

Référentiels

Recommandation

Matériel

Vents traversiers

RM 002

Applicable sur RFN

Version 1

Édition du 1^{er} novembre 2018

Applicable à partir du 1^{er} novembre 2018

Avant-propos

Cette recommandation est publiée par l'EPSF en vertu de l'article 2 du décret n° 2006-369 du 28 mars 2006 *relatif aux missions et aux statuts de l'Établissement public de sécurité ferroviaire*.

Elle reprend, après mise à jour des références réglementaires et normatives, les dispositions de la SAM X 007 appelée, avant 2016, dans le document des références nationales (DRN) pour les autorisations de véhicules. Cette reprise sous forme d'une recommandation, n'ayant pas valeur de moyen acceptable de conformité, fait suite au retrait du DRN de la SAM X 007 et au souhait du secteur de voir ses dispositions conservées. Elle ne prend pas en compte la révision 2018, en cours à la date de publication de cette recommandation, de la norme EN 14067-6.

Une mise à jour plus complète de cette recommandation, associant le secteur, pourra être envisagée.

Sommaire

1. Objet et domaine d'application	3
2. Référentiel	4
2.1. Textes réglementaires	4
2.2. Normes	4
3. Abréviations	
4. Définitions	5
5. Recommandation technique et codes de pratique	6
5.1. Méthodes d'évaluation de la stabilité des véhicules	6
5.1.1. Méthodes simples d'évaluation de la stabilité	6
5.1.2. Méthodes avancées d'évaluation de la stabilité	6
5.2. Données nécessaires	6
5.2.1. Coefficients aérodynamiques des véhicules	6
5.2.2. Caractéristiques du comportement dynamique	6
5.2.3. Références météorologiques	7
5.2.4. Données infrastructure	7
5.3. Critères de démonstration de la stabilité aux vents traversiers	7
5.3.1. Matériels à grande vitesse	7
5.3.2. Matériels conventionnels	7
6. Évaluation en comparaison avec un matériel similaire	8
7. Estimation explicite des risques	9
Annexe 1 – Procédure	
Annexe 2 - Propositions de valeurs nationales pour les paramètres d'environnement de la ligne	
Annexe 3 – Modèle à une masse	

1. Objet et domaine d'application

Cette recommandation traite de la vérification de la stabilité des véhicules ferroviaires au regard des vents traversiers. Elle complète les dispositions de la norme EN 14067-6, appelée par la STI Loc&Pas 2014 ([Règlement \(UE\) n° 1302/2014](#)), en proposant une méthode simple d'évaluation (« méthode à une masse ») et des valeurs de référence pouvant être utilisées sur le réseau ferré national. Elle permet également de justifier la stabilité de certains véhicules pour lesquels il n'existe pas d'approche commune au niveau européen, grâce au principe « GAME ».

Elle peut s'appliquer à l'ensemble du matériel roulant neuf, ou modifié substantiellement, devant circuler sur le réseau ferré national (RFN) et les réseaux présentant des caractéristiques d'exploitation comparables à celles du RFN.

La prise en compte de ses dispositions concourt au respect de l'article suivant de l'[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](#) :

Article 49

Sans préjudice du respect d'autres réglementations en vigueur telles que celles prévues en matière environnementale, de santé et de sécurité au travail, ou relatives aux personnes à mobilité réduite, tout matériel roulant respecte les exigences suivantes :

(...)

q) Les matériels roulants sont conçus et réalisés de manière à limiter la génération de bruit et de vibrations. Leurs effets aérodynamiques ne doivent pas constituer un danger pour les trains croiseurs, les riverains ou les personnes stationnant dans les conditions de sécurité requises sur les quais des établissements ;

La prise en compte de ses dispositions concourt également à répondre aux points ouverts du paragraphe 4.2.6.2.5 de la 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).

2. Référentiel

2.1. Textes réglementaires

Lien	Titre
	Décision n° 2008/232/CE de la Commission du 21 février 2008 concernant une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système « matériel roulant » du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse
	Décision de la Commission du 26 avril 2011 concernant une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système « matériel roulant » - « Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers » du système ferroviaire transeuropéen conventionnel
	Règlement (UE) n° 1299/2014 de la Commission du 18 novembre 2014 concernant les spécifications d'interopérabilité relatives au sous-système « Infrastructure » du système ferroviaire dans l'Union européenne
	Règlement (UE) n° 1302/2014 de la Commission du 18 novembre 2014 concernant une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système « matériel roulant » — « Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers » du système ferroviaire dans l'Union européenne
	Décret n° 2006-1279 du 19 octobre 2006 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

2.2. Normes

Référence	Date	Titre
EN 1990	01/03/2003	Eurocodes structuraux - Base de calcul des structures
EN 1991-1-4/NA	01/03/2008	Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 :2005
EN 14067-1	01/12/2003	Applications ferroviaires – Aérodynamique
EN 14067-6	01/05/2010	Applications ferroviaires – Aérodynamique – Partie 6 : Exigences et procédures d'essai pour l'évaluation de la stabilité vis-à-vis des vents traversiers
EN 14363	15/07/2016	Essais en vue de l'homologation du comportement dynamique des véhicules ferroviaires
EN 50126-1	01/01/2000	Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS) – Partie 1 : exigences de base et procédés génériques

3. Abréviations

C	CCRV	Courbe caractéristique de référence de vent
	CCV	Courbe caractéristique de vent
D	DRN	Document des références nationales
G	GAME	Globalement au moins équivalent
	GV	Grande vitesse
M	MR	Matériel roulant
	MBS	Multi body simulation (Simulation multi-corps)
R	RFN	Réseau ferré national
S	SAM	Spécification d'autorisation du matériel
	STI	Spécification technique d'interopérabilité

4. Définitions

Site exposé aux vents traversiers	Site où les caractéristiques environnementales et intrinsèques conduisent à une vitesse de vent égale ou supérieure à celle du vent de référence pour le RFN (34,6 m/s).
Valeur moyenne de déchargement des roues	Déchargement des roues de l'organe de roulement le plus sensible au vent (bogies ou essieu simple). Ce déchargement ne doit pas dépasser 90 % des charges statiques à l'essieu, Q_0 , de l'organe de roulement.
Vitesse caractéristique du vent	Vitesse du vent qui combinée avec la vitesse du véhicule engendre un taux de déchargement des roues $\Delta Q/Q_0$, de 0,9.
Vitesse limite de vent	Vitesse du vent de référence pour le RFN. Elle permet l'évaluation de la sécurité vis-à-vis du risque vents traversiers en l'absence d'études météo particulières ou pour un type de véhicule ne disposant pas de courbes caractéristiques de référence de vent (CCRV).

5. Recommandation technique et codes de pratique

5.1. Méthodes d'évaluation de la stabilité des véhicules

Ces méthodes sont fondées sur le principe selon lequel il est possible de déterminer la stabilité du matériel roulant vis-à-vis des vents traversiers à partir des valeurs caractéristiques de la vitesse du vent que le matériel roulant est capable de supporter, avant dépassement des valeurs limites de déchargement des roues. Lorsque ces vitesses de vent caractéristiques sont spécifiées pour des paramètres d'entrée variables (par exemple, la vitesse du train, les accélérations latérales non compensées ou les angles d'attaque du vent), les vitesses caractéristiques résultant de ces paramètres d'entrée donnent ce que l'on appelle des courbes caractéristiques de vent (CCV).

Les méthodes décrites dans ce paragraphe consistent à comparer les courbes caractéristiques des vents (CCV) du véhicule en évaluation avec la valeur limite de vent ou les courbes caractéristiques de référence de vent (CCRV) de la STI MR GV 2008 ou d'un matériel de référence. Elles s'appliquent en prenant en compte les configurations les plus défavorables (rayon de courbe minimal, insuffisance de dévers maximal ...).

5.1.1. Méthodes simples d'évaluation de la stabilité

Deux méthodes utilisant un modèle de véhicule bi-dimensionnel sont possibles :

- modèle à une masse, méthode décrite à l'annexe 3 ;
- modèle à trois masses sur une voie en courbe. Cette méthode s'applique dans les conditions précisées au § 5.4.2 de la norme EN 14067-6.

5.1.2. Méthodes avancées d'évaluation de la stabilité

Deux méthodes avancées sont décrites dans la norme EN 14067-6 :

- méthode avancée quasi-statique d'évaluation du déchargement des roues, selon le § 5.4.3 de la norme EN 14067-6 ;
- méthode de simulation multi-corps [Multi Body Simulation (MBS)], utilisée avec un modèle de rafale de vent dépendant du temps (scénario de vent du « chapeau chinois »), selon le § 5.4.4 de la norme EN 14067-6.

5.2. Données nécessaires

5.2.1. Coefficients aérodynamiques des véhicules

La vérification peut être conduite en utilisant :

- des coefficients de « l'aérodynamique universelle » du § 5.3.2 de la norme EN 14067-6 ;
- des logiciels de simulation de mécanique des fluides (logiciels validés), et appliqués selon le § 5.3.3 de la norme EN 14067-6 ;
- des essais en soufflerie, et appliqués selon le § 5.3.4 de la norme EN 14067-6

À ces données sont à associer les marges d'erreur et incertitudes de mesure.

5.2.2. Caractéristiques du comportement dynamique

Les caractéristiques du comportement dynamique sont issues de l'évaluation selon la norme EN 14363.

5.2.3. Références météorologiques

À défaut de relevés météorologiques particuliers il peut être fait référence aux valeurs de vents de l'Eurocode NF EN 1991-1-4 ainsi que de l'annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA.

La vitesse de vent maximale pour un site est à considérer pour une période de retour d'expérience de cinquante ans.

À défaut d'études de terrain, les caractéristiques de rugosité peuvent être reprises dans la base de données CORINE LAND COVER.

5.2.4. Données infrastructure

La liste des données relatives aux lignes et leur mode de représentation figurent au § 6 de la norme EN 14067-6. Certaines données sont reprises dans le Registre de l'infrastructure, ou peuvent être mises à disposition par le gestionnaire de l'infrastructure.

Par défaut, le dévers maximal et l'insuffisance de devers à prendre en compte sont respectivement de 160 mm et 150 mm.

5.3. Critères de démonstration de la stabilité aux vents traversiers

5.3.1. Matériels à grande vitesse

Le matériel à grande vitesse répond aux dispositions de la STI MR GV 2008 ou de la STI Loc&Pas 2014 ([Règlement \(UE\) n° 1302/2014](#)). En alternative, les dispositions applicables aux matériels conventionnels peuvent être utilisées.

5.3.2. Matériels conventionnels

5.3.2.1 Vitesse de vent limite

Sur le RFN, pour l'application des méthodes simplifiées, la stabilité des véhicules doit être garantie pour la vitesse maximale d'exploitation en combinaison avec un vent latéral de 34,6 m/s (annexe 2).

5.3.2.2 Courbes caractéristiques des vents

Un matériel est présumé être compatible avec l'exposition au vent latéral si les courbes caractéristiques des vents de son véhicule le plus sensible au vent sont supérieures ou au moins équivalentes à un ensemble de courbes caractéristiques de référence des vents (CCRV).

Les courbes caractéristiques de référence des vents sont les courbes caractéristiques des vents d'un matériel de référence.

6. Évaluation en comparaison avec un matériel similaire

Décret n° 2006-1279

Article 43

Tout système ou sous-système nouveau ou toute modification d'un système ou sous-système existant sont conçus et réalisés de telle sorte que le niveau global de sécurité soit au moins équivalent à celui de systèmes ou sous-système existants assurant des services ou fonctions comparables.

Les systèmes ou sous systèmes existants sont considérés comme des références dont le niveau de sécurité est jugé acceptable. La démonstration consiste à prouver que la solution en évaluation conduit à un niveau de sécurité au moins équivalent à ce matériel de référence.

Le matériel de référence doit satisfaire aux conditions suivantes :

- avoir démontré, dans son utilisation, un niveau de sécurité acceptable et satisfaire encore aux conditions d'approbation de la sécurité ;
- avoir des fonctions et des interfaces similaires à celles du matériel en évaluation ;
- être utilisé dans des conditions opérationnelles similaires à celles du matériel en évaluation ;
- être utilisé dans des conditions d'environnement similaires à celles du matériel en évaluation.

Dans la mesure où un matériel de référence satisfait aux exigences énumérées précédemment, les risques associés aux dangers couverts par le matériel de référence sont considérés comme acceptables pour le matériel en évaluation.

Cette analyse est effectuée en comparant les niveaux de risques associés aux situations dangereuses, pour le matériel de référence et pour le matériel en évaluation. Pour chaque situation dangereuse présente à la fois sur le matériel de référence et sur le matériel nouveau, un niveau au moins équivalent de couverture des risques doit être atteint. Toute nouvelle situation dangereuse identifiée sur le matériel en évaluation fait l'objet d'une analyse complète.

Si le matériel en évaluation présente des écarts par rapport au matériel de référence et que l'évaluation des risques démontre que le matériel en évaluation atteint au moins le même niveau de sécurité que le matériel de référence, les risques associés aux dangers couverts par le matériel de référence sont considérés comme acceptables.

Si un niveau de sécurité au moins équivalent au matériel de référence ne peut être démontré, des mesures de sécurité supplémentaires sont identifiées pour les écarts constatés, en appliquant l'un des deux autres principes d'acceptation des risques.

Un matériel est présumé répondre aux exigences relatives au vent latéral si les courbes caractéristiques des vents de son véhicule le plus sensible au vent sont supérieures ou au moins équivalentes à l'ensemble de courbes caractéristiques de référence des vents du matériel de référence.

Le dossier précisera les références et la version de la fiche matériel utilisée comme référence.

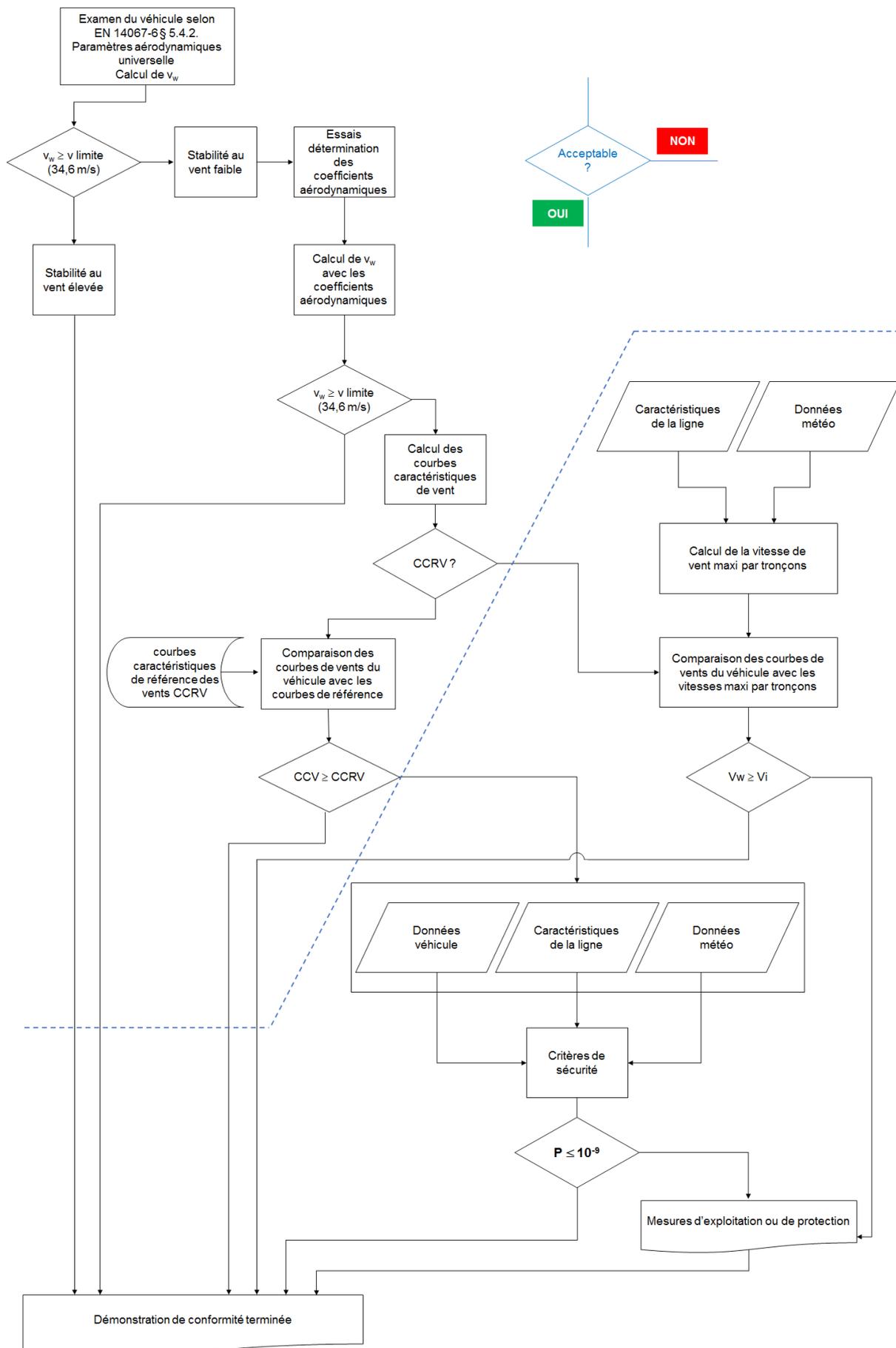
7. Estimation explicite des risques

L'événement redouté « renversement d'un train par une rafale de vent » est associé à la classe de gravité G4 « catastrophique » selon les termes de la norme EN 50126-1. Il n'est donc acceptable qu'à la probabilité d'occurrence extrêmement improbable.

Dans le cas d'une démonstration recourant à un objectif quantifié, la probabilité du renversement d'un train, au cours d'une mission, par une rafale de vent doit être inférieure à 10^{-9} /h de fonctionnement par train.

ANNEXE 1

Procédure



ANNEXE 2

Propositions de valeurs nationales pour les paramètres d'environnement de la ligne

La vitesse limite de vent applicable sur le RFN est fixée à 34,6 m/s.

Cette vitesse limite de vent est déduite des valeurs de l'Eurocode NF EN 1991-1-4/ NA et de la STI MR GV 2008 en considérant les paramètres suivants :

- région 3, valeur de base de la vitesse de référence du vent 26 m/s ;
- longueur de rugosité des sites représentatifs des lignes interopérables : $z_0 = 0,07$ m (selon la définition de la norme NF EN 1991-1-4 § 4.3.2) ;
- vent instantané à 4 m ;
- facteur de terrain $k_r = 0,1945$;
- coefficient de rafale = 1,6946.

ANNEXE 3

Modèle à une masse

Cette méthode repose sur l'équilibre des moments :

- le moment redresseur M_R , lié à la masse du véhicule pour une voie en alignement sans dévers ;
- le moment aérodynamique M_A , lié au vent.

Les notations utilisées ci-dessous sont celles de la norme EN 14067-6.

Le vent agit dans l'axe positif y du système de coordonnées du véhicule, tel que défini dans la norme EN 14067-1, c'est-à-dire perpendiculairement à la voie. La vitesse relative du vent v_a et l'angle de lacet β peuvent être calculés de la manière suivante :

$$v_a^2 = v_w^2 + v_{tr}^2 \quad (1)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{v_w}{v_{tr}}\right) \quad (2)$$

Pour déterminer la vitesse caractéristique du vent, le moment de roulis aérodynamique au rail sous le vent doit être pris en considération (ce qui n'est pas le cas dans la norme EN 14067-1, où le centre de référence du moment est le centre de la voie).

L'équilibre des moments se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$M_A = M_R \cdot f_S \quad (3)$$

avec les moments suivants :

$$M_R = m \cdot g \cdot b_A \quad (4)$$

$$M_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_a^2 \cdot A_0 \cdot d_0 \cdot \tilde{c}_{Mx,lee}(\beta) \quad (5)$$

$2 \cdot b_A = 1,5$ m pour les wagons à écartement standard.

$A_0 = 10$ m² et $d_0 = 3$ m

$\tilde{c}_{Mx,lee}(\beta)$ en fonction de A_0 et de d_0 ; cette hypothèse diffère de la formule spécifiée dans la norme EN 14067-1 pour $c_{Mx,lee}(\beta)$.

La valeur de f_S est 0,6.

Le moment de roulis au rail sous le vent, tel qu'il est utilisé ici, est estimé à partir des coefficients de « l'aérodynamique universelle » du § 5.3.2 de la norme EN 14067-6.

Le coefficient de moment de roulis du rail sous le vent peut également, être déterminé à partir de résultats existant d'essais en soufflerie. Il est alors calculé à partir du coefficient de moment de roulis aérodynamique et du coefficient de force de portance, comme indiqué ci-dessous :

$$\tilde{c}_{Mx,lee-exp}(\beta) = \tilde{c}_{Mx} - \tilde{c}_{Fz} \cdot \frac{b_A}{d_0} \quad (6)$$

$\tilde{c}_{Mx,lee-exp}(\beta)$, $\tilde{c}_{Mx}(\beta)$ et $\tilde{c}_{Fz}(\beta)$ sont calculés à partir des valeurs suivantes des paramètres : $A_0 = 10 \text{ m}^2$ et $d_0 = 3 \text{ m}$. Le coefficient de moment de roulis du rail sous le vent doit être évalué sur la plage de valeurs d'angle de lacet β , sous la forme de la fonction polynomiale d'ordre n suivante :

$$\tilde{c}_{Mx,lee-poly}(\beta) = z_n \cdot \beta^n + z_{n-1} \cdot \beta^{n-1} + \dots + z_1 \cdot \beta \quad (7)$$

La différence tolérée $\Delta\tilde{c}_{Mx,lee}(\beta)$ est définie par la formule suivante :

$$\Delta\tilde{c}_{Mx,lee}(\beta) = \tilde{c}_{Mx,lee-exp}(\beta) - \tilde{c}_{Mx,lee-poly}(\beta) \quad (8)$$

La différence tolérée maximale est définie par :

$$\Delta\tilde{c}_{Mx,lee}(\beta) = \text{Min}(0,01 \cdot \Delta\tilde{c}_{Mx,lee-exp}(\beta), 0,15)$$

Aucune limite de surestimation n'est spécifiée car une surestimation par la fonction d'approximation $\Delta\tilde{c}_{Mx,lee-exp}(\beta)$ est prudente.

Calcul de la vitesse du vent caractéristique v_w

Il convient de remplacer le coefficient de moment de roulis au rail sous le vent dans l'équation (5) par le moment aérodynamique.

Il convient d'évaluer β à l'aide de sa fonction arc tangente (2).

v_w doit être calculé numériquement, pour la vitesse d'exploitation maximale du train, à l'aide de l'équation d'équilibre des moments (3).

La différence absolue entre les deux moments doit être inférieure ou égale à 0,1 N.m.

FICHE D'IDENTIFICATION

Référence	RM 002
Titre	Vents traversiers
Type	Recommandation

Résumé

Cette recommandation traite de la vérification de la stabilité des véhicules ferroviaires au regard des vents traversiers. Elle complète les dispositions de la norme EN 14067-6 en proposant une méthode simple d'évaluation et des valeurs de référence pouvant être utilisées sur le réseau ferré national. Elle permet également de justifier la stabilité de certains véhicules pour lesquels il n'existe pas d'approche commune au niveau européen.

Historique des versions

Numéro de version	Date de version	Date d'application	Objet de la modification
1	01/11/2018	01/11/2018	Création de la recommandation

Textes abrogés	Textes interdépendants
SAM X 007	

Pour toute question ou remarque relative à ce texte, veuillez utiliser le formulaire de contact du site Internet de l'EPSF en cliquant sur le logo ci-dessous :



en sélectionnant le sujet « Les documents de l'EPSF » et en indiquant la référence de ce texte dans le message.

Division Règles et Référentiels
Établissement public de sécurité ferroviaire – Direction des Référentiels
60, rue de la Vallée – CS 11758 - 80017 AMIENS Cedex