

Compatibilité électromagnétique du matériel roulant avec la signalisation ferroviaire d'INFRABEL et les lignes de télécommunication analogique environnantes à l'infrastructure ferroviaire d'INFRABEL

Limites des émissions du matériel roulant

Gestion du document

	Nom
Géré	FLORE Yohann
Vérifié	Groupe de travail CEM
Approuvé	MYS Jan

Metadata

SI Function group	SI object group	Doc type	Activity
X	Infra--Rosto	Spécification	Exigence système

Ce document est la propriété d'INFRABEL. La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Toute reproduction partielle ou toute insertion dans un texte d'accompagnement en vue de leur diffusion doit recevoir un accord préalable et formel du service signalisation d'INFRABEL.

Historique

Rédacteur	Version	Date	Motivation
S. AOUT	2.1	2013-05-08	Refonte du document MI.01-EMC-75.2.0 v1.2
S. AOUT	2.2	2013-08-20	Correction de l'exigence [R.4.1]
S. AOUT	2.3	2013-10-18	Ajout des abréviations CVTH et CVC à la liste Correction des abréviations (version NL uniquement)
Y. FLORE	2.4	2018-08-22	Mise à jour du canevas Mise à jour du référentiel Précision sur l'exigence fondamentale [R.0] Correction rédactionnelle à l'exigence [R.2.2.1] Allègement du critère [R.4.0] et retrait du N.B. autorisant le test avec le chauffage éteint Ajout du capteur RSR 123 à la liste du [R.7.2] Suppression des exigences [R.9] et [R.11] concernant les CVC et CVTH originels Autres modifications éditoriales mineures Correction d'une faute de frappe, remplacement du critère R.7 (inexistant) par le critère R.7.1 au §5.1.1.2 Ajout des §4.1.8 et §4.2.3 : Courants perturbateurs de 70,5 Hz à 16800 Hz Ajout au §1.6 : définitions d'immunité électromagnétique et de susceptibilité électromagnétique Ajout au §2.2 : documentation disponible au plus tard 6 semaines avant le début des essais Ajout au §2.3 : plan des essais au plus tard 2 semaines avant le début des essais

Documents abrogés

Nom	titre	Version	Date
MI.01-EMC-75.2.0	Compatibilité électromagnétique du matériel roulant avec les systèmes de détection des trains et les transmissions par circuits galvaniques	1.2	22 mai 2007
SI (x,RoSto--y,z) EMC RS	Compatibilité électromagnétique du matériel roulant avec la signalisation ferroviaire d'INFRABEL et les lignes de télécommunication analogique environnantes à l'infrastructure ferroviaire d'INFRABEL - Limites des émissions du matériel roulant	2.3	18 octobre 2013

Propriété INFRABEL, Service Signalisation. Ne peut être distribuée que dans sa version intégrale.

Annonce de la publication de ce document

<input checked="" type="checkbox"/>	e-mail	FLORE Yohann <yohann.flore@infrabel.be> WALLECAN Fabrice <fabrice.wallecan@infrabel.be> DENIL Hannes <hannes.denil@infrabel.be> HOMAN Kurt <kurt.homan@infrabel.be> DE CONINCK Jean-Pierre <jeanpierre.deconinck@infrabel.be>
-------------------------------------	--------	---

Table des matières

1 Introduction.....	6
1.1 But de ce document.....	6
1.2 Documents de base.....	6
1.3 Documents de référence.....	7
1.4 Annexes.....	8
1.5 Domaine d'application.....	9
1.6 Définitions, symboles et abréviations.....	10
1.7 Imperfections connues.....	11
2 Processus d'acceptation du matériel roulant.....	12
2.1 Généralités.....	12
2.2 Documentation minimale nécessaire pour l'analyse théorique et la définition du programme des essais.....	12
2.3 Définition du programme des essais.....	14
2.4 Gestion des modifications apportées à l'engin déjà homologué.....	14
2.5 Gestion des dérogations.....	14
2.6 Application de ce document aux locomotives diesel ou diesel-électrique.....	14
2.7 Essais en unité simple ou multiple.....	15
2.8 Evolution des exigences.....	15
3 Exigence fondamentale.....	16
4 Limitation des émissions conduites en provenance du matériel roulant.....	16
4.1 Exigences spécifiques relatives au matériel roulant alimenté sous caténaire 3kV DC.....	16
4.1.1 Ondulation totale.....	16
4.1.2 Impédance à 50 Hz.....	17
4.1.3 Courant à $(50 \pm 1,5)$ Hz.....	17
4.1.4 Système de détection 50 Hz embarqué dans les engins de traction.....	19
4.1.5 Courants transitoires importants à basse fréquence ($f < 35$ Hz).....	21
4.1.6 Impédances aux fréquences audio de 1500 Hz à 3000 Hz.....	21
4.1.7 Courants perturbateurs de 1500 Hz à 3000 Hz.....	22
4.1.8 Courants perturbateurs de 70,5 Hz à 16800 Hz.....	23
4.2 Exigences spécifiques relatives au matériel roulant alimenté sous caténaire 25 kV 50 Hz.....	26
4.2.1 Composantes du courant entre 1500 Hz et 3000 Hz prescrites pour la LGV L1.....	26
4.2.2 Composantes du courant entre 1500 Hz et 3000 Hz prescrites pour l'ensemble des lignes hors LGV L1.....	26
4.2.3 Courants perturbateurs de 70,5 Hz à 16800 Hz.....	28
4.2.4 Valeurs psophométrées maximales du courant : I_{pso}	31
4.3 Règles d'addition.....	32
4.3.1 Domaine d'application.....	32
4.3.2 Règles.....	32
5 Limites des émissions rayonnées (tout type d'alimentation).....	32
5.1 Limitation des émissions rayonnées au niveau du rail.....	32
5.2 Limitation des forces électromotrices induites dans les rails par les freins électromagnétiques.....	33
6 Essais d'intégration du matériel roulant en circulation sur les équipements de détection de voie libre.....	33
6.1 Contrôle du bon fonctionnement du CVTH.....	33
6.1.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence.....	33

6.1.2 Exigence	33
6.1.3 Méthode de mesure.....	33
6.2 Détecteurs d'essieux et contacts de rail électromagnétiques.....	34
6.2.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence.....	34
6.2.2 Exigence	34
6.2.3 Méthode de mesure.....	34
7 Appendices.....	35
7.1 Appendice 1: Tableau de correspondances des limites appliquées et des équipements de signalisation sensibles	35
7.2 Appendice 2: Exemple de spécification technique du système de détection 50 Hz embarqué dans les engins de traction	36
7.2.1 Exigences réglementaires	36
7.2.2 Principe technique	37
7.2.3 Niveau de sécurité de la détection 50 Hz.....	38
7.2.4 Interface Homme/Machine	38
7.2.5 Règles à appliquer par l'opérateur.....	38
7.2.6 Maintenance des équipements	38
7.2.7 Fiabilité du système de détection.....	38

1 Introduction

1.1 But de ce document

Conformément à la norme EN 50238 [21], dans le but de simplifier la création du dossier de compatibilité requis pour le nouveau matériel roulant, cette spécification détermine les exigences requises en matière de compatibilité électromagnétique du matériel roulant envers les systèmes de détection de voie libre et de passage de train, les lignes de communication utilisées dans l'infrastructure Infrabel, ainsi que des lignes de télécommunication analogique environnantes aux infrastructures ferroviaires d'Infrabel.

Aussi, cette spécification a pour but de répondre aux dispositions prévues par les chapitres 6.1 et 6.2 de la norme européenne EN 50121-3-1 [19], ainsi que de répondre aux points ouverts des STI [14], [15], [16].

Les paragraphes ci-après décrivent les limites et méthodes de mesure pour la vérification de ces compatibilités et fournissent la liste des exigences auxquelles doit répondre le matériel roulant, c'est-à-dire :

- Les engins de traction diesel et électrique ;
- Le matériel remorqué dont la ligne de train alimente des organes électriques.

Les explications détaillées concernant le choix des niveaux requis par ce présent document figurent dans la documentation interne d'Infrabel [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

1.2 Documents de base

[1]	Directive 2016/797/CE	Directive relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de la communauté (refonte)	Parlement et conseil européens
[2]	Directive 2014/30/UE	Directive (...) concernant la compatibilité électromagnétique (refonte)	Parlement et conseil européens
[3]	Directive 2014/53/UE	Directive (...) concernant la mise à disposition sur le marché d'équipements radioélectriques et abrogeant la directive 1999/5/CE	Parlement et conseil européens
[4]	SI (x,y,z) EMC DMN DSC	Compatibilité électromagnétique - Description de domaine	INFRABEL I-AM.2
[5]	SI (x,y,z) EMC DMN RGL	Compatibilité électromagnétique - Domaine réglementaire	INFRABEL I-AM.2
[6]	SI (RP.TVP,TraCi.CV50--RoSto,z) EMC CNT NLS	Détection de voie libre - Interface CV 50 Hz--Matériel roulant - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2
[7]	SI (RP.TVP,TraCi.CVC--RoSto,z) EMC CNT NLS	Détection de voie libre - CV Court sans joint - - Matériel roulant - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2
[8]	SI (RP.TVP,TraCi.JADE--RoSto,z) EMC CNT NLS	Détection de voie libre - Interface CV JADE--Matériel roulant - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2
[9]	SI (RP.TVP,TraCi.CVTH--RoSto,z) EMC CNT NLS	Détection de voie libre - Interface CVTH--Matériel roulant - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2

[10]	SI (RP.TVP,TraCi.CVUM71 --RoSto,z) EMC CNT NLS	Détection de voie libre - Interface CV UM71--Matériel roulant - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2
[11]	SI (RP.TVP,TRCT.50Hz.OB D,3kVDC) détecteur 50Hz embarqué à bord des matériels roulant RAMS NLS	Détection de voie libre - Circuit de voie 50 Hz - Détecteur 50 Hz embarqué à bord des matériels roulants - Lignes 3 kV DC - Fiabilité Disponibilité Maintenabilité Sécurité - ANALYSE	INFRABEL I-AM.2
[12]	SI (RP,CAT--RoSto,z) EMC CNT NLS	Détection de voie libre - Compteurs d'essieux et contacts de rail - Matériel roulant - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2
[13]	SI (x,RoSto--ENV,z) EMC protection des lignes de telecommunication CNT NLS	Domaine ferroviaire - Protection des lignes de télécommunication à proximité des lignes ferroviaires - Compatibilité électromagnétique - Justification des exigences	INFRABEL I-AM.2

1.3 Documents de référence

[14]	Décision 2017/1474/EU	Décision sur la spécification technique d'interopérabilité concernant les sous-systèmes de contrôle commande et signalisation du système ferroviaire transeuropéen.	Commission européenne
[15]	Règlement 2016/796	Règlement (UE) (...) 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	Commission européenne
[16]	Règlement 2016/796	Règlement (UE) (...) relatif à la spécification technique d'interopérabilité concernant le sous-système «matériel roulant – wagons pour le fret» du système ferroviaire dans l'Union européenne	Commission européenne
[17]	UIT-T O.41 (10/94)	Spécifications pour appareils de mesure - Appareils de mesure pour paramètres analogiques - Psophomètre utilisé sur des circuits de type téléphonique	UIT
[18]	ERA/ERTMS/033281	ERTMS/ETCS unit – Interfaces between control-command and signaling trackside and other subsystems	ERA
[19]	EN 50121 (série de 2006)	Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique	CENELEC
[20]	EN 50129	Applications ferroviaires – Systèmes électroniques de sécurité pour la signalisation.	
[21]	EN 50238	Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train	CENELEC
[22]	EN 50388	Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité	CENELEC
[23]	TS 50238-2 (2010)	Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train – Partie 2 –	CENELEC

Propriété INFRABEL, Service Signalisation. Ne peut être distribuée que dans sa version intégrale.

	Compatibilité avec les circuits de voie	
[24] TS 50238-3 (2010) + Corrigendum	Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train – Partie 3 – Compatibilité avec compteurs d’essieux	CENELEC
[25] EN 50500	Procédures de mesure des niveaux de champ magnétique générés par les appareils électriques et électroniques dans l’environnement ferroviaire en regard de l’exposition humaine.	CENELEC
[26] SAM S003	Spécification d’admission du matériel, compatibilité entre les systèmes de signalisation et le matériel roulant	EPSF
[27] UIC 550 (2005)	Installations pour l’alimentation en énergie électrique du matériel à voyageurs	UIC
[28] ISO/CEI 17025	Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d’étalonnages et d’essais	ISO
[29] CISPR 16-4-2	Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l’immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure de l’instrumentation	CISPR
[30] ISO/IEC Guide 98-3	Incertitude de mesure - Partie 3: Guide pour l’expression de l’incertitude de mesure (GUM:1995)	ISO
[31] IEC 60050-161	Vocabulaire Electrotechnique International - Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique	CEI
[32] IEC 60050-811	Vocabulaire Electrotechnique International - Chapitre 811: Traction électrique.	CEI
[33] IEC 60050-821	Vocabulaire Electrotechnique International - Partie 821: Signalisation et appareils de sécurité pour chemin de fer	CEI
[34] UIC 541-06	Frein – prescriptions concernant la construction des différents organes de frein – frein magnétique	UIC
[35] PTR 316	Compteurs d’essieux	INFRABEL I-AM.2)
[36] SI (TVP, CAT&TRCT-- RoSto,z) Allègement des contraintes PRP PRG F	CEM du matériel roulant avec les produits de détection de voie libre (TDC) - Actions pour l’allègement des contraintes sur le matériel roulant - Proposition de programme	INFRABEL I-AM.2

Note :

Pour les documents dont il est précisé une version datée, seule cette version s’applique. Pour les documents non-datées, la dernière édition s’applique.

1.4 Annexes

[37] SI (x,RST-- TRCT.CVTH,z) test d’intégration TST S	Intégration de nouveau matériel roulant sur les lignes équipées de CVTH - SPECIFICATION D’ESSAI	INFRABEL I-AM.2
[38] SI (x,RST--CAT,z) test d’intégration TST S	Intégration de nouveau matériel roulant sur les lignes équipées de compteurs d’essieu et contacts de rail électromagnétiques - SPECIFICATION D’ESSAI	INFRABEL I-AM.2

[39] SI (x,CAT,z) LST	Détecteurs de roues et contacts de rail électromagnétiques - LISTE	INFRABEL I-AM.2
[40] SI (x,RST--TRCT.CV50,3kV) vérification détecteur 50 Hz TST S	Vérification du détecteur 50 Hz embarqué dans le matériel roulant - SPECIFICATION D'ESSAI	INFRABEL I-AM.2
[41] SI (x,RST--TVP,3kV) I transitoire TST S	Courants transitoires de fréquence inférieure à 35 Hz générés par le matériel roulant, compatibilité avec les systèmes de détection de voie libre – SPECIFICATION D'ESSAI	INFRABEL I-AM.2
[42] SI (x,RST--TVP&ENV,3kV) Limites en courant TST S	Courants de fréquence supérieure à 35 Hz générés par le matériel roulant ; compatibilité avec les systèmes de détection de voie libre et lignes de télécommunication – SPECIFICATION D'ESSAI	INFRABEL I-AM.2

1.5 Domaine d'application

Cette spécification, applicable dès publication, décrit les exigences techniques auquel le nouveau matériel roulant doit répondre afin de garantir la compatibilité électromagnétique du matériel roulant avec les systèmes de détection de voie libre ou de passage de train utilisés par Infrabel, les lignes des signaux de signalisation, ainsi que les lignes de télécommunication environnantes aux infrastructures d'Infrabel.

Ce document s'applique lors des nouvelles homologations de matériel roulant.

Ce document complète la réglementation européenne en vigueur. Il doit être utilisé conjointement avec la série des normes et spécifications EN 50238 [21], [23], [24], la série des normes EN 50121 [19], les spécifications techniques d'interopérabilité [14], **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**[16] et du document interface [18].

Cette spécification définit, pour les lignes non-interopérables et les lignes interopérables créées avant la publication de la dernière version de la STI CCS [14] et de son document interface [18], les exigences auxquelles le matériel roulant doit répondre afin de garantir la compatibilité avec les systèmes de détection de voie libre existants.

Cette spécification couvre aussi les points restant ouverts dans la STI CCS [14] et son document interface [18] en matière de compatibilité électromagnétique.

Ce document n'intègre pas :

- les exigences liées aux systèmes de signalisation embarqués de type TBL, ETCS, GSM-R ou tout autre système radiofréquence (Se référer aux exigences des directives « RED » [3], d'interopérabilité [1], et toutes autres spécifications applicables),
- La compatibilité du matériel roulant avec d'autres dispositifs de signalisation que les systèmes de détection de voie libre ou de passage,
- La compatibilité électromagnétique du matériel roulant envers l'environnement extérieur autre que les lignes de télécommunication analogiques. Celle-ci devra être traitée, par exemple, conformément à la directive « CEM » [2], en appliquant, par exemple, les normes harmonisées applicables [19] (EN 50121-3-1 pour le train complet, EN 50121-3-2 pour les équipements embarqués),
- Les limitations d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques. Ce point pourra, par exemple, être traité selon la procédure de mesure prévue par la norme EN 50500 [25], ou tout autre norme adaptée à la gamme de fréquence générée, en application des limites définies aux niveaux régionaux, national et européen.

- La compatibilité autre qu'électromagnétique.

1.6 Définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins de ce document, les définitions suivantes s'appliquent :

AD : A définir

[R.x] : exigence de compatibilité d'indice x

CCS : Contrôle commande et signalisation

CEM : compatibilité électromagnétique :

Circuit de retour : ensemble du circuit électrique constitué par les rails de roulement ou par un rail de retour de courant, leurs connexions électriques et les câbles de retour, jusqu'à leur raccordement à la sous-station d'alimentation (définition selon [32])

Compatibilité électromagnétique : aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement (définition selon [31]).

Immunité électromagnétique : aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique.

Susceptibilité électromagnétique : inaptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique.

Note : La susceptibilité est donc un manque d'immunité.

Compteur d'essieu : système utilisant des points de détection et un compteur, destiné à détecter l'occupation d'une section de voie en comparant le nombre d'essieux entrant dans la section avec le nombre d'essieux qui en sortent, la concordance de ces nombres étant nécessaire pour donner l'indication de voie libre (définition selon [33]).

Contact de rail électromagnétique (ou contact de rail électronique) : appareil disposé le long d'un rail ou fixé au rail, qui est actionné par le passage d'une roue. Cet appareil détecte l'influence de la roue sur un champ électromagnétique créé par un courant alternatif afin de fournir un signal électrique (définition selon [33]).

Courbe d'équipuissance : Courbe représentant, à une puissance donnée, la vitesse en abscisse, le couple en ordonnée

CV : Circuit de voie

CVC : Circuit de voie court

CVTH : Circuit de voie à impulsion de tension élevée

Détecteur de roue : dans un système de compteurs d'essieux, équipement qui détecte la présence d'une roue (plus précisément de son bourelet) dans l'environnement immédiat d'un point bien précis du rail. Un détecteur de roues possède au moins un capteur (définition selon **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

EM : électromagnétique

Emetteur radio intentionnel : Appareil émettant un champ électromagnétique radio fréquence dans le but d'établir une télécommunication ou d'agir sur la matière.

Essai en ligne : essai effectué sur des véhicules moteurs circulant sur une voie ferrée (définition selon [32])

EST : équipement sous test

FFT : Fast Fourier Transform (Transformée de Fourier rapide)

FM : Plan de fréquence (Frequency Management) pour les émissions rayonnées sous la caisse du matériel roulant, au niveau du rail, tel que défini dans le document [18], pour la compatibilité avec les compteurs d'essieux

HT : haute tension

Propriété INFRABEL, Service Signalisation. Ne peut être distribuée que dans sa version intégrale.

LGV L1: Ligne à grande vitesse, axe frontière française – Lembeek

Ligne de train : conducteur s'étendant sur toute la longueur de chaque véhicule d'un train et pourvu de coupleurs pour maintenir la continuité électrique entre tous les véhicules (définition selon [32])

Matériel roulant modifié : Matériel roulant, dont le modèle initial est déjà autorisé à circuler, ayant subi une modification conceptuelle par rapport au modèle de référence (modification du système de motorisation, des filtrages, des chemins de câble ou de mise à la masse, des masses métalliques, du logiciel...).

MLI : Modulation de largeur d'impulsion (PWM en anglais)

MTBF: Temps moyen entre panne (Mean Time Between Failure)

Nouveau matériel roulant : Matériel roulant de conception nouvelle, ou matériel roulant dont la conception a été modifiée

Rapport cyclique de fonctionnement d'un émetteur : Rapport entre le temps d'émission de l'émetteur radio intentionnel et le temps total de non-émission et d'émission.

Régime dégradé : mode de fonctionnement d'un matériel roulant en présence de défauts ayant été prévus lors de la conception. Les modes dégradés doivent normalement permettre au matériel roulant de terminer sa mission (définition selon [21]).

STI : Spécification technique d'interopérabilité

Train à unité multiples : train comportant plusieurs UM.

UM: Unité Motrice : terme général servant à désigner une locomotive, une automotrice ou un élément automoteur (définition selon [32]). Pour ce document, ensemble de toutes les UT, y compris les auxiliaires, alimentés par un seul pantographe (ex : locomotive, tête motrice, ensemble d'UT d'une rame automotrice).

UT: Unité de Traction : Unité la plus petite d'une unité motrice qui est à même de produire par ses propres moyens des efforts de traction et / ou de freinage électrique (frein électrique)

Valeur psophométrique : Valeur efficace d'un signal dont la réponse en fréquence a été pondérée conformément à la spécification ITU-T O.41 [17]. La pondération psophométrique est utilisée pour les mesures de bruit dans les circuits de télécommunication analogique.

1.7 Imperfections connues

Néant

2 Processus d'acceptation du matériel roulant

2.1 Généralités

Le processus d'acceptation de la norme EN 50238 [21] est pleinement d'application.

Les points suivants clarifient et précisent certains aspects de la norme pour une meilleure application de celle-ci.

2.2 Documentation minimale nécessaire pour l'analyse théorique et la définition du programme des essais

Conformément aux dispositions prévues par l'EN 50238, la définition du programme d'essai devra faire au préalable l'objet d'une analyse théorique.

Afin de réaliser cette analyse théorique préalable, les documents suivants doivent être mis à la disposition des experts, au plus tard 6 semaines avant le début des essais, puis étudiés et intégrés au dossier de compatibilité :

- La liste des lignes ferroviaires faisant l'objet de la demande d'acceptation
- Le ou les systèmes d'alimentation de puissance choisis (25 kV – 50 Hz, 3 kV – DC, non électrifié)
- La présence de tout émetteur radio intentionnel susceptible de rayonner sous la caisse (TBL, ETCS, boucle d'assistance au shuntage...). Pour les systèmes non standards, il doit être précisé :
 - o les fréquences de fonctionnement
 - o les principales caractéristiques de la modulation du signal (AM, FM, (...), variations d'amplitude et de fréquence des signaux de modulation)
 - o les niveaux de puissance ou de champ électromagnétique émis
 - o Les caractéristiques de l'antenne (diagramme de rayonnement, gain)
 - o Le rapport cyclique de fonctionnement moyen de l'émetteur
- Les caractéristiques des systèmes de freinage (patins électromagnétiques (voir §5.2), par récupération, par courants de Foucault, ou autre à préciser)
- Le nombre maximum d'unité motrice par train.
- Dans le cadre des engins utilisant une motorisation de traction électrique¹ :
 - o La puissance totale de la motorisation
 - o La technologie de conversion d'énergie utilisée (Composants passifs, hacheurs à fréquence fixe, onduleur à modulation de largeur d'impulsion...), avec, si applicable, les fréquences de hachage clés.
 - o Les schémas électriques des circuits de puissance (traction et auxiliaires), comprenant
 - Un schéma électrique indiquant la circulation des courants caténaux sous 25 kV 50 Hz
 - Un schéma bloc d'interconnexion des sous-systèmes de traction sous 25 kV 50 Hz
 - Un schéma électrique indiquant la circulation des courants caténaux sous 3 kV DC
 - Un schéma bloc d'interconnexion des sous-systèmes de traction sous 3 kV DC
 - Un schéma bloc d'interconnexion des sous-systèmes de traction diesel-électrique
 - Les plans de montage des installations de puissance à bord, y compris la câblerie.

¹ Y compris les trains diesel-électrique

- Les plans de circulation attendue des courants de masse
- Caractéristiques et schéma électrique des filtres mis en œuvre ;
- Pour les systèmes de filtrage actifs par gestion des déphasages des systèmes de conversion d'énergie dont le mode de fonctionnement est modifié en unité multiple :
 - La démonstration théorique de l'efficacité des différentes configurations de filtrage actif
 - La démonstration de l'impossibilité de perte de synchronisation entre les différentes unités de conversion d'énergie.
 - La démonstration que chaque unité, considérée seule, conserve ou non les mêmes angles de modulation lorsqu'elle fonctionne en mode unité simple ou multiple.
- Notes de calcul des impédances en unité simple et, si applicable, dans toutes les configurations d'unité multiple (voir §0) ;
- Courbes d'équipuissance
- Pour les engins utilisant des convertisseurs d'énergie à MLI, la courbe fréquence de découpage des convertisseurs d'énergie en fonction de la vitesse du véhicule.
- Pour tout type d'engin, les plans d'ensemble donnant :
 - la position occupée par les selfs et autres organes susceptibles de rayonner un champ magnétique
 - la longueur des trains et des véhicules
 - les équipements de captage de courant, et la distance entre eux
 - les liaisons électriques entre la surface de roulement des roues et le châssis du véhicule, ainsi que les liaisons électriques entre véhicules
 - Les distances entre essieux de chaque véhicule, et entre le dernier essieu et l'extrémité du véhicule
- Liste des différentes conditions opérationnelles et des modes dégradés de fonctionnement où les émissions du matériel roulant peuvent se modifier. Une méthode doit être proposée pour leur mise en place lors des essais.
- Les modes de fonctionnement connus pour provoquer les émissions électromagnétiques les plus élevées doivent être décrits ; ils seront considérés comme des pires cas de fonctionnement, représentatifs des émissions maximales du matériel.
- Rapport de simulation donnant les niveaux maxima de courants perturbateurs injectés dans les rails, tant en régime normal qu'en régime dégradé ;
- Dans le cas d'un engin de traction électrique sous 3 kV équipé d'un système de détection 50 Hz (voir §4.1.4 et l'appendice au §7.2) :
 - Preuves documentaires que l'ensemble des exigences requises dans ce présent document a été respecté.
 - Descriptifs détaillés des dispositions prises pour assurer le niveau de sécurité de la détection 50 Hz (Schémas bloc du système, préconisations de contrôle du bon fonctionnement et de maintenance du système de détection, redondance des sous-systèmes...)
- Les exigences minimales relatives à la maintenance, notamment des systèmes de détection des courants à 50 Hz et des filtres.
- Les références, versions et principales fonctions des logiciels installés
- Un document certifiant que le modèle qui sera testé sera identique aux exemplaires de série

2.3 Définition du programme des essais

Conformément à la norme EN 50238 [21], une réunion préparatoire entre les différentes parties impliquées doit être réalisée. A l'issue de cette réunion, un plan des essais doit être rédigé afin de :

- définir les modes de fonctionnement à tester
- lister les exigences de ce document qui seront à contrôler
- organiser les essais en ligne ; détailler le plan des essais (entre autres, identification du nombre d'essais)

Le plan des essais devra être intégré au dossier de compatibilité.

Le plan des essais doit être finalisé au plus tard 2 semaines avant le début des essais.

2.4 Gestion des modifications apportées à l'engin déjà homologué

Toute modification logicielle, ou matérielle (y compris le changement de disposition du câblage, la modification des masses électriques, la modification ou l'ajout d'un composant, ajout d'une masse métallique sous le châssis du matériel roulant) doit faire l'objet d'une analyse des conséquences sur la compatibilité électromagnétique.

Cette analyse doit définir l'impact de la modification sur chaque exigence définie dans ce document par rapport aux niveaux de disponibilité et de sécurité des équipements de détection de voie libre et de télécommunication.

Pour la réalisation de cette analyse, tout élément figurant au §2.2 modifié doit être communiqué. Un résumé des modifications apportées devra être rédigé. Ce résumé devra expliquer le but de la modification, les conséquences éventuelles sur la compatibilité, les dispositions prises pour garantir le maintien de la compatibilité.

En fonction des éléments communiqués, cette analyse pourra être complétée par une campagne d'essais partiels ou complets afin de démontrer la non-dégradation des niveaux de disponibilité et de sécurité par le respect des exigences définies dans ce document.

Le rapport d'analyse devra être rédigé et intégré au dossier de compatibilité. Le dossier de compatibilité modifié devra alors être soumis à la procédure d'acceptation telle que prévue par la norme EN 50238 [21].

2.5 Gestion des dérogations

Conformément à la norme EN 50238 [21], toute dérogation aux exigences requises dans ce document devra être acceptée par l'ensemble des entités concernées par la procédure d'acceptation, puis clairement mentionnée dans le dossier de compatibilité.

2.6 Application de ce document aux locomotives diesel ou diesel-électrique

Pour un engin de traction diesel ou diesel-électrique, l'examen porte essentiellement sur :

- La vérification des champs magnétiques rayonnés et de ses effets dans différentes conditions de fonctionnement
- Les courants susceptibles d'être injectés sur la ligne de train.
- Les courants pouvant circuler par les rails entre les essieux de la locomotive

2.7 Essais en unité simple ou multiple

3 cas identifiés peuvent exceptionnellement requérir des essais en unité multiple :

- Si une première campagne d'essai en unité simple a démontré une possibilité d'incompatibilité en unité multiple
- Si un mode de fonctionnement des convertisseurs d'énergie du matériel roulant en unité multiple n'est pas couvert par des essais en unité simple (par exemple, modification des angles de modulation de phase des convertisseurs d'énergie. Ce point devrait figurer dans la documentation du constructeur et doit être discuté lors des réunions préparatoires aux essais d'homologation (voir §2.3).
- Si, d'un point de vue opérationnel lors des essais comme décidé en réunion de préparation, il s'avère qu'une seconde locomotive soit nécessaire afin d'obtenir les conditions de fonctionnement (vitesse, accélération...) requises. Ce point est à traiter lors des réunions préparatoires aux essais d'homologation (voir §2.3).

En dehors de ces 3 cas, les essais en unité simple suffisent car :

- pour la compatibilité avec les circuits de voie, les règles d'addition appliquées à la limite des courants perturbateurs sont d'application. Ces règles d'addition permettent de ne pas avoir recours aux essais en unité multiple.
- Pour la compatibilité avec les compteurs d'essieux et contacts de rail, l'expérience a démontré que la présence de champ est localisée à l'endroit des éléments constituant le train. Seuls des rayonnements directs ou des courants de haute fréquence induits dans les rails entre les essieux peuvent avoir une influence sur les détecteurs d'essieux et contacts de rail électromagnétiques. A priori, il n'y a pas d'effet cumulatif des émissions électromagnétiques, captées au niveau du détecteur de roue, qui seraient fonction du nombre d'UM en opération dans le train. Cela est vrai sous la seule condition que le mode de fonctionnement de l'UM considérée seule est identique en unité simple et en unités multiples."

2.8 Evolution des exigences

La technique de commande de la motorisation du matériel roulant et de ses auxiliaires évolue sans cesse. Il est envisageable qu'un matériel roulant puisse générer des signaux perturbateurs non encore connus aujourd'hui et pour lesquels l'immunisation des systèmes de détection des trains et des transmissions dans les câbles de communication serait insuffisante.

En conséquence, en cas de doute avéré, la procédure d'acceptation pourra se terminer par une acceptation temporaire, tel que prévu par la norme EN 50238 [21]. Pendant la période d'acceptation temporaire, le fonctionnement correct des équipements de signalisation sera vérifié en présence du nouveau matériel roulant.

3 Exigence fondamentale

- [R.0]** Que ces émissions soient générées intentionnellement ou non, en fonctionnement normal ou en régime dégradé, propagées par rayonnement ou par conduction, aucune dégradation intolérable de fonctionnement (altérant la sécurité ou la fiabilité) des systèmes de détection de voie libre ou de passage, des lignes de signalisation ou des lignes de télécommunication environnantes ne doit être provoquée par une émission électromagnétique du matériel roulant. Cette exigence s'applique pour tout axe ferroviaire et itinéraire de secours pour lequel le matériel roulant sera autorisé à circuler.

NOTE : Le respect de l'ensemble des autres exigences de ce document permettent d'établir une présomption de conformité à l'exigence [R.0]. Toutefois certaines situations exceptionnelles peuvent nécessiter des précautions supplémentaires non prévues à ce jour (voir section 2.8).

4 Limitation des émissions conduites en provenance du matériel roulant

4.1 Exigences spécifiques relatives au matériel roulant alimenté sous caténaire 3kV DC

4.1.1 Ondulation totale

4.1.1.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par calcul et par mesure en ligne.

4.1.1.2 Exigence

I_{AC} est la valeur efficace de l'intensité totale du courant injectée dans les rails par le train.

Exigence N°	Bande de fréquence	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué	Règle d'addition des courants générés par les différents éléments d'un train
[R.1.1]	35 Hz < f < 60 Hz	$I_{AC} \leq 20A^2$	§4.3
[R.1.2]	f > 35Hz	$I_{AC} \leq 50A^2$	§4.3

4.1.1.3 Méthodologie de mesure

La méthode de mesure figure dans le document annexe [42].

² Au droit des sous-stations de traction, la tension à 50 Hz entre caténaire et rails peut atteindre 4 V_{eff}. Au droit des sous-stations de traction, la tension à 300 Hz entre caténaire et rails peut atteindre 200 V_{eff}. Le critère 1.2 intègre cette fréquence.

4.1.2 Impédance à 50 Hz

4.1.2.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A confirmer par note de calcul, en tenant compte des tolérances sur les composantes des filtres et à vérifier sur banc de test, notamment à charge maximale.

Le calcul de l'impédance à 50 Hz tiendra compte, entre autres, de la saturation des selfs du filtre d'entrée en fonction du courant absorbé par le véhicule considéré, ainsi que des équipements se trouvant en aval du filtre d'entrée.

4.1.2.2 Exigence

$$Z_{50Hz} = |Z_{50Hz}| e^{j\alpha}$$

Exigence N°	Bande de fréquence	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué	Règle d'addition des admittances des différents éléments d'un train
[R.2.0]	Module ³ : $ Z_{50Hz} $	$\frac{1}{ Z_{50Hz} } \leq \frac{1}{1,3} \text{ Siemens}$	Arithmétique
	Argument : α	$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$	/

4.1.3 Courant à (50 ± 1,5) Hz

4.1.3.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure en ligne.

³ Si nécessaire, l'exigence [R.2.0] du module de l'impédance du matériel roulant pourra être majorée afin de respecter les exigences [R.2.1] ou [R.2.2]

4.1.3.2 Exigence

Exigence N°	Technologie du système de conversion d'énergie du matériel roulant	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué ⁴	Règle d'addition des courants totaux générés par les différents éléments d'un train	Limitation en durée
[R.2.1]	Passif, ou actif à fréquence fixe > 50 Hz	$I_{50\text{Hz}} \leq 4 \text{ A}$	Arithmétique	Aucune
[R.2.2]	Actif à fréquence variable	$I_{50\text{Hz}} < 4 \text{ A}$	Arithmétique	Aucune ⁵
		$I_{50\text{Hz}} \geq 4 \text{ A}$	Arithmétique	< 1000 ms ⁵

Pour tout équipement dont la clause [R.2.2] est d'application, il doit être démontré par le gestionnaire de l'infrastructure qu'aucun circuit de voie de génération CV 50B0- ou CV 50M-R (comme défini dans le dossier technique Infrabel) n'est installé sur les parcours faisant l'objet de la demande d'acceptation. Il doit être démontré aussi que le gestionnaire d'infrastructure interdit toute installation ultérieure de cette génération de CV sur les parcours faisant l'objet de la demande d'acceptation.

4.1.3.3 Recommandations

Pour les engins de traction utilisant un système de conversion d'énergie basé sur de la MLI, il est recommandé d'intégrer au calcul des angles de modulation, une suppression des composantes proches de 50 Hz au primaire des convertisseurs d'énergie.

Aussi, la présence de 2 signaux dont leurs fréquences sont espacées de 50 Hz produit un courant résiduel à 50 Hz par effet d'intermodulation⁶. Il est donc recommandé lors de la conception des convertisseurs d'énergie du matériel roulant de prendre en considération ces effets d'intermodulation entre les fréquences harmoniques issues du redressement de la sous-station (multiples de 300 Hz⁷), et les fréquences harmoniques du courant générées par le matériel roulant.

4.1.3.4 Méthodologie de mesure

La méthodologie de mesure est définie dans le document annexe [42].

⁴ Il doit être pris en compte qu'au droit des sous-stations de traction, la tension à 50 Hz entre caténaire et rails peut atteindre $4 V_{\text{eff}}$.

⁵ Pour les lignes ferroviaires pour lesquelles les CV 50 Hz sont utilisées, chaque engin de traction doit obligatoirement être équipé d'un détecteur 50 Hz opérationnel dès la fermeture du disjoncteur HT. Le disjoncteur HT du ou des engins de traction en défaut doit s'ouvrir sous l'action du détecteur 50 Hz dont les caractéristiques sont prescrites au §4.1.4 et l'appendice au §7.2.

⁶ voir TS 50238-2

⁷ Au droit des sous-stations de traction, la tension à 300 Hz entre caténaire et rails peut atteindre $200 V_{\text{eff}}$.

4.1.4 Système de détection 50 Hz embarqué dans les engins de traction

4.1.4.1 Généralités

La fonction du système de détection 50 Hz embarqué est de déclencher le disjoncteur principal avant que la composante excessive de courant 50 Hz ne puisse dépasser le seuil de l'exigence [R.2.2], quelles que soient les conditions de fonctionnement des équipements de traction.

Un exemple de spécification du système de détection 50 Hz est donnée en appendice, §7.2.

4.1.4.2 Courant de seuil à l'excitation

4.1.4.2.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure.

4.1.4.2.2 Exigence

[R.2.2.1]

Le seuil d'un détecteur 50 Hz se détermine au départ de l'exigence [R.2.2], après application des règles d'addition du §4.3.

Exemple :

$$I_e \leq \frac{1}{N} \times 4$$

Où :

- I_e représente le seuil d'excitation (ou de détection) en A, à 50 Hz
- N représente le nombre maximum d'engins de traction, de caractéristiques identiques, susceptibles d'entrer dans la composition d'un train.

Un système permettant la variation du seuil de détection en fonction du nombre de pantographes simultanément à la caténaire sur l'ensemble de la rame avec la ligne électrique est toléré. Toutefois, cette fonction ne doit pas dégrader le niveau de sécurité du système de détection 50 Hz. Sur une base documentaire solide, le constructeur devra donc démontrer que, quel que soit le nombre d'unité composant le matériel roulant, les systèmes de détection 50 Hz embarqués ne permettront pas une injection de courant à 50 Hz dans le circuit de retour dépassant l'exigence [R.2.2].

4.1.4.2.3 Méthodologie de mesure

La méthode d'essai de vérification de cette exigence figure dans le document annexe [40].

4.1.4.3 Retard à l'excitation

4.1.4.3.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure.

4.1.4.3.2 Exigence

[R.2.2.2]

t_e est défini comme étant le temps entre le début du dépassement du niveau I_e de courant 50 Hz et la coupure effective du courant (afin de respecter l'exigence [R.2.2]).

$$t_e \leq 1000 \text{ ms,}$$

Propriété INFRABEL, Service Signalisation. Ne peut être distribuée que dans sa version intégrale.

4.1.4.3 Méthodologie de mesure

La méthode d’essai de vérification de cette exigence figure dans le document annexe [40].

4.1.4.4 Intégration des salves de courant à 50 Hz

4.1.4.4.1 Méthode d’évaluation du respect de l’exigence

A vérifier par mesure.

4.1.4.4.2 Exigence

[R.2.2.3]

Le détecteur 50 Hz est soumis à 10 salves de courant à 50 Hz dont les caractéristiques sont illustrées à la Figure 1.

Le niveau de courant de la salve I_{ex} est de 10 fois la valeur de seuil du détecteur 50 Hz I_e défini au §4.1.4.2.2. T_1 est le temps d’application d’une salve, T_0 est le temps de repos.

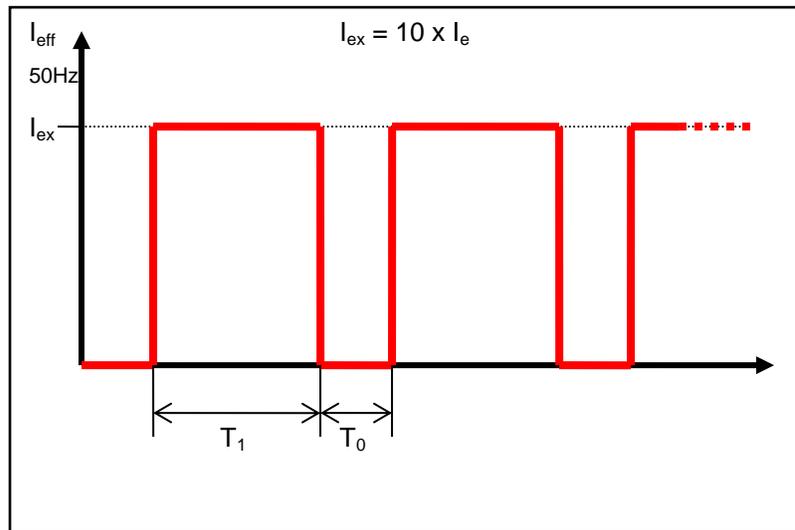


Figure 1 - Caractéristiques des salves de courant 50 Hz

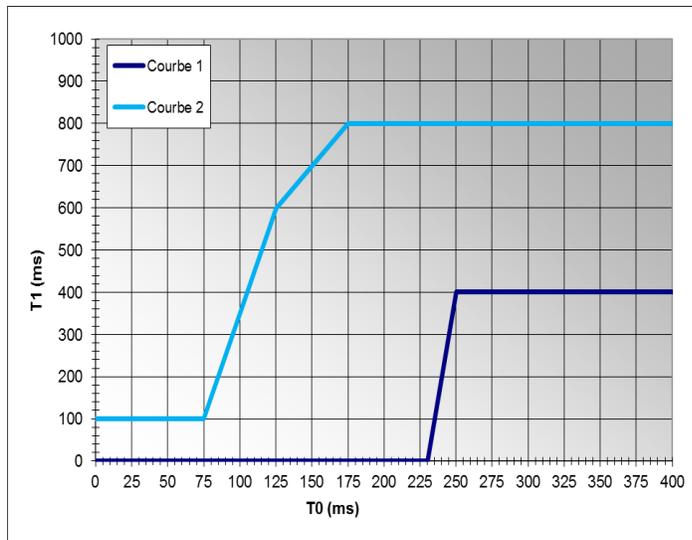


Figure 2 - Courbe de réponse du détecteur 50 Hz aux salves de courant

Le diagramme de la Figure 2 représente 2 courbes T_1 en fonction de T_0 . Chacune des courbes représente le comportement que doit présenter le détecteur 50 Hz soumis à l’excitation de 10 salves de courant sinusoïdal 50 Hz en fonction des temps d’application T_1 et T_0 .

Courbe 1 : Courbe limite en-dessous de laquelle le détecteur ne doit pas commander la disjonction de l’engin afin d’en sauvegarder la disponibilité (limite liée au terme de fiabilité).

Courbe 2 : Courbe limite au-dessus de laquelle le détecteur doit commander la disjonction en moins de 10 salves (limite liée au terme de sécurité).

4.1.4.4.3 Méthodologie de mesure

La méthode d'essai de vérification de cette exigence figure dans le document annexe [40].

4.1.5 Courants transitoires importants à basse fréquence ($f < 35$ Hz)

4.1.5.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier en ligne.

4.1.5.2 Exigence

La variation du courant absorbé par le matériel roulant dans son ensemble est limitée selon la formule suivante :

$$[\mathbf{R.3}] : \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| < 2500 A/s$$

Note : cette exigence n'est pas applicable lors de déclenchement dû à un dispositif de sécurité.

4.1.5.3 Méthodologie de mesure

La méthodologie de contrôle du respect de cette exigence est définie dans le document annexe [41].

4.1.6 Impédances aux fréquences audio de 1500 Hz à 3000 Hz

4.1.6.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A confirmer par note de calcul, en tenant compte des tolérances sur les composants des filtres et à vérifier sur banc de test, notamment à charge maximale pour vérifier l'impact de l'éventuelle saturation des selfs.

4.1.6.2 Exigence

$$Z_f = |Z_f| e^{j\alpha}$$

Où Z_f représente l'impédance à la fréquence f .

Exigence N°	Bande de fréquence	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué	Règle d'addition des courants générés par les différents éléments d'un train
[R.4.0]	Module : $ Z_f $	$\frac{1}{ Z_f } < \frac{1800}{20 \times f}$	Arithmétique
	Argument : α	$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$	-

4.1.7 Courants perturbateurs de 1500 Hz à 3000 Hz

4.1.7.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

L'évaluation théorique des émissions conduites doit être confirmée par une mesure en ligne.

4.1.7.2 Exigence

[R.4.1]

I_f est défini comme étant le courant perturbateur à la fréquence f .

Bande de fréquence	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué	Règle d'addition des courants générés par les différents éléments d'un train
Chaque raie entre 1500 Hz et 3000 Hz, en dehors des 6 bandes ci-après	$I_f < 500mA$	Voir §4.3
$6 \times n \times 50 \pm 55Hz$ $n = 5, 6, 7, 8, 9, 10^8$	$I_f < 3A$	Arithmétique

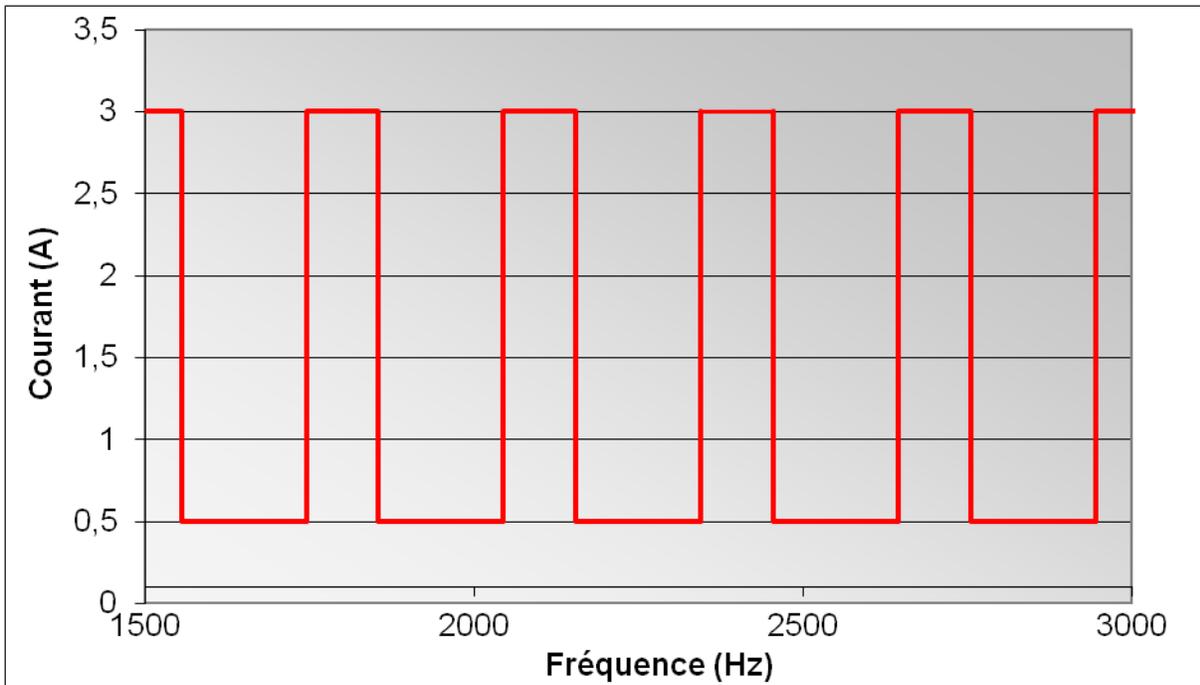


Figure 3 - Représentation graphique des limites audiofréquences sur ligne DC

Note : L'application de la spécification technique européenne TS 50 238-2 [23] n'est pas suffisante pour garantir la compatibilité avec les systèmes installés.

⁸ n représente le rang de l'harmonique de l'ondulation résiduelle de la tension issue des redresseurs en sous-station de traction

4.1.7.3 Recommandation

Pour les engins de traction utilisant un système de conversion d'énergie basé sur de la MLI, il est recommandé de calculer des angles de modulation pour obtenir la suppression des composantes harmoniques aux fréquences suivantes : (1600 ±50) Hz, (1900 ±50) Hz, (2200 ±50) Hz, (2500 ±50) Hz.

4.1.7.4 Méthodologie de mesure

Le respect des prescriptions sera vérifié par mesure en ligne à l'aide d'un analyseur en transformée de Fourier.

Le §7 de la spécification TS 50238-2 [23] décrit la méthode de mesure et les conditions d'essai à appliquer.

Il sera configuré comme suit :

- Fenêtre de Hann
- Temps d'acquisition de 1 s, soit une résolution de l'ordre du Hz
- Pour obtenir un minimum de précision sur les signaux transitoires, il est recommandé d'utiliser une fréquence d'échantillonnage au moins 5 fois supérieure à la fréquence maximale à mesurer.

4.1.8 Courants perturbateurs de 70,5 Hz à 16800 Hz

4.1.8.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

L'évaluation théorique des émissions conduites doit être confirmée par une mesure en ligne.

4.1.8.2 Exigence

[R.4.2]

I_f est défini comme étant le courant perturbateur à la fréquence f .

Bande de fréquence	Limite de courant perturbateur [valeur rms]	Méthode d'évaluation	Paramètres d'évaluation
70.5 – 79.5 Hz	1,9 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Bande des fréquences centrales : 73 - 77Hz Bande passante à 3dB : 5 Hz Butterworth, ordre 2*4 ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 0.5 s Temps de recouvrement : min 75 %
205.5 - 245.4 Hz	4 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 208.75, 225.45, 242.15 Hz Bande passante à 3dB : 6,5Hz Butterworth, 6^{ième} ordre (2 x 3^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 0,5s Temps de recouvrement : 50%
270.5 – 279.5 Hz	1,9A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Bande des fréquences centrales : 273 - 277 Hz Bande passante à 3dB : 5 Hz Butterworth, ordre 2*4 ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 0,5s Temps de recouvrement : min 75%

Propriété INFRABEL, Service Signalisation. Ne peut être distribuée que dans sa version intégrale.

Bande de fréquence	Limite de courant perturbateur [valeur rms]	Méthode d'évaluation	Paramètres d'évaluation
1500 - 3200 Hz	0,3A (except in bands here below) 4A in bands (30+n)x50±5Hz (n=1,3,5, ...,33)	FFT	Temps de fenêtrage 1s, fenêtre de Hanning, recouvrement 50%
1900 - 2700 Hz	2,2 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 2100, 2500 Hz Bande passante à 3dB : 400Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10^{ième} ordre (2 x 5^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%
2700 - 5100 Hz	1,5 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 2900, 3300, 3700, 4100, 4500, 4900 Hz Bande passante à 3dB : 400Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10th order (2 x 5th order) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%
3450 - 7550 Hz	1,5 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 3750, 4250, 4750, 5250, 5750, 6250, 6750, 7250 Hz Bande passante à 3dB : 600Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10^{ième} ordre (2 x 5^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%
4650 - 6360 Hz	1 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 4750, 5250, 5750, 6250 Hz Bandes passantes à 3dB : 200, 206, 214, 220 Hz Butterworth, 6^{ième} ordre (2 x 3^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 40ms Temps de recouvrement : 50%
9450 - 9550 Hz	0,3 A	FFT	Temps de fenêtrage 1s, fenêtre de Hanning, recouvrement 50%

Bande de fréquence	Limite de courant perturbateur [valeur rms]	Méthode d'évaluation	Paramètres d'évaluation
9200 - 16800 Hz	0,5 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 9500, 10500, 11500, 12500, 13500, 14500, 15500, 16500 Hz Bande passante à 3dB : 600Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10^{ième} ordre (2 x 5^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%
9320 - 16755 Hz	0,33 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 9500, 10500, 11500, 12500, 13500, 14500, 15500, 16500 Hz Bandes passantes à 3dB : 360, 380, 400, 425, 445, 470, 490, 510 Hz Butterworth, 6^{ième} ordre (2 x 3^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 40ms Temps de recouvrement : 50%

4.1.8.3 Méthodologie de mesure

Le §7 de la spécification TS 50238-2 [23] décrit la méthode de mesure et les conditions d'essai à appliquer.

4.2 Exigences spécifiques relatives au matériel roulant alimenté sous caténaire 25 kV 50 Hz

4.2.1 Composantes du courant entre 1500 Hz et 3000 Hz prescrites pour la LGV L1

4.2.1.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure en ligne.

4.2.1.2 Exigence

[R.5.0] Le référentiel SAM S003 [26], géré par l'établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF, France), appliqué uniquement au CV UM71 CVTM 430, doit être respecté.

Note : L'application de la spécification technique européenne TS 50 238-2 [23] n'est pas suffisante pour garantir la compatibilité avec les systèmes installés sur la LGV L1.

4.2.1.3 Recommandation

Pour les engins de traction utilisant un système de conversion d'énergie basé sur de la MLI, il est recommandé de calculer des angles de modulation pour obtenir la suppression des composantes harmoniques aux fréquences de fonctionnement définies dans le SAM S003 [26].

4.2.2 Composantes du courant entre 1500 Hz et 3000 Hz prescrites pour l'ensemble des lignes hors LGV L1

4.2.2.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

L'évaluation théorique des émissions conduites doit être confirmée par une mesure en ligne.

4.2.2.2 Exigence

[R.5.1]

I_f est défini comme étant le courant perturbateur à la fréquence f .

Fréquences	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué	Règle d'addition
Chaque raie entre 1500 Hz et 3000 Hz, en dehors des bandes ci-après	$I_f < 500\text{mA}$	Selon §4.3
$(2n + 1) \times 50 \pm 10\text{Hz}$ $n = 15 \text{ à } 23^9$	$I_f < 3\text{A}$	Arithmétique
$(2n + 1) \times 50 \pm 10\text{Hz}$ $n = 24 \text{ à } 29^9$	$I_f < 2.2\text{A}$	Arithmétique

⁹ $(2n+1)$ représente le rang naturel impair des composantes harmoniques de la tension issue du réseau HT d'alimentation des sous-stations de traction.

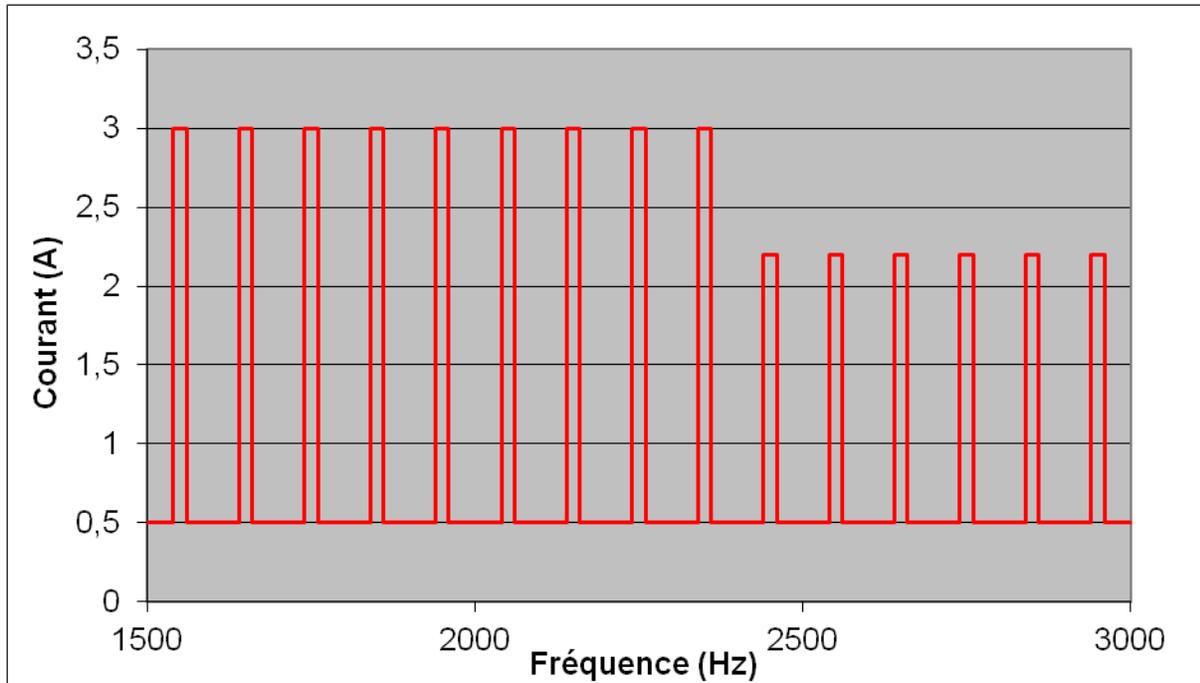


Figure 4 - Représentation graphique des limites audiofréquences sur lignes AC 25 kV (hors LGV L1)

Note : L'application de la spécification technique européenne TS 50 238-2 [23] n'est pas suffisante pour garantir la compatibilité avec les systèmes installés.

4.2.2.3 Recommandation

Pour les engins de traction utilisant un système de conversion d'énergie basé sur de la MLI, il est recommandé de calculer des angles de modulation pour obtenir la suppression des composantes harmoniques aux fréquences suivantes : (1600±50) Hz, (1900±50) Hz, (2200±50) Hz, (2500±50) Hz.

4.2.2.4 Méthodologie de mesure

Le respect des prescriptions sera vérifié par mesure en ligne à l'aide d'un analyseur en transformée de Fourier.

Le §7 de la spécification TS 50238-2 [23] décrit la méthode de mesure et les conditions d'essai à appliquer.

Il sera configuré comme suit :

- Fenêtre de Hann
- Temps d'acquisition de 1 s, soit une résolution de l'ordre du Hz
- Pour obtenir une précision acceptable sur les signaux transitoires, il est recommandé d'utiliser une fréquence d'échantillonnage au moins 5 fois supérieure à la fréquence maximale à mesurer.

4.2.3 Courants perturbateurs de 70,5 Hz à 16800 Hz

4.2.3.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

L'évaluation théorique des émissions conduites doit être confirmée par une mesure en ligne.

4.2.3.2 Exigence

[R.5.2]

I_f est défini comme étant le courant perturbateur à la fréquence f .

Bande de fréquence	Limite de courant perturbateur [valeur rms]	Méthode d'évaluation	Paramètres d'évaluation
70.5 – 79.5 Hz	1,9 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Bande de fréquences centrales : 73 - 77Hz Bande passante à 3dB : 5 Hz Butterworth, ordre 2*4 ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 0.5 s Temps de recouvrement : min 75 %
205.5 - 245.4 Hz	4 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 208.75, 225.45, 242.15 Hz Bande passante à 3dB : 6,5Hz Butterworth, 6^{ième} ordre (2 x 3^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 0,5s Temps de recouvrement : 50%
270.5 – 279.5 Hz	1,9A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Bande de fréquences centrales : 273 - 277 Hz Bande passante à 3dB : 5 Hz Butterworth, ordre 2*4 ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 0,5s Temps de recouvrement : min 75%
1500 - 3200 Hz	0,3A (except in bands here below) 4A in bands (30+n)x50±5Hz (n=1,3,5, ...,33)	FFT	Temps de fenêtrage 1s, fenêtrage de Hanning, recouvrement 50%
1900 - 2700 Hz	2,2 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 2100, 2500 Hz Bande passante à 3dB : 400Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10^{ième} ordre (2 x 5^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%

Bande de fréquence	Limite de courant perturbateur [valeur rms]	Méthode d'évaluation	Paramètres d'évaluation
2700 - 5100 Hz	1,5 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 2900, 3300, 3700, 4100, 4500, 4900 Hz Bande passante à 3dB : 400Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10th order (2 x 5th order) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%
3450 - 7550 Hz	1,5 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 3750, 4250, 4750, 5250, 5750, 6250, 6750, 7250 Hz Bande passante à 3dB : 600Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10^{ième} ordre (2 x 5^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%
4650 - 6360 Hz	1 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 4750, 5250, 5750, 6250 Hz Bandes passantes à 3dB : 200, 206, 214, 220 Hz Butterworth, 6^{ième} ordre (2 x 3^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 40ms Temps de recouvrement : 50%
9450 - 9550 Hz	0,3 A	FFT	Temps de fenêtrage 1s, fenêtre de Hanning, recouvrement 50%
9200 - 16800 Hz	0,5 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 9500, 10500, 11500, 12500, 13500, 14500, 15500, 16500 Hz Bande passante à 3dB : 600Hz Tchebyshev, Ripple en bande passante 0.01dB, 10^{ième} ordre (2 x 5^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 1s Temps de recouvrement : 50%

Bande de fréquence	Limite de courant perturbateur [valeur rms]	Méthode d'évaluation	Paramètres d'évaluation
9320 - 16755 Hz	0,33 A	Filtres passe-bande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caractéristiques du filtre passe-bande : Fréquences centrales : 9500, 10500, 11500, 12500, 13500, 14500, 15500, 16500 Hz Bandes passantes à 3dB : 360, 380, 400, 425, 445, 470, 490, 510 Hz Butterworth, 6^{ième} ordre (2 x 3^{ième} ordre) ▪ Calcul RMS : Temps d'intégration : 40ms Temps de recouvrement : 50%

4.2.3.3 Méthodologie de mesure

Le §7 de la spécification TS 50238-2 [23] décrit la méthode de mesure et les conditions d'essai à appliquer.

4.2.4 Valeurs psophométrées maximales du courant : I_{pso}

4.2.4.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

L'évaluation théorique des émissions conduites doit être confirmée par une mesure en ligne.

4.2.4.2 Exigence

[R.6]

Le tableau ci-après prescrit la valeur psophométrée maximale que peut atteindre le courant total injecté dans les rails par un train. Le filtre psophométrique utilisé lors des essais sera conforme à la spécification UIT-T O.41 [17].

$RP = P_{cat} / P_{nom}$	Ensemble du train, ses engins de traction et le matériel remorqué [A]	
	Lignes conventionnelles	Lignes à grande vitesse
$RP \leq 40\%$	6	17
$40\% < RP \leq 70\%$	9	26
$RP > 70\%$	12	34

Où :

- P_{cat} représente la puissance totale captée à la caténaire par l'ensemble du train lors du mesurage.
- P_{nom} représente la puissance électrique nominale totale de l'ensemble du train (puissance nominale des engins de traction y compris les services auxiliaires).
- RP représente le ratio des puissances.

Dépassements tolérés :

Des dépassements peuvent être engendrés par l'inhibition d'une ou plusieurs chaînes de traction.

Les dépassements transitoires d'une durée inférieure à 10 s sont tolérés pour autant que :

- Leur origine soit clairement définie et due à une perte d'adhérence, au décollement d'un pantographe du train ou à l'inhibition d'une ou plusieurs chaînes de traction ;
- L'intensité reste inférieure à 125% de la valeur prescrite dans le tableau précédent, pour chaque ratio des puissances.

4.2.4.3 Méthodologie de mesure

Les conditions de fonctionnement du matériel roulant seront similaires à celles pratiquées pour les essais liés aux exigences [R.4.1] et [R.5.1].

La mesure du courant psophométrique doit être réalisée conformément au §A.4 de la norme EN 50121-3-1 [19].

Les règles d'addition décrites au §A.5 de la norme EN 50121-3-1 [19] sont d'application.

4.3 Règles d'addition

4.3.1 Domaine d'application

Ces règles d'addition sont à utiliser pour déterminer les courants maximum théoriquement émis par le matériel roulant composé d'unités de tractions multiples à partir des résultats obtenues lors des essais en unité simple.

Note : Pour l'addition de signaux de fréquences différentes, les règles usuelles pour la détermination de la valeur efficace d'un signal sont d'application.

4.3.2 Règles

Pour les fréquences nominales inférieures à 1 kHz¹⁰, qu'il y ait ou non possibilité de synchronisation entre les sources, les niveaux des signaux perturbateurs s'additionnent d'une manière arithmétique.

Pour les fréquences nominales supérieures à 1 kHz, les règles décrites au §8.1.1 de la spécification TS 50238-2 [23] sont d'application.

Pour la mesure des courants psophométriques mesurées dans le cadre de l'exigence [R.6], les règles d'addition du §A.5 de la norme EN 50121-3-1 [19] sont d'application.

5 Limites des émissions rayonnées (tout type d'alimentation)

5.1 Limitation des émissions rayonnées au niveau du rail

5.1.1.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure en ligne.

5.1.1.2 Exigences

[R.7.1] Le FM tel que défini par la STI [14] et son document interface [18] est d'application.

[R.7.2] En complément de l'exigence [R.7.1], les niveaux limites de bande étroite spécifiés dans le tableau A.1 de la TS 50238-3 [24] pour les équipements suivants doivent être respectés :

- ZP 43 E
- ZP D 43
- D 50
- RSR 123
- RSR 180

[R.7.3] Les niveaux limites complémentaires suivants doivent être respectés : *A l'étude*.

5.1.1.3 Méthode de mesure

Pour les exigences [R.7.1], [R.7.2], [R.7.3], la méthode de mesure et les conditions d'essai définies au chapitre 5 de la spécification TS 50238-3 [24] sont d'application.

¹⁰ L'addition de plusieurs signaux proches en fréquence peut faire varier le niveau perçu par l'équipement susceptible. Cette règle d'addition s'applique pour prendre en considération des périodes élevées de variation du signal perturbateur par rapport au temps de réaction de l'équipement susceptible.

5.2 Limitation des forces électromotrices induites dans les rails par les freins électromagnétiques

5.2.1.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier sur base documentaire. Le constructeur doit fournir les instructions de montage des patins électromagnétiques qui démontrent le respect de l'exigence.

5.2.1.2 Exigence

[R.8] En complément des exigences de la fiche [34], les deux patins de frein électromagnétique d'un bogie doivent être polarisés d'une manière asymétrique : le pôle NORD à l'extérieur de la voie pour l'un, le SUD pour l'autre.

6 Essais d'intégration du matériel roulant en circulation sur les équipements de détection de voie libre

6.1 Contrôle du bon fonctionnement du CVTH

6.1.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure en ligne.

6.1.2 Exigence

[R.10]

Une mesure des courants d'excitation du relais du récepteur du CVTH doit être réalisée. Les intensités des courants d'excitation du relais doivent être conformes aux critères d'acceptation du document annexe [37].

6.1.3 Méthode de mesure

Les essais doivent être réalisés conformément au document annexe [37].

6.2 Détecteurs d'essieux et contacts de rail électromagnétiques

6.2.1 Méthode d'évaluation du respect de l'exigence

A vérifier par mesure en ligne.

6.2.2 Exigence

[R.12]

La compatibilité du matériel roulant avec les détecteurs de roue et contacts de rail électromagnétiques devra être confirmée par des essais d'intégration en ligne. La liste des équipements concernés figure dans le document annexe [39].

6.2.3 Méthode de mesure

Les essais doivent être réalisés conformément au document annexe [38].

7 Appendices

7.1 Appendice 1: Tableau de correspondances des limites appliquées et des équipements de signalisation sensibles

Référence de l'exigence	Intitulé de l'exigence	CV 50Hz	CVTH à discrimination	CV JADE	CV UM71 CTVM 430	Détecteur de roues	Contact de rail EM	Lignes de télécommunication	CV monorail	CV birail	Lignes non-électrifiées	Sous 3kV DC	Sous 15 kV 16,7 Hz	Sous 25kV 50Hz
[R.0]	Fondamentale	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
[R.1.1]	limitation courant f de 35 à 60 Hz	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.1.2]	Limitation courant f > 35 Hz	O	N	N	N	N	N	O	O	O	N	O	N	N
[R.2.0]	Impédance à 50 Hz	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.2.1]	Courant à 50 Hz (hors MLI+)	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.2.2]	Courant à 50 Hz (MLI+)	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.2.2.1]	Détecteur 50 Hz, courant	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.2.2.2]	Détecteur 50 Hz, temps de réaction	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.2.2.3]	Détecteur 50 Hz, intégration des salves	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N
[R.3]	Courant transitoire BF	O	O	N	N	N	N	N	O	N	N	O	N	N
[R.4.0]	Impédance AF	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	O	N	N
[R.4.1]	Courants AF (ligne DC)	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	O	N	N
[R.4.2]	Courants AF (ligne DC)	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	O	N	N
[R.5.0]	Courants AF (LGV L1)	N	N	N	O	N	N	N	N	O	N	N	N	O
[R.5.1]	Courants AF (ligne AC)	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	N	N	O
[R.5.2]	Courants AF (ligne AC)	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	N	N	O
[R6]	Courants psophométrique	N	N	N	N	N	N	O	N	O	N	N	N	O
[R.7.1]	Emission rayonnées au rail - FM	N	N	N	N	O	N	N	N	N	O	O	O	O
[R.7.2]	Emission rayonnées au rail - TS 50238-3	N	N	N	N	O	N	N	N	N	O	O	O	O
[R.7.3]	Emission rayonnées au rail - Belgique	N	N	N	N	O	O	N	N	N	O	O	O	O
[R.8]	Freins électromagnétiques	N	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O
[R.9]	<i>supprimée</i>													
[R.10]	intégration CVTH	N	O	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	N
[R.11]	<i>supprimée</i>													
[R.12]	intégration détecteurs et pédales EM	N	N	N	N	O	O	N	N	N	O	O	O	O

7.2 Appendice 2: Exemple de spécification technique du système de détection 50 Hz embarqué dans les engins de traction

7.2.1 Exigences réglementaires

Le système de détection 50 Hz devra respecter les exigences normatives applicables aux équipements intégrés dans les matériels roulants, dont notamment les exigences réglementaires nationales, européennes et internationales en matière de compatibilité électromagnétique, de sécurité électrique, environnementale, d'interopérabilité et tout autre règlement applicable.

7.2.2 Principe technique

Le système de détection devra être composé :

- d'une fonction de captage de courant. Le capteur ne devra pas être saturable par le courant de traction.
- d'une fonction de traitement. L'unité de traitement vérifiera les paramètres du courant à 50 Hz, tel que défini par les exigences du §4.1.4. L'unité de traitement agira sur le disjoncteur principal en cas de dépassement des limites. En cas d'utilisation, dans l'unité de traitement, de filtre oscillant à 50 Hz, des dispositions doivent être prises pour ne pas déclencher intempestivement le disjoncteur principal, notamment en cas de coupures brèves répétitives du courant de traction.
- D'une fonction interface homme / machine

Le système devra agir sur le disjoncteur principal du matériel roulant.

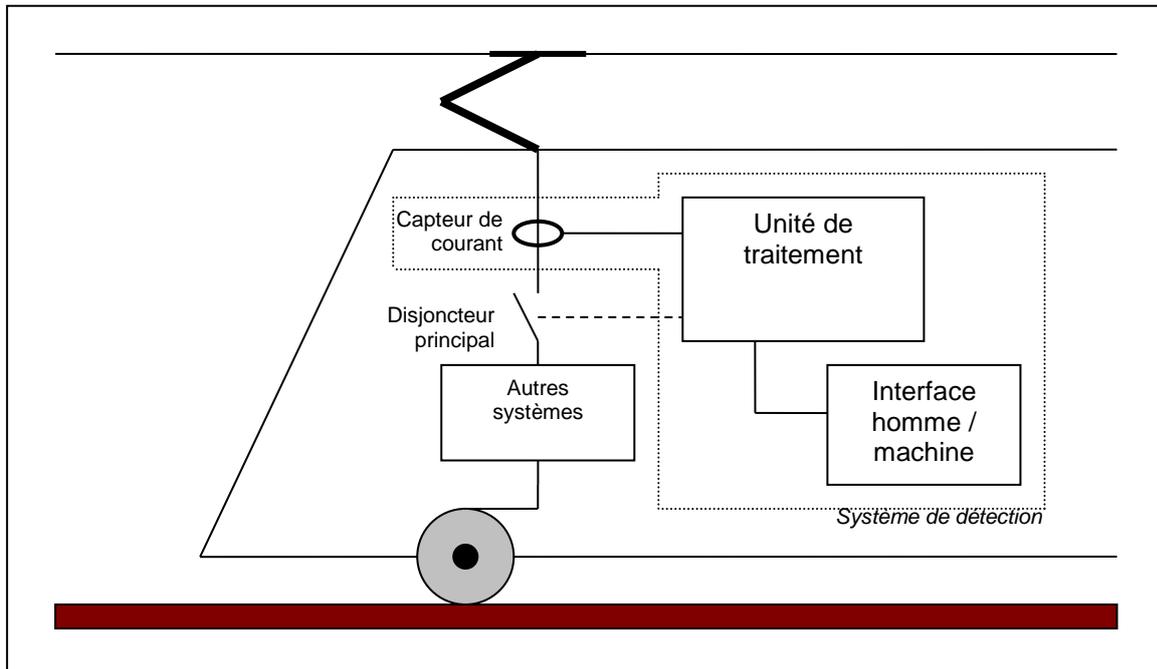


Figure 5 - Exemple de schéma bloc d'un système de détection 50 Hz

7.2.3 Niveau de sécurité de la détection 50 Hz

A tout moment, le système de détection 50 Hz doit être capable d'interrompre le courant de traction, par action sur le disjoncteur principal, avant que le courant 50 Hz dépasse les exigences établies au chapitre 4.1.4. Le dépassement de ces exigences est considéré comme une situation dangereuse.

A cet effet, le système doit être certifié pour un niveau de sécurité AD conformément à la norme EN 50 129 [20]. Un chargé d'évaluation indépendant est requis.

Le constructeur devra communiquer l'ensemble des dispositions nécessaires pour le maintien du niveau de sécurité. Par exemple, pour maintenir ce niveau de sécurité:

- le dispositif de détection 50 Hz pourrait être systématiquement et automatiquement activé et autotesté à la mise en service par le conducteur.
- le protocole de cet autotest pourrait comprendre une vérification du niveau de déclenchement au seuil préalablement défini (voir §4.1.4.2), et du retard à l'excitation (voir §4.1.4.3).

La désactivation du système de détection 50 Hz est considérée comme dangereuse. Sauf dérogation exceptionnelle, cela n'est pas autorisé sur le réseau 3 kV DC d'Infrabel. En cas de présence d'une fonction de désactivation, il doit être démontré que toutes les procédures sont prévues par le constructeur et l'exploitant du matériel roulant pour interdire la désactivation du détecteur 50 Hz embarqué lors des parcours sur le réseau 3 kV DC d'Infrabel.

7.2.4 Interface Homme/Machine

Une alarme visuelle et auditive devrait prévenir le conducteur en cas de :

- Défaillance du système de détection 50 Hz
- D'une détection 50 Hz ayant provoqué l'ouverture du disjoncteur principal

7.2.5 Règles à appliquer par l'opérateur

A chaque détection de courant 50 Hz, le conducteur doit aviser le répartiteur de la zone où ce phénomène s'est produit sans mettre de retard au convoi, en précisant « train n°..., engin moteur n°..., détection de courant 50 Hz à la BK... sur la voie ... entre les gares de ... et de ... ». De plus, il doit signaler cette détection au livre de bord de l'engin en indiquant les mêmes informations ainsi que la date et l'heure.

Régulièrement, l'exploitant du matériel roulant doit communiquer les données relevées par leurs répartiteurs au service Infrabel de coordination technique et gestion qualité.

7.2.6 Maintenance des équipements

Maintenance préventive : Les procédures de maintenance doivent intégrer une procédure de test pour un contrôle régulier en atelier du système de détection. La période de contrôle recommandée doit être indiquée par le constructeur.

7.2.7 Fiabilité du système de détection

Le MTBF doit être meilleur que 100.000 heures.

Le constructeur veillera dans son développement à limiter les disjonctions intempestives dues, par exemple, à des oscillations internes au système de détection lors de coupure rapide du courant de traction.

Fin du document