

Détection de voie libre & enregistrement de passage

Matériel roulant - - CV

aptitude au shuntage

ANALYSE DU CONTEXTE (JUSTIFICATION DE LA PROCEDURE D'EVALUATION)

Gestion du document

	Nom
Géré	De Coninck Jean-Pierre
Vérifié	Août Sébastien
Approuvé	Hans Menschaert - Manager Signalling

Metadata

SI Function group	SI object group	Doc type	Activity
RP.TVP	Infra--Rosto	Analyse	Contexte

Ce document est la propriété du Service Signalisation d'INFRABEL et l'information contenue est confidentielle. Ce document ne peut, en aucune manière, être reproduit ou distribué à des tiers, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur d'INFRABEL, sans l'autorisation écrite du propriétaire.

Historique

Rédacteur	Version	Date	Motivation
F. SUN, S. AOUT, JP DE CONINCK	1.0	2014-11-17	Création du document

Documents abrogés

Nom	titre	Version	Date
/			

Annonce de la publication de ce document

<input checked="" type="checkbox"/>	e-mail	jeanpierre.deconinck@infrabel.be ; frederic.sun@infrabel.be ; sebastien.aout@infrabel.be
-------------------------------------	--------	--

Table des matières

1 Introduction.....	4
1.1 But de ce document.....	4
1.2 Documents de base.....	4
1.3 Documents de référence.....	4
1.4 Annexes.....	5
1.5 Domaine d'application.....	5
1.6 Définitions, symboles et abréviations	5
1.7 Imperfections connues	5
2 Description de la problématique	5
3 Paramètres d'influence de l'aptitude au shuntage.....	6
4 Méthodes de tests pour la vérification de l'aptitude au shuntage.....	7
5 Appendices.....	8
5.1 Appendice 1 : exemple de points calculés en fonction du matériel roulant existant.	8
5.2 Appendice 2 : Justification du critère de la valeur de tension en sortie U_{INRX}	9
5.2.1 Limite en amplitude	9
5.2.2 Limite en durée	9
5.3 Appendice 3 : Justification de la prise en compte de l'amplitude la plus élevée en tant qu'amplitude de référence.....	10
5.3.1 Principe du joint électrique	10
5.3.2 Codage et réponse fréquentielle du bloc d'accord	10
5.3.3 Codage et application du critère d'acceptation	11
5.3.4 Conclusion	11

1 Introduction

1.1 But de ce document

Ce document donne l'analyse du contexte dans laquelle la procédure d'évaluation [13] a été rédigée.

Cette analyse permet de justifier les éléments du document [13] suivants :

- la procédure d'acceptation en matière d'aptitude au shuntage d'un matériel roulant ferroviaire,
- la table d'évaluation des facteurs d'influence (paramètres retenus, pondération de ceux-ci...),
- le critère d'acceptation lié à la table d'évaluation,
- la nécessité de décrire deux spécifications d'essais distinctes :
 - pour la validation de freins à semelles frittées [10] et
 - pour la validation de circulation sur rail rouillé [11] soit d'une locomotive circulant de manière isolée dont le nombre de point obtenu avec la table d'évaluation du document [13] est insuffisant, soit d'un matériel roulant utilisant des semelles frittées n'ayant pas répondu aux critères de la spécification [10].

1.2 Documents de base

[1]	Staatscourant	numéro 4984 du 15/03/2012	Pays-Bas
[2]	SAM S 004	Spécification d'Admission du Matériel : Aptitude au shuntage des matériels roulants et des semelles	SNCF
[3]	UIC 737-2	Mesure à prendre pour améliorer la sensibilité au shuntage des circuits de voie	UIC

1.3 Documents de référence

[4]	Fiche UIC 512	Matériel roulant : conditions à respecter en relation avec le fonctionnement des circuits de voie et des pédales (1)	UIC
[5]	Fiche UIC 541-4	Frein – Freins avec semelles de frein en matériau composite – Evaluation de conformité – Conditions générales	UIC
[6]	Appendix to UIC Leaflet 541-4	Brakes – Brakes with composite brake blocks – General condition of composite brake blocks	UIC
[7]	EN 13471:2006 + A1:2010	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Roues – Profil de roulement	CENELEC
[8]	ERA/ERTMS/03328 1	ERTMS/ETCS unit – Interfaces between control-command and signalling trackside and other subsystems	ERA
[9]	Notice 5, Fascicule 5	Circuits de voie à joints électriques JADE	INFRABEL
[10]	SI (TVP,TraCi--RoSto, z) shunting of composite brakes TST S	Détection de voie libre – Matériel roulant -- circuit de voie - Aptitude au shuntage du matériel roulant utilisant des semelles de frein à matériau composite fritté non certifiées moteur isolé – Spécification de test	INFRABEL
[11]	SI (TVP,TraCi--RoSto,z) shunting on rusted rails TST	Détection de voie libre – Matériel roulant -- circuit de voie - Aptitude au shuntage de certains engins sur rails rouillés – Spécification de test	INFRABEL
[12]	2012/88/EU	Décision de la commission du 25 janvier 2012 relative à la spécification technique d'interopérabilité concernant les sous-systèmes « contrôle-commande et signalisation » du système ferroviaire transeuropéen	Commission européenne

1.4 Annexes

- [13] SI (TVP,TraCi-- Détection de voie libre & enregistrement de passage – INFRABEL
 RoSto,z) shunting Matériel roulant -- CV – Aptitude au shuntage –
 capacity ASS PRO Procédure d'évaluation

1.5 Domaine d'application

Ce document justifie l'application des documents [10], [11], [13]

1.6 Définitions, symboles et abréviations

CCS : Contrôle Commande et signalisation

CV : Circuit de Voie

VOM : Vide en Ordre de Marche

Shuntage : court-circuitage

1.7 Imperfections connues

Néant

2 Description de la problématique

Le circuit de voie assure la détection de voie libre. Le principe de fonctionnement peut se résumer en un émetteur de signal connecté à une extrémité d'une section ferroviaire, et un récepteur de signal connecté à l'extrémité opposée de cette même section. La non-réception du signal par le récepteur indique une voie non-libre. Plus particulièrement pour le sujet de ce document, la détection d'un convoi est assurée par le court-circuitage du signal de l'émetteur par les essieux du matériel roulant.

Ainsi, comme décrit plus en détail à la section 3, la qualité du shuntage dépend d'un certain nombre de paramètres. De manière générale, pour s'assurer que le niveau de l'émetteur perçu par le récepteur soit suffisamment bas, le court-circuitage vu du récepteur doit être d'impédance suffisamment basse à la fréquence du signal. La résistance par essieu, la surface de contact rail-roue, le nombre d'essieux en contact, l'épaisseur de la couche isolante (rouille, feuillages, résidu de freinage composite, sable...) dans le contact rail / roue, l'amorce de circulation de courant le taux de fréquentation de la ligne sont les caractéristiques déterminantes sur la qualité du contact électrique rail-roue.

D'un point de vue réglementaire, les spécifications techniques d'interopérabilité, et plus particulièrement le document d'interface entre la CCS coté voie et les autres systèmes [8] évoque ce point. Mais celui-ci reste en point ouvert. Il n'existe donc pas de règle harmonisée sur ce point. Seul le processus d'acceptation de la norme EN 50238 est pertinent, mais sans aucune limite définie. Les Pays-Bas et la France ont des exigences nationales [1] [2] qui sont de conception sensiblement différente (analyse de dossier dans le premier cas, tests quasi-systématiques sur un site 'pire cas' dans le second). La procédure d'évaluation [13] et les procédures de test [10] et [11] sont basés sur ces exigences nationales, mais adaptées aux cas présents en Belgique.

Contrairement à certaines lignes ferroviaires françaises, l'ensemble des lignes belges ont une fréquentation relativement élevée. Aussi, l'essentiel des lignes ferroviaires Infrabel ne sont pas installées dans des zones de brouillard salins fréquents. Ainsi, l'établissement de rouille à la surface du rail reste assez limité. Dans la quasi-unanimité des cas, les paramètres d'influence sont globalement suffisamment corrects pour ne pas considérer la problématique d'aptitude au shuntage. Toutefois, récemment, 2 cas spécifiques ont attirés l'attention sur de potentiels problèmes.

Le 1^{er} cas concerne l'autorisation de circulation de manière isolée d'une locomotive sur une ligne à grande vitesse. Jusqu'à présent, la règle qui prédominait était l'application stricte du contrôle de la masse VOM de cette locomotive est supérieure à 90 tonnes, ou entre 40 et 90 tonnes avec l'obligation d'utiliser un système d'assistance au shuntage (voir section 7.2.9.2 de la spécification [12]). La demande d'autorisation de circulation concernait une locomotive de masse légèrement inférieure à 88 tonnes. Le fait est que sur les rails de lignes

Propriété INFRABEL. Information confidentielle, ne peut être distribuée sans l'autorisation du Service Signalisation

LGV, du fait des profils de roues des TGV et du nombre limité de différents modèles de train, la surface non rouillée du rail est assez réduite. Aussi, une locomotive circulant de manière isolée possède un nombre très limité d'essieu. Cette locomotive isolée aura un comportement dynamique assez différent d'un train complet ; les zones de contact de la roue sur le rail peuvent être en dehors de la zone dérouillée du rail. De fait, la probabilité d'un mauvais court-circuitage est suffisamment accrue pour nécessiter une étude particulière.

Le 2nd cas concerne l'autorisation de circulation de matériel roulant équipé de freins en matériau composite fritté. En fonction du type de matériau utilisé et de la zone d'application du frein, l'actionnement de ce type de frein peut potentiellement créer une couche isolante tout autour de la roue ; cette couche isolante dégrade le contact électrique rail roue. Les semelles certifiés d'après la fiche UIC [5] et son annexe M [6] ont déjà été testées pour la problématique d'aptitude au shuntage. Il s'avère que des semelles non-certifiés d'après la fiche UIC existent et peuvent être un composant d'un matériel roulant en homologation.

Ce sont ces deux différents cas qui figurent dans la procédure d'acceptation [13].

3 Paramètres d'influence de l'aptitude au shuntage

La table de calcul stipulée dans la spécification [13] permet d'établir, en fonction des caractéristiques du matériel roulant, de quantifier l'influence des différents paramètres. Cette table a été inspirée par celle réalisée par les autorités néerlandaises [1]. Celle-ci a toutefois été adaptée à notre application, de manière empirique. Elle pourra évoluer et être affinée ultérieurement en fonction des retours d'expériences futures.

Les divers paramètres d'influences, coefficient de pondération et facteur s'expliquent comme suit :

- La résistance de l'essieu est bien évidemment un paramètre crucial de l'aptitude au shuntage global du matériel roulant concerné. La résistance par essieu doit être conforme avec la fiche UIC [4] (méthode de mesure et valeur d'impédance maximale). La pondération tient compte de l'importance de la résistance de l'essieu. En fonction de la réponse, on obtient 10 ou 100 points. Il est donc impossible d'atteindre les 173 points nécessaires sans la conformité à la fiche UIC [4].
- Le profil de la roue est considéré important car l'étendue de la surface de contact est un élément essentiel de l'aptitude au shuntage. Il s'avère que la surface de contact des profils de roues S1002 (telle que définis par la norme EN 13715 [7]) est plus grande que sur les autres profils de roues. La probabilité d'un contact dégradé par le contact de la roue sur une zone du rail très rouillée est ainsi fortement diminuée. La pondération tient compte de l'importance du profil de la roue. En fonction de la réponse, on obtient 5 ou 50 points. Il est donc impossible d'atteindre les 173 points nécessaires avec des profils de roues différents du S1002.
- Le type de frein influence significativement l'aptitude au shuntage. Un frein ferreux appliqué sur la bande de roulement de la roue permet un nettoyage de celle-ci, améliorant du même coup la qualité du contact rail-roue. Un frein appliqué sur un disque est neutre vis-à-vis de l'aptitude au shuntage. Par contre un frein non-ferreux peut lors du freinage déposer une fine couche de particules isolantes entre le rail et la roue, et donc dégrader fortement la qualité du contact rail-roue. La pondération tient compte de l'influence du type de frein. En fonction de la réponse, on obtient 3, 12 ou 18 points. Il est possible d'atteindre les 173 points nécessaires dans tous les cas ; mais la présence d'un shunt assistor semble essentiel en cas de freins non ferreux appliqués sur la bande de roulement.
- La valeur de masse par essieux (VOM) joue un rôle pour casser la rouille sur la surface du rail. Par rapport à la table néerlandaise [1], les valeurs de masse par essieux ont été adaptées afin que les voitures pilotes et automotrice soient a priori « limites » (c'est-à-dire avec un score de 173) et pas d'office soumise à des tests d'aptitude au shuntage. En fonction de la réponse, on obtient 2, 4, 6, 8 ou 10 points. Il est possible d'atteindre les 173 points nécessaires dans tous les cas ; mais une faible masse par essieux nécessitera de compenser avec d'autres paramètres d'influence.
- Le shunt assistor, ou système d'aide à l'aptitude au shuntage, consiste en la génération par une boucle localisée sous la caisse, d'un courant HF (de l'ordre de 100 kHz) induit dans la boucle formée par les rails et les essieux. Ce courant HF permet l'amorçage du courant de shuntage au travers de mauvais contact rail-roue. La présence de ce système améliore le shuntage. Toutefois, l'utilisation de cet appareil implique un test d'acceptation dédié au shunt assistor (non écrit à ce jour) ainsi qu'une procédure d'utilisation. Le score obtenu peut être de 5 ou 15. Il est donc tout à fait possible d'obtenir les points

suffisants avec ou sans ce système ; mais l'absence de ce système nécessitera de compenser avec d'autres paramètres d'influence.

- Les systèmes anti-enrayage et anti-patinage équipant certains engins modernes s'assurent qu'un essieu ne patine pas sur le rail aussi bien en phase d'accélération que de décélération (en comparant les vitesses de rotation de chacun des essieux). Ces systèmes sont parfois également utilisés pour dérouiller la bande de roulement des roues ; en effet, lorsque la locomotive n'a pas roulé depuis un certain temps, celle-ci fait patiner volontairement au premier démarrage. Ça implique un test d'acceptation pour le « système pour dérouiller la bande de roulement des roues » ainsi pour la procédure d'utilisation du « système pour dérouiller la bande de roulement des roues ». L'influence a été jugée faible et n'apporte qu'un seul point.

Certains autres paramètres d'influence considérés dans la spécification néerlandaise [1] ont été exclus de la table de la spécification [13] :

- Le type de traction (électrique / diesel) a été exclu. S'il est vrai que la circulation des courants de retour de traction du matériel électrique améliorent le shuntage, à partir du moment où l'effort de traction est nul, le courant de retour de la locomotive est inexistant. Par exemple, un cas de CV à l'état libre a été relevé en France malgré la présence d'un matériel roulant en circulation sur l'erre, pantographe baissé. C'est pourquoi ce paramètre est exclu de notre table de décision.
- Le nombre total d'essieux a été considéré dans la spécification néerlandaise [1]. On peut établir en effet que plus il y a d'essieux et plus le shuntage global est de meilleure qualité. Néanmoins, cette approche élude le cas le plus défavorable du convoi qui s'arrête avec seulement son premier ou dernier essieu dans la zone de détection du CV adjacent. Aussi, le contexte dans lequel est utilisée la spécification [13] est justement en présence d'un faible nombre d'essieux. C'est pourquoi ce paramètre est exclu de notre table de décision.

4 Méthodes de tests pour la vérification de l'aptitude au shuntage

Compte tenu de la fréquence de fonctionnement et de la tension entre rail relativement réduite, l'essai d'aptitude au shuntage est préconisé avec un critère lié au circuit de voie JADE. Les autres circuits de voie (50 Hz ou à impulsion de tension élevée) sont considérés moins sensibles à cette problématique ; il est donc considéré que les essais réalisés avec des circuits de voie JADE couvrent les autres modèles de circuit de voie.

Deux méthodes d'essais séparées sont écrites :

- La spécification de test [10] a pour but de vérifier l'aptitude au shuntage d'un matériel roulant utilisant des semelles de freins en matériau composite fritté non certifié d'après le listing de la fiche UIC [6]. Les essais sont alors réalisés sur une ligne ferroviaire conventionnelle, dans des conditions de trafic normales. Deux critères sont contrôlés :
 - La tension au récepteur du CV JADE ne doit pas dépasser un certain seuil absolu (voir appendices §5.2 et 5.3) ;
 - La tension au récepteur du CV JADE ne doit pas dépasser un seuil relatif à la mesure réalisée pendant la même campagne d'essai sur un matériel roulant déjà homologué.
- La spécification de test [11] a pour but de vérifier l'aptitude au shuntage soit d'une locomotive en circulation isolée sur une ligne à grande vitesse n'ayant pas obtenu assez de points d'après la table de décision du document [13], soit d'un matériel roulant utilisant des semelles de freins en matériau composite fritté non certifié et dont l'écart relatif de l'essai [10] à un engin homologué est trop important. Afin d'obtenir une couche de rouille significative, la mesure est réalisée sur une portion de ligne non parcourue depuis plus de 72 h. Le critère contrôlé est la tension au récepteur du CV JADE ne doit pas dépasser un certain seuil absolu (voir appendices §5.2 et 5.3).

5 Appendices

5.1 Appendice 1 : exemple de points calculés en fonction du matériel roulant existant.

Les exemples suivants permettent de vérifier que les 173 points sont pertinents en regard des diverses configurations existantes.

Paramètre	Pondération	Facteur d'influence	Score	GE diesel: PH37ACai	GE diesel+ shunt ass	HLE18	nb de points min	nb de points max	essieux non-conforme mais tout le reste au max	roue non-conforme mais tout le reste au max
Résistivité essieux	10	Conforme	10	1	1	1	0	1	0	1
		non-conforme	1	0	0	0	1	0	1	0
Profil roue	5	Conforme	10	1	1	1	0	1	1	0
		non-conforme	1	0	0	0	1	0	0	1
Shunt assistor	5	Equipé	3	0	1	0	0	1	1	1
		non-équipé	1	1	0	1	1	0	0	0
Type de frein	3	Sur bandage & ferreux	6	0	0	0	0	1	1	1
		Sur bandage & non ferreux	1	1	1	0	1	0	0	0
		Sur disque & ferreux	4	0	0	1	0	0	0	0
		Sur disque & non ferreux	4	0	0	0	0	0	0	0
Masse	2	< 5 t	1	0	0	0	1	0	0	0
		5 ≤ à < 8 t	2	0	0	0	0	0	0	0
		8 ≤ à < 15 t	3	0	0	0	0	0	0	0
		15 ≤ à < 22,5 t	4	0	0	0	0	0	0	0
		≥ 22,5 t	5	1	1	1	0	1	1	1
Score total				168	178	177	25	193	103	148

Propriété INFRABEL. Information confidentielle, ne peut être distribuée sans l'autorisation du Service Signalisation

5.2 Appendice 2 : Justification du critère de la valeur de tension en sortie U_{INRX}

5.2.1 Limite en amplitude

Tel que décrit à la section 5.2.6 de la notice [9], la condition extrême de sécurité pour la tension U_{INRX} du récepteur de CV Jade est $U_{INRX} \leq 550$ mV.

Une marge de compatibilité de l'ordre de 10 % a été appliquée afin de prendre en compte les incertitudes de mesures et la généralisation de l'essai à d'autres configurations de CV.

5.2.2 Limite en durée

Comme décrit dans le document [9], la libération du circuit de voie peut être obtenu par les circuits numériques à partir de la bonne réception de l'ensemble d'au moins 15 bits sur une longueur d'un mot + 1 bit (soit 16 bits).

Afin de prendre en compte l'échantillonnage réel du récepteur, la limite est établie afin qu'au moins 3 bits de la longueur d'1 mot + 1 bit soit hors tolérance de réception. Soit, 16 bits de 40 ms (640 ms) moins 3 bits de 40 ms (120 ms) qui font une limite temporelle de dépassement de la limite en amplitude de 520 ms.

Afin de garantir que le dépassement suivant ne puisse pas être considéré par le récepteur du circuit de voie comme étant la suite des bits du précédent dépassement, un espacement entre 2 dépassements d'au moins 2 bits est requis, soit 80 ms.

5.3 Appendice 3 : Justification de la prise en compte de l'amplitude la plus élevée en tant qu'amplitude de référence.

5.3.1 Principe du joint électrique

Comme décrit dans la notice [9], le fonctionnement du circuit de voie Jade repose sur le principe de joints électriques. Le circuit de voie JADE utilise les rails comme un circuit de transmission adapté. Chaque section de CV utilise une fréquence différente de la section adjacente. Les impédances caractéristiques du rail sont utilisées pour établir une résonance à l'endroit des blocs d'accord permettant de court-circuiter le signal à l'entrée des circuits de voie adjacents, tout en filtrant le signal utile du circuit de voie considéré (voir Figure 1).

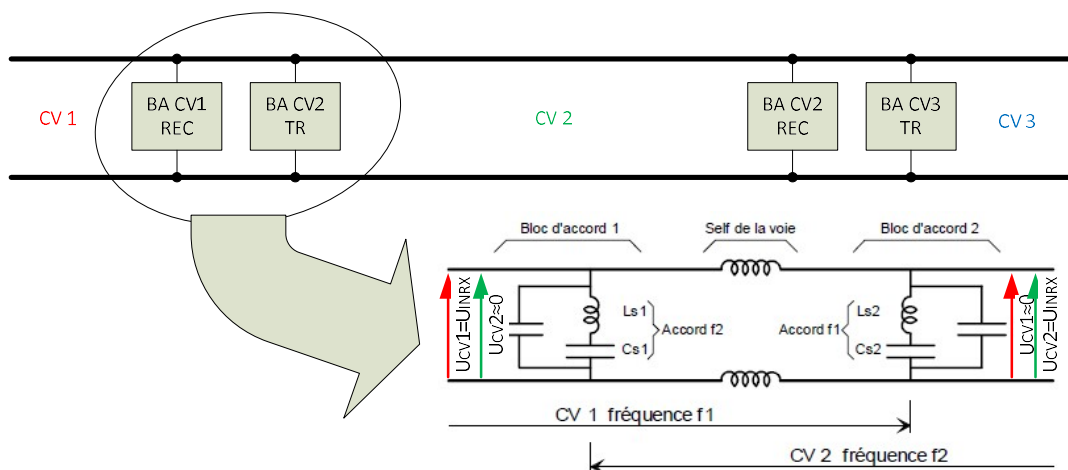


Figure 1 - Principe du joint électrique

5.3.2 Codage et réponse fréquentielle du bloc d'accord

Le CV JADE utilise un codage FSK, basé sur 2 fréquences espacées de ± 20 Hz par rapport à la fréquence centrale. Due à une symétrie imparfaite de la courbe de réponse du filtre du bloc d'accord, l'amplitude peut être différente en fonction de la fréquence (voir Figure 2). L'accord du filtre et sa symétrie par rapport à la fréquence centrale dépend des caractéristiques réelles ainsi que de la stabilité des composants (dont le rail). Ces caractéristiques sont sensiblement modifiées par les conditions climatiques notamment. Il est donc probable que lors d'une campagne d'essai, les amplitudes mesurées soient différentes d'une fréquence à l'autre.

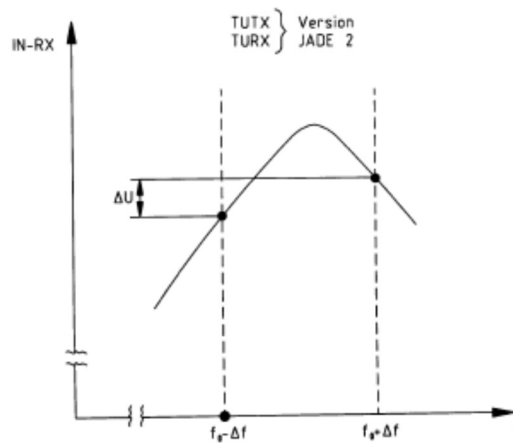


Figure 2 - modulation de l'amplitude liée à la fréquence apportée par les blocs d'accords

5.3.3 Codage et application du critère d'acceptation

Le codage du JADE repose sur trois séries de deux mots binaires de 15 bits (voir Annexe 3 de la notice [9]). Chaque bit est émis pendant 40 ms. Il est donc probable que, si l'on ne considère que l'amplitude, les espacements constatés entre les dépassements sur un CV utilisant un certain code, dont les dépassements ne concernent en réalité que l'une des 2 fréquences, pourrait, par application stricte du critère [9] être déclaré supérieurs à 80 ms. Or, avec un autre codage, les durées de dépassement qui seraient fonction de la modulation apportée par le bloc d'accord (voir 5.3.2) seraient alors modifiées. De même, avec un accord différent, l'amplitude basse pourrait être du même niveau que l'amplitude haute, voire supérieure.

5.3.4 Conclusion

Sur base des éléments apportés en 5.3.2 et 5.3.3, afin que les résultats des mesures réalisées sur un site d'essais particulier avec une configuration de CV particulière puissent être généralisés, l'amplitude la plus faible liée à l'une des fréquences de codage doit être compensée pour être égale à l'amplitude la plus élevée.