maximaux

---

L'utilisation des FCF sur le réseau ferré national est interdite pour les vitesses inférieures à 50 km/h. (cf. § 4.2.4.5 de la STI MR GV 2008/232/CE)

Dans le cadre des essais avant départ, les FCF peuvent être actionnés à l'arrêt.

À ce jour, compte tenu de l'expérience dans le domaine, un effort vertical résultant (effort de soulèvement) inférieur à 26 kN par file de rail (effort convenu pour du rail de type UIC 60 E1) et par bogie sur toute la plage de vitesse de son utilisation y compris à l'arrêt, est considéré comme acceptable.

### 4.2.1 Freinage d'urgence

---

Sous réserve de respecter l'ensemble des autres prescriptions de ce document, les FCF peuvent être utilisés en freinage d'urgence, de la vitesse maximale de circulation jusqu'à 50 km/h. Leur utilisation est interdite sur certaines lignes qui sont indiquées dans le registre de l'infrastructure.

L'effort nominal de retenue maximal dû aux seuls FCF doit être inférieur ou égal à 360 kN (pour les deux files de rail) en freinage d'urgence pour la totalité d'un train dans sa composition la plus contraignante, en unité simple comme en unités multiple. En conséquence la conception des FCF garantit le non dépassement de cette valeur maximale.

### 4.2.2 Freinage de service et de maintien

---

Les FCF peuvent être utilisés en freinage de service et de maintien uniquement sur les lignes prévues à cet effet, de la vitesse maximale de circulation jusqu'à 50 km/h. L'autorisation

d'utilisation de ce type de freinage est précisée, ligne par ligne, dans le registre de l'infrastructure.

L'effort de retenue maximal dû aux seuls FCF, pour la totalité d'un train dans sa composition la plus contraignante, en unité simple comme en unités multiple, doit être inférieur ou égal (pour les deux files de rail) à :

- 105 kN pour les freinages inférieurs aux 2/3 de l'effort du freinage maximal de service ou pour les commandes du frein dynamique seul (et dans ce cas uniquement en complément du frein dynamique dépendant de l'adhérence) ;
- 180 kN en freinage maximal de service.

Pour les freinages compris entre 2/3 de l'effort du freinage maximal de service et l'effort du freinage maximal de service, l'effort de retenue défini précédemment pourra croître au maximum linéairement entre 105 et 180 kN.

Pour les matériels à conduite générale de type UIC :

- le freinage maximal de service correspond à une dépression dans la CG supérieure à 1,5 bar ;
- un freinage inférieur à 2/3 de l'effort maximal du freinage de service correspond à une dépression dans la CG inférieure à 1 bar.

Les limites d'efforts ci-dessus sont prévues lors de la conception des FCF.

## 4.3 Intervention des FCF dans la performance de freinage d'urgence

---

Les performances de freinage d'urgence à respecter par les matériels roulants ferroviaires sont définies :

- dans la SAM F 005 pour les lignes équipées de signalisation latérale classique ;
- dans la SAM F 018 pour les lignes équipées de signalisation par transmission voie-machine.

### 4.3.1 Fonctionnalités

---

Dans le cas où les FCF interviennent dans le respect des performances de freinage d'urgence l'effort de retenue des FCF est obtenu même en l'absence de tension dans la ligne aérienne d'alimentation en énergie du train (caténaire), conformément à la SAM F 006.

La détermination, la commande et la réalisation de l'effort demandé aux FCF sont obtenues indépendamment sur chacun des bogies équipés.

Toute panne des FCF d'un bogie équipé n'affecte pas le fonctionnement des FCF des autres bogies.

### 4.3.2 Contrôles et isolement

---

Un organe à la disposition de l'agent de conduite et de la maintenance permet d'isoler manuellement les FCF d'un bogie.

Si les FCF sont pris en compte dans la performance du freinage d'urgence :

- l'isolement automatique ou volontaire d'un ou plusieurs FCF et le nombre d'isollements sont signalés immédiatement au conducteur et affichés en permanence au pupitre de la cabine de conduite.
- la disponibilité et le bon fonctionnement des FCF sont testés au cours de l'essai de frein avant départ, sauf s'il a été démontré que leur niveau de fiabilité (voir paragraphe 5.2) est suffisant pour augmenter l'espacement entre les tests.



## 4.4 Perturbation des circuits de voie

L'utilisation des FCF ne doit générer en aucun cas la circulation d'un courant en mode différentiel entre les deux files de rail suffisant pour perturber le fonctionnement des circuits de voie.

Dans le cas où un bogie équipé de FCF est situé à proximité des antennes ou capteurs de bord du matériel roulant, il faudra vérifier l'absence de perturbations des systèmes de transmission entre le sol et le train par les FCF (transmission voie-machine, boucle à saut de phase...).

## 4.5 Perturbation des DBC et détecteurs électroniques de roue

Les FCF au repos ou en fonctionnement ne doivent pas perturber les détecteurs de boîtes chaudes ni altérer les fonctions réalisées à l'aide de détecteurs électroniques de roue.

L'absence de perturbation est vérifiée en appliquant les dispositions mentionnées au chapitre « Essais et procédures d'autorisation » de la SAM S 005.

# 5 Sûreté de fonctionnement

## 5.1 Exigences génériques

Les FCF satisfont aux exigences de la SAM F 015 (pour mémoire, le respect des exigences de sécurité portant sur le système de freinage à courant de Foucault est démontré au moyen d'une étude de sécurité complète montrant le respect des exigences reprises au § 5.2 suivant).

Les FCF constituent un ou plusieurs sous-systèmes locaux (SSL) en fonctions des indépendances de conception selon la SAM F 015.

## 5.2 Exigences spécifiques

La probabilité d'occurrence de chacun des événements redoutés suivants respecte les valeurs maximales allouées :

EVENEMENTS REDOUTES		Probabilité d'occurrence	Niveau d'ordre de panne
ER1	Freinage intempestif des FCF sur une ligne non autorisée, ou en dessous de 50 km/h	$\leq 10^{-7}$ par heure	1
ER2	Génération d'efforts transversaux ayant un impact sur la stabilité du bogie	$\leq 10^{-7}$ par heure	1
ER3	Application d'un effort vertical résultant (effort de soulèvement) supérieur à 26 kN par file de rail et par bogie	$\leq 10^{-7}$ par heure	1

Cette liste n'est pas exhaustive. D'autres ER peuvent être identifiés au travers d'une analyse de risque propre au matériel roulant et en interface avec l'infrastructure : des essais complémentaires dans le cadre de l'accessibilité à l'infrastructure peuvent être nécessaires. Les objectifs de sécurité doivent être en accord avec la décision 2012/226/UE

## 6 Essais et procédures d'autorisation

---

Les éléments cités dans cette recommandation qui sont également exigées au travers de la STI matériel roulant (décision 2008/232/CE) et qui sont validés par un organisme notifié ne sont pas à réévaluer par l'organisme désigné (OQA) pour les règles nationales.

### 6.1 Documentation à fournir

---

La documentation fournie par le demandeur devra comporter les éléments suivants :

- les diagrammes d'efforts en fonction de la vitesse faisant apparaître simultanément les composantes verticales et horizontales par patin (de chaque bogie et par file de rails). Ils font référence à l'intensité des courants d'excitation selon le type de freinage (urgence ou autre) et suivant les consignes de commande ainsi qu'à une valeur d'entrefer ;
- les modalités d'inhibition de l'effort vertical en deçà de 50 km/h. Elles doivent être explicitées et démontrées dans le cadre de l'étude de sécurité ;
- les études de sûreté de fonctionnement démontrant l'obtention des exigences du § 5.

*Nota : les efforts sont définis pour la catégorie de rail 60E1, normalement utilisé sur ligne à grande vitesse. Dans la mesure où l'effort vertical est réputé plus faible pour les rails d'appareils de voie (d'après les essais SNCF) ; toute utilisation pour un autre profil de rail est à documenter.*

## 7 Maintenance

---

La plan de maintenance du matériel roulant permet de garantir les dispositions précédentes durant le cycle de vie du matériel en tenant compte notamment des caractéristiques réelles du matériel en service et de ses conditions d'exploitation.

== O ==

## Fiche d'identification

<b>Référentiel</b>	Matériel
<b>Titre</b>	Freins à courants de Foucault
<b>Référence</b>	Recommandation - SAM F 101
<b>Date d'édition</b>	21/05/2012
<b>Ce texte constitue un moyen acceptable de conformité</b>	

<b>Historique des versions</b>			
<b>Numéro de version</b>	<b>Date de version</b>	<b>Date d'application</b>	<b>Objet</b>
1	21/05/2012		Consultation
1.1	28/11/2013	28/11/2013	Mise à jour suite à consultation

**Ce texte est consultable sur le site Internet de l'EPSF**

Résumé
<p>Ce document définit les exigences techniques que doivent respecter les matériels roulants ferroviaires amenés à circuler sur le réseau ferré national équipés des freins à courants de Foucault.</p>

<b>Textes abrogés</b>	<b>Textes interdépendants</b>
SAM F 101 (IN 2852) Edition SNCF du 01/02/2004	

<b>Entreprises concernées</b>	Toutes les entreprises ferroviaires
<b>Lignes ou réseaux concernés</b>	R.F.N. et réseaux comparables

<b>Élaboration</b>		<b>Validation</b>		<b>Approbation</b>	
<b>Nom</b>	<b>Date et signature</b>	<b>Nom</b>	<b>Date et signature</b>	<b>Nom</b>	<b>Date et signature</b>
Denis RIPS	26/11/2013	Laurent CÉBULSKI	26/11/2013	Hubert BLANC	28/11/2013

Direction des Référentiels  
Établissement Public de Sécurité Ferroviaire  
60 rue de la Vallée – 80000 AMIENS