

Règles d'admission des matériels roulants sur le RFN en fonction de la sollicitation de la voie

Document de principe

Version 02 du 03-10-2013
Applicable à partir du 03-02-2014

RFF

(IG MR 0 A n°1)
RFN-IG-MR 00 A-00-n°001



Sommaire

Article 1. Préambule.....	1
1.1. Origine de la création du document	1
1.2. Objectifs du texte.....	1
1.3. Utilisateurs du texte.....	1
Article 2. Objet.....	2
Article 3. Domaine d'application.....	2
CHAPITRE 1 : TRANSPOSITION DES CATEGORIES DE CIRCULATION ET DES VEHICULES ACTUELS SELON LE CLASSEMENT STI	3
Article 101. Wagons.....	3
Article 102. Locomotives et motrices	4
102.1. Locomotives et motrices à quatre essieux.....	4
102.2. Locomotives et motrices à six essieux.....	5
102.3. Véhicules à voyageurs	6
102.4. Train : composition de plusieurs matériels roulants.....	6
CHAPITRE 2 : DESCRIPTION DES CONDITIONS D'ADMISSION DU MATERIEL ROULANT SUR LE RFN.....	7
Article 201. Compatibilité entre véhicule et infrastructure	7
Article 202. Circulation sur une voie où $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$	8
Article 203. Circulation sur une voie où $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$	9
203.1. Usage et évaluation de l'indicateur B_{qst}	9
203.1.1. Définition et justification	9
203.1.2. Recalage de Y_{qst}	9
a) Locomotives (BB ou CC).....	9
b) Autres types de véhicules	10
203.1.3. Recalage de Q_{qst}	10
203.1.4. Détermination de $(B_{qst})_{ref}$	11
203.2. B_{qst} – Valeurs de référence théoriques	11
203.2.1. Locomotives et motrices	11
203.2.2. Automotrices.....	12
203.3. Conditions de circulation	13
Article 204. Exemple d'application	16
ANNEXE A. WAGONS DE REFERENCE ET MODELE DE CHARGE REPRESENTANT LES CATEGORIES DE LIGNE	17
ANNEXE B. WAGONS AVEC DEUX BOGIES DE DEUX ESSIEUX.....	21
ANNEXE C. WAGONS AVEC DEUX BOGIES DE TROIS ESSIEUX.....	25
ANNEXE D. COMPATIBILITE DES CIRCULATIONS AVEC L'ARMEMENT DE VOIE	29
ANNEXE E. VALEURS DE $(B_{qst})_{THEO}$.....	39

Article 1. Préambule

1.1. Origine de la création du document

Jusqu'à présent, les conditions d'admission du matériel roulant sur le Réseau Ferré National (RFN) et les conditions de circulation associées du point de vue de la compatibilité avec l'armement de la voie étaient définies dans une procédure propre à la SNCF, qui était avant la création de RFF à la fois gestionnaire d'infrastructure et opérateur ferroviaire.

Cependant, compte tenu de l'évolution du système ferroviaire :

- ouverture du réseau à la concurrence,
- nouvelle classification du matériel roulant découlant de la NF EN 15528:2009,

il est devenu nécessaire que Réseau Ferré de France (RFF), indépendamment de l'opérateur historique SNCF, dispose d'un recueil des règles et conditions d'admission du matériel roulant sur le RFN (classification et conditions de circulation) accessible à tous les opérateurs ferroviaires.

1.2. Objectifs du texte

Ce document a été rédigé afin de clarifier les conditions d'admission du matériel roulant sur le RFN et les conditions de circulation associées du point de vue de la compatibilité avec l'armement de la voie. Pour ce faire, le présent document décrit :

- la nouvelle catégorisation du matériel roulant découlant de la NF EN 15528:2009,
- un nouvel indicateur B_{qst} permettant de mieux prendre en compte la sollicitation de la voie,
- les conditions de circulation du strict point de vue de l'armement de la voie en fonction de la classification du matériel roulant.

Ces règles permettront à tout opérateur ou promoteur ferroviaire désirant faire circuler sur le RFN un matériel roulant homologué, de connaître les règles de classification de ce dernier conformément à la NF EN 15528:2009, et les conditions de circulation eu égard à l'armement de la voie qui pourront lui être accordées.

1.3. Utilisateurs du texte

Ce référentiel, propriété de RFF, est accessible à tous les opérateurs ferroviaires, qu'ils soient historique (SNCF) ou nouvel entrant, désireux de connaître les règles et conditions d'admission du matériel roulant sur le RFN du point de vue de la compatibilité avec l'armement de la voie.

Article 2. Objet

Ce référentiel a pour objet de décrire la nouvelle classification du matériel roulant suivant la NF EN 15528:2009 en vigueur et de définir parallèlement un nouvel indicateur de sollicitation de la voie, afin d'en déduire d'un strict point de vue de l'armement de la voie les conditions de circulation applicables sur le RFN.

Les conditions de circulation du strict point de vue de l'armement de la voie indiquées dans le présent document ont vocation à servir de référence pour l'établissement des cahiers des charges des études de Procès Verbaux d'Accessibilité Régionale (PVAR).

Article 3. Domaine d'application

Le domaine d'application du présent document est borné aux :

- voies principales à écartement standard (1435 mm) sur l'ensemble des lignes classiques du RFN ouvertes au trafic commercial,
- véhicules homologués selon la NF EN 14363 (ou la fiche UIC 518) et répondant à la NF EN 15528:2009.

Chapitre 1 : Transposition des catégories de circulation et des véhicules actuels selon le classement STI

Conformément à la NF EN 15528:2009, la catégorisation s'effectue en fonction du type de véhicule ferroviaire :

- wagons de fret,
- locomotives et motrices,
- véhicules à voyageurs,
- véhicules ferroviaires spéciaux,

et selon :

- la catégorie de ligne,
- la limite de charge utile.

La méthodologie générale consiste à comparer la charge statique verticale du véhicule avec des modèles de charge prédéfinis et représentatifs des catégories de la classification (voir Annexe A du présent document et de la NF EN 15528:2009).

Article 101. Wagons

La compatibilité des wagons avec l'infrastructure est déterminée par leurs caractéristiques géométriques et leurs caractéristiques de charge, à savoir :

- la masse par essieu,
- l'espacement des essieux,
- la masse par unité de longueur.

On prendra en considération la masse de l'essieu le plus lourd dans le cas d'une masse non uniformément répartie. Par défaut et sans indication contraire, on considèrera une répartition uniforme de la masse entre les différents essieux.

Les valeurs autorisées pour les charges par essieu des wagons de 4 à 6 essieux en fonction des catégories de ligne visées sont indiquées dans la NF EN 15528:2009 (annexes H et I) et reprises dans ce document en Annexes B et C.

En conclusion, la classification des wagons vis-à-vis de la voie est établie suivant la limite de charge utile transportable par le véhicule en fonction de ses propres caractéristiques géométriques et de la catégorie de ligne visée.

- ⇒ Nous retiendrons comme classification pour les études de compatibilité la désignation des wagons par lignes accessibles (exemple : $\geq C3$ signifie « C, D ou E et 3, 4 ou 5 »).

Tableau 1 -

Classification du wagon suivant : - sa limite de charge utile - ses caractéristiques géométriques	Catégories de lignes accessibles
A	$\geq A$
B1	$\geq B1$
B2	$\geq B2$
C2	$\geq C2$
C3	$\geq C3$
C4	$\geq C4$
D2	$\geq D2$
D3	$\geq D3$
D4	$\geq D4$

A l'inverse, un wagon devant circuler sur une ligne donnée sera chargé au maximum suivant les masses par essieu et par unité de longueur qu'autorisent la ligne, en fonction des caractéristiques géométriques du wagon (conformément aux Annexes H et I de la NF EN 15528:2009, reprises en Annexes B et C du présent document).

Article 102. Locomotives et motrices

La catégorisation des locomotives et motrices, suivant la NF EN 15528:2009, est établie selon :

- les caractéristiques géométriques du véhicule,
- la masse par essieu (correspondant au cas de charge majorant tel que défini dans la NF EN 15663).

Les caractéristiques géométriques du véhicule à prendre en compte sont : la distance entre deux essieux (a), la distance du dernier essieu jusqu'à l'extrémité de tampon la plus proche (b), la distance entre les deux essieux intérieurs (c) et enfin la longueur hors-tout (L).

Sur le RFN, on distingue deux types de locomotives :

102.1. Locomotives et motrices à quatre essieux

Tableau 2 -

Classe de locomotive	Masse par essieu	Caractéristiques géométriques																				
L4_{xx.x}	$\leq 22,5$ t	<table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: none;">b</td> <td style="border: none;">a</td> <td style="border: none;">c</td> <td style="border: none;">a</td> <td style="border: none;">b</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">1,9</td> <td style="border: none;">↓</td> <td style="border: none;">2,4</td> <td style="border: none;">↓</td> <td style="border: none;">2,4</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">↓</td> <td style="border: none;">1,9</td> <td style="border: none;">↓</td> <td style="border: none;">2,4</td> <td style="border: none;">↓</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">1,9</td> <td style="border: none;">↓</td> <td style="border: none;">2,4</td> <td style="border: none;">↓</td> <td style="border: none;">1,9</td> </tr> </table>	b	a	c	a	b	1,9	↓	2,4	↓	2,4	↓	1,9	↓	2,4	↓	1,9	↓	2,4	↓	1,9
		b	a	c	a	b																
1,9	↓	2,4	↓	2,4																		
↓	1,9	↓	2,4	↓																		
1,9	↓	2,4	↓	1,9																		
$L \geq 14,50$																						

Sous réserve de respecter les caractéristiques géométriques de référence suivantes : $a \geq 2.4$ m, $b \geq 1.9$ m ou $c \geq 3.8$ m (lorsque $c < 2b$), et de ne pas dépasser une masse par essieu de 22,5 tonnes, les locomotives à quatre essieux peuvent être catégorisées sous la dénomination ci-dessous :

$$L4_{XX.X}$$

avec $XX.X$: la masse par essieu en tonnes arrondie à la demi tonne supérieure

Si la motrice ou la locomotive ne respecte pas les conditions ci-dessus, alors sa catégorisation s'effectuera suivant la procédure de calcul indiquée dans la NF EN 15528:2009.

Les règles de catégorisation des locomotives à quatre essieux sont rappelées dans l'Annexe J de la NF EN 15528:2009.

102.2. Locomotives et motrices à six essieux

Comme les locomotives et motrices à quatre essieux, celles à six essieux sont également classées suivant leurs caractéristiques géométriques et leur masse par essieu. Sous réserve de respecter pour les dimensions a, b, c et L les valeurs minimales indiquées dans l'Annexe K de la NF EN 15528:2009 et rappelées dans le tableau ci-dessous, les locomotives à six essieux peuvent être catégorisées sous les dénominations suivantes :

$$L6_{19}, L6_{20}, L6_{21} \text{ et } L6_{22}$$

Tableau 3 -

Classe de locomotive	Masse par essieu	Masse linéaire	Caractéristiques géométriques												
			b	a	a	c	a	a	b						
L6 ₁₉	19,0 t	6,2 t/m	2,1	↓	1,8	↓	1,8	↓		↓	1,8	↓	1,8	↓	2,1
			L = 18,4												
L6 ₂₀	20,0 t	6,4 t/m	2,1	↓	2,0	↓	2,0	↓		↓	2,0	↓	2,0	↓	2,1
			L = 18,75												
L6 ₂₁	21,0 t	6,4 t/m	2,1	↓	2,1	↓	2,1	↓		↓	2,1	↓	2,1	↓	2,1
			L = 19,7												
L6 ₂₂	22,0 t	6,4 t/m	2,5	↓	2,25	↓	2,0	↓		↓	2,0	↓	2,25	↓	2,5
			L = 20,7												

Si la motrice ou la locomotive ne respecte pas les conditions ci-dessus, alors sa catégorisation s'effectuera suivant la procédure de calcul indiquée dans la NF EN 15528:2009.

En conclusion, la classification des locomotives et motrices, de quatre comme de six essieux, vis-à-vis de la voie, est établie selon les catégories de ligne accessibles en fonction de la masse par essieu maximale du véhicule.

102.3. Véhicules à voyageurs

Les véhicules à voyageurs sont les rames automotrices, les voitures motorisées, les autorails et les voitures remorquées. Leur catégorisation s'effectue par comparaison de leur charge statique verticale par rapport à des modèles de charge prédéfinis et représentatifs des catégories de la classification (voir Annexes A du présent document et de la NF EN 15528:2009).

En conclusion, la classification des véhicules à voyageurs, vis-à-vis de la voie, est établie selon les catégories de ligne accessibles en fonction de la masse par essieu maximale du véhicule (masse du modèle de charge assimilable). La charge à prendre en compte pour cette classification est la charge normale de conception en général et la charge exceptionnelle dans le cas du matériel conçu pour un usage périurbain. Ces charges sont définies dans la NF EN 15663.

En résumé, les différents types de véhicules précités sont catégorisés suivant les critères donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 -

Types de véhicules :	Catégorisation suivant :
Wagon de fret ou autre véhicule avec des charges utiles pertinentes	Limite de charge utile
Locomotive ou motrice	Catégorie de ligne ou /et Classe de locomotive
Autre véhicule moteur ou porteur	Catégorie de ligne

102.4. Train : composition de plusieurs matériels roulants

En considérant un train ou un convoi composé de plusieurs matériels roulants, on retiendra pour l'accessibilité sur le RFN le véhicule ayant la catégorisation la plus contraignante, la vitesse maximale du train étant limitée à l'exigence de vitesse la plus restrictive.

Par exemple, en cas de traction d'un train constitué de wagons en charge C par une locomotive avec une masse à l'essieu de 22,5 tonnes, la vitesse maximale à respecter reste celle d'un train en charge D dans la mesure où la locomotive, assimilable à un wagon en charge D, constitue de fait le facteur limitant.

Chapitre 2 : Description des conditions d'admission du matériel roulant sur le RFN

Article 201. Compatibilité entre véhicule et infrastructure

Lorsque la catégorie d'un véhicule (tenant compte de sa charge utile s'il s'agit d'un wagon) est inférieure ou égale à la classe de la ligne, la compatibilité est démontrée. Les exigences liées à la vitesse font également partie de cette validation.

Les catégories de véhicules et de lignes sont classées par lettres A<B<C<D<E et par numéros 1<2<3<4<5. Par exemple, D3, D2, C4, C3, C2 sont tous inférieurs ou égaux à D4 (la lettre et le numéro doivent chacun être inférieur ou égal), mais noter aussi que C3 ≠ D2, D3 ≠ C4 et D4xL > D4 mais D4xL ≠ E4, E5.

En considérant un train, le cas à retenir pour le train est le véhicule ayant la catégorisation la plus défavorable, la vitesse maximale du train étant limitée à l'exigence de vitesse la plus restrictive.

Le service fret est compatible avec la voie si la catégorie de ligne correspondant à la charge nette de tous les wagons et les catégories de lignes de(s) locomotive(s) n'excèdent pas la catégorie de ligne de la voie en prenant en compte la vitesse maximale associée.

Le service voyageurs est compatible avec la ligne si la catégorie de ligne des locomotives et celle des voitures n'excèdent pas la catégorie de ligne de la voie en prenant en compte la vitesse maximale associée.

Là où la compatibilité fondée sur la catégorie de ligne ne peut pas être démontrée, un contrôle de voie individuel, prenant en compte des procédures locales, doit être exécuté pour démontrer la compatibilité.

Pour un véhicule nouveau ou différent, ou une charge utile nécessitant une vérification individuelle de ligne, il est recommandé de consulter au plus tôt le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire au cours des premières étapes de la conception du véhicule et/ou de la planification de l'exploitation.

Dans la continuité de la procédure IN 2542 (Annexe 1), la mise en forme des tableaux suivants reprend le découpage à $l/v/L = 271 \text{ mm}^2$. Un armement est dit « fort » si le rapport $l/v/L$ correspondant est supérieur ou égal à 271 mm^2 .

Article 202. Circulation sur une voie où $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$

Pour les voies présentant un rapport $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$, les conditions d'admission du matériel roulant sur le RFN restent inchangées, à savoir établies uniquement selon les règles Demaux : prise en compte des seules sollicitations verticales du véhicule sur la voie.

Tableau 5 -

Groupe Demaux		Wagons			Autorails et automotrices		
N°	(l/v)/L mini en mm ²	C4	D4	E4	A B1 et B2	C2, C3 et C4	D2, D3 et D4
5	351						
4 (haut)	301	Tableau D.4	Tableau D.5	Tableau D.6	Tableau D.1	Tableau D.2	
4 (bas)	271						

circulation uniquement sur ligne apte à la charge D sauf étude particulière (vérification OA)
 circulation uniquement sur ligne apte à la charge D
 circulation uniquement sur ligne apte à la charge E

Tableau 6 -

Groupe Demaux		Locomotives à 2 bogies de 2 essieux							Locomotives à 2 bogies de 3 essieux			
N°	(l/v)/L mini en mm ²	L4 17	L4 18	L4 20	L4 20,5	L4 21	L4 21,5	L4 22	L4 22,5	L6 19	L6 20	L6 21
5	351											
4 (haut)	301	V_{\max}							V_{\max}			
4 (bas)	271							V_{\max} $l_{\max} : 120 \text{ mm}$				

circulation uniquement sur ligne apte à la charge D sauf étude particulière (vérification OA)

Article 203. Circulation sur une voie où $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$

NOTE Les dispositions du présent Article permettent de définir des conditions de circulation au moyen d'un calcul relativement simple, à partir des données de l'essai de comportement dynamique en ligne. Lorsqu'une optimisation de ces conditions est recherchée, des études particulières sont nécessaires.

Compte tenu du fait que sur une voie présentant $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$, l'armement est considéré plus « faible » et donc plus susceptible de déformations sous contraintes transversales dans les courbes de faible rayon, nous introduisons dans le processus d'admission des véhicules l'indicateur :

$$B_{qst} = Y_{qst} + 0,83 \cdot Q_{qst}$$

203.1. Usage et évaluation de l'indicateur B_{qst}

203.1.1. Définition et justification

Cet indicateur, issu des résultats d'essai UIC 518 / NF EN 14363, est représentatif des contraintes de flexion dans les rails sous l'effet des forces transversales et verticales exercées par le véhicule.

Dans ce cadre, il a été convenu, à partir des valeurs de Y_{qst} et Q_{qst} évaluées pour la roue guidante du véhicule, sur la zone d'essai en "courbes de très petit rayon" ($250 \leq R < 400 \text{ m}$), de recalculer cet indicateur pour les conditions de référence suivantes :

- courbure moyenne $(1/R)_m = 1/350 \text{ m}^{-1}$,
- insuffisance de dévers $l = l_{adm}$ avec $l_{adm} =$ 130 mm pour le fret,
150 mm pour les voyageurs,
165 mm pour les automotrices légères.

203.1.2. Recalage de Y_{qst}

a) Locomotives (BB ou CC)

Les études menées, lors de la révision de la fiche UIC 518, sur une dizaine de locomotives de divers réseaux, ont montré que l'effort transversal d'inscription de la roue guidante Y_{qst} pouvait s'exprimer en kN de façon relativement fiable (c'est-à-dire avec un R^2 "correct") par une loi de régression linéaire en fonction de la courbure $1/R$ et de l'insuffisance de dévers l , de la forme : $Y_{qst} = a + b/R + c \cdot l$

- avec b de l'ordre de 10500 (fourchette d'environ 6000 à 14000) lorsque $1/R$ est exprimé en m^{-1} ,
- et c de l'ordre de 0,10 (fourchette d'environ 0,02 à 0,19) lorsque l est exprimée en mm,

ces coefficients étant valables pour une locomotive lourde de charge par essieu $P_0 \approx 22,5 \text{ t}$.

Par conséquent, la formule de recalage par défaut ou "générale" (indice G dans la formule ci-dessous) appliquée pour évaluer Y_{qst} dans les conditions de référence ($1/R = 1/350 \text{ m}^{-1}$ et $l = l_{adm}$) à partir de la valeur Y_{qst} obtenue sur la zone d'essai en courbes de très petit rayon avec une courbure moyenne $(1/R)_m$ et une insuffisance de dévers moyenne l_m quelconques sera la suivante :

$$(Y_{qst})_{\text{réf}} = (Y_{qst})_G = Y_{qst} + P_0/22,5 \cdot [10500 \cdot (1/350 - (1/R)_m) + 0,10 \cdot (l_{adm} - l_m)]$$

dans laquelle P_0 est la charge par essieu exprimée en tonnes.

Lorsque les résultats d'essai en courbes de très petit rayon (ou, pour une meilleure fiabilité statistique, en cumulant petits et très petits rayons soit $250 \leq R \leq 600$ m) permettent d'obtenir une loi de régression "spécifique" au véhicule (Indice S dans la formule ci-dessous), les coefficients réels b et c de celle-ci pourront être utilisés pour obtenir (toujours en partant du résultat Y_{qst} et des conditions d'essai $(1/R)_m$ et I_m sur la zone d'essai en courbes de très petit rayon) une estimation plus précise :

$$(Y_{qst})_{réf} = (Y_{qst})_S = Y_{qst} + b.(1/350 - (1/R)_m) + c.(I_{adm} - I_m)$$

Pour déterminer les conditions d'admission sur le RFN de futures locomotives, cette seconde approche sera à privilégier pour recalibrer les résultats d'essai. Toutefois, l'usage de la formule de recalage "par défaut" donne en général des résultats similaires, les locomotives montrant un comportement assez homogène.

NOTE L'usage lors d'essais en France était d'évaluer les grandeurs quasi statiques Y_{qst} et Q_{qst} par la méthode statistique dite "unidimensionnelle". Lorsqu'on utilise la méthode "bidimensionnelle" (désormais imposée par la fiche UIC 518 et la NF EN 14363 pour les grandeurs quasi statiques) il faut remplacer le terme " I_m " des formules précédentes par la valeur " I_0 " (actuellement $1,1.I_{adm}$, avec la NF EN 14363 : version 2005 mais $1,0.I_{adm}$ avec la future NF EN 14363) à laquelle Y_{qst} a été évalué.

b) Autres types de véhicules

Pour les autres types de véhicules, la méthodologie définie pour les locomotives s'applique, mais on ne dispose pas aujourd'hui de valeurs par défaut fiables. Il convient donc, soit d'utiliser les coefficients b et c d'une régression linéaire (aussi pauvre soit-elle) spécifique au véhicule étudié, soit de s'en tenir au résultat brut Y_{qst} de l'essai.

203.1.3. Recalage de Q_{qst}

Les études menées, lors de l'élaboration de la fiche UIC 518-2 (véhicules > 22,5 t/essieu), sur un certain nombre de wagons, ont montré que Q_{qst} pouvait s'exprimer en kN de façon très précise au moyen de la formule : $Q_{qst} = Q_0.(1 + 2,3.h_g.I_m/e^2)$ dans laquelle :

- $Q_0 = 9,81.P_0/2$ est la charge statique de roue,
- $2,3 \approx 2.(1 + s)$ où s est le coefficient de souplesse du véhicule,
- h_g est la hauteur du centre de gravité par rapport au plan des rails,
- I_m est l'insuffisance de dévers moyenne observée lors de l'essai,
- e est la distance entre les deux cercles de roulement d'un essieu (1500 mm).

Le terme 2,3 qui est valable pour des wagons l'est probablement moins pour d'autres types de véhicules, mais ceci est sans influence sur la correction des résultats. En effet celle-ci peut se déduire des formules suivantes :

$Q_{qst} - Q_0 = Q_0.(2,3.h_g.I_m/e^2)$ dans les conditions d'essai réelles en courbes de très petit rayon,

$(Q_{qst})_{réf} - Q_0 = Q_0.(2,3.h_g.I_{adm}/e^2)$ dans les conditions de référence,

soit en définitive :

$(Q_{qst})_{réf} = Q_0 + (Q_{qst} - Q_0).I_{adm}/I_m$ d'où le terme 2,3 (ou toute autre valeur) disparaît.

NOTE 1 En cas d'usage de la méthode bidimensionnelle, on remplace " I_m " par " I_0 " (voir 203.1.2).

NOTE 2 Le présent document s'appuie pour Q_{qst} sur des valeurs issues du traitement selon la fiche UIC 518, qui utilise l'ensemble des roues extérieures du bogie ; lorsque l'évaluation est faite séparément pour chaque essieu (la future version révisée de la NF EN 14363 :2005 le prescrira pour Q_{qst} , comme c'était déjà l'usage pour Y_{qst}), la moyenne des valeurs ainsi obtenues est à utiliser.

203.1.4. Détermination de $(B_{qst})_{réf}$

Pour un véhicule donné (véhicules de référence de la présente étude ou futur véhicule dont on veut déterminer les conditions d'accès au RFN), on recalculera B_{qst} dans les conditions de référence [$1/R = (1/350) m^{-1}$ et $l = l_{adm}$] au moyen de la formule suivante :

$$(B_{qst})_{réf} = (Y_{qst})_{réf} + 0,83.(Q_{qst})_{réf}$$

$(Y_{qst})_{réf}$ et $(Q_{qst})_{réf}$ étant calculés comme indiqué ci-dessus.

Dans le cas de véhicules à voyageurs, l'état de charge à prendre en compte pour ce calcul est la charge normale opérationnelle (CNO), qui est réputée représentative de la sollicitation de la voie sur le long terme, par l'ensemble du parc de matériel roulant considéré.

Les essais de comportement dynamique n'étant pas faits dans cet état de charge, il convient d'évaluer Y_{qst} et B_{qst} par interpolation (selon les charges d'essieu P_0) des valeurs obtenues en essai, généralement à vide en ordre de marche (VOM) et en charge normale de conception dite CNC (dans des documents antérieurs à la publication du présent texte, la CNC est dénommée CN) ou en charge exceptionnelle dite CE.

203.2. B_{qst} – Valeurs de référence théoriques

Afin d'aider à l'évaluation objective au moyen de son $(B_{qst})_{réf}$ de la "qualité" d'un véhicule et lui attribuer des conditions de circulation pertinentes, l'établissement de valeurs de référence théoriques, pour un véhicule de charge par essieu P_0 donnée et pour une valeur d'insuffisance de dévers l_{adm} correspondant à l'exploitation visée, est utile.

203.2.1. Locomotives et motrices

Pour cet exercice, les hypothèses suivantes ont été faites :

- pour Y_{qst} la valeur limite de 60 kN est exactement atteinte dans un rayon de 350 m par une locomotive lourde ($P_0 = 22,5$ tonnes) exploitée en trafic voyageurs ($l_{adm} = 150$ mm), lors de l'évaluation de ses performances par la méthode bidimensionnelle à $l = l_{adm}$ (conditions spécifiées par la future NF EN 14363), c'est-à-dire 150 mm ;
- pour cette même locomotive et ce même rayon, Y_{qst} évolue comme $0,10.l$ (0,10 étant la valeur par défaut du coefficient c pour les locomotives, voir 203.1.2.a) ;
- pour toute autre locomotive ou motrice, la valeur de référence de Y_{qst} se déduit de la précédente selon une règle de proportionnalité à P_0 ;
- d'où en définitive une valeur cible $Y_{qst} = P_0/22,5.(60 + 0,10.(l_{adm} - 150))$;
- comme expliqué au point 203.1.3, $Q_{qst} = Q_0.(1 + \alpha.l)$ où le coefficient α intègre à la fois l'effet de la souplesse des suspensions et l'influence de la hauteur du centre de gravité; ces deux termes sont variables, toutefois l'étude effectuée sur 11 locomotives essayées en France et en Italie montre qu'en moyenne, on peut attribuer à α une valeur d'environ 0,0022 ;
- d'où en définitive une valeur cible $Q_{qst} = Q_0.(1 + 0,0022.l_{adm})$ où $Q_0 = 9,81.P_0/2$.

En conclusion, la valeur cible, qu'il convient d'interpréter non comme un maximum absolu mais comme la valeur "de référence" théorique pour un véhicule quelconque de charge à l'essieu P_0 (en tonnes) et une insuffisance de dévers l_{adm} (en mm) est la suivante :

$$(B_{qst})_{théo} = P_0/22,5.(60 + 0,10.(l_{adm} - 150)) + 0,83.9,81.P_0/2.(1 + 0,0022.l_{adm}).$$

Cette formule est représentée graphiquement ci-après par les droites verte et bleue pour les valeurs I_{adm} habituellement retenues (130 mm et 150 mm pour les catégories de circulation I et II respectivement) et pour des charges P_0 comprises entre 17 t et 22,5 t.

Quant à la valeur extrême de B_{qst} , il convient de considérer que les valeurs limites de Y_{qst} et de Q_{qst} sont de 60 kN et 145 kN respectivement, en rayon de 350 m et pour une insuffisance de dévers I_{adm} (selon la future NF EN 14363) ce qui donne $(B_{qst})_{lim} = 180$ kN.

On peut donc fixer à **180 kN** la valeur limite de $(B_{qst})_{réf}$ permettant l'admission d'une locomotive ou d'une motrice à ses conditions d'exploitation maximales (vitesse et insuffisance de dévers) sur les voies du RFN vérifiant $I/v/L \geq 271$ mm² (moyennant les éventuelles limitations générales découlant des règles Demaux).

Evaluation théorique de B_{qst} pour les locomotives
(pour $R = 350$ m et $I = I_{adm}$)

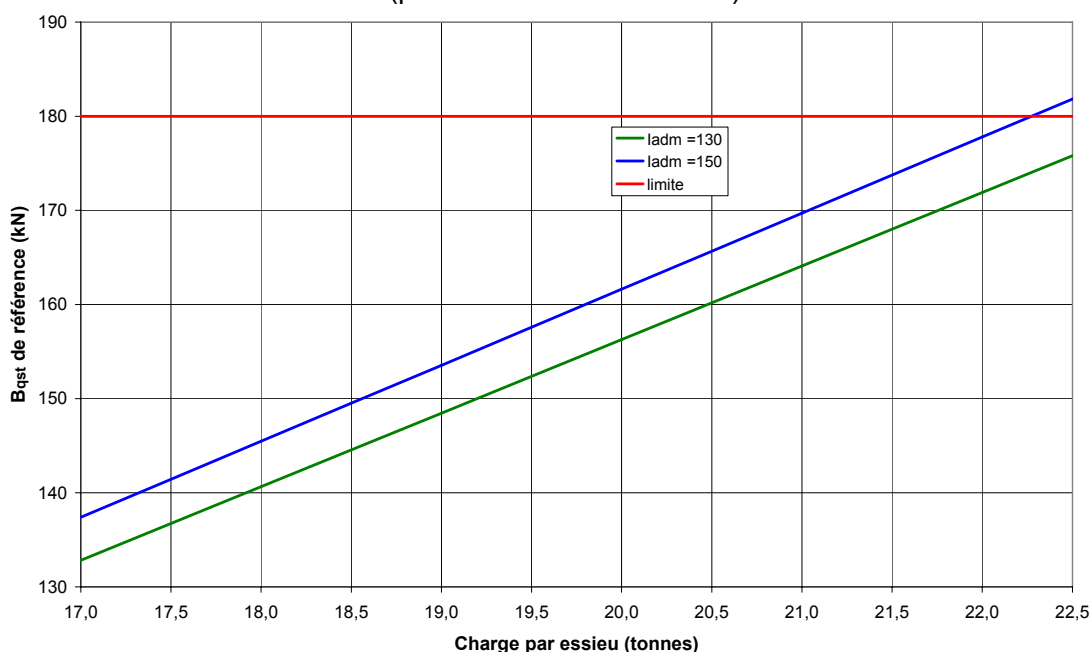


Figure 1 -

203.2.2. Automotrices

Pour cet exercice, les hypothèses applicables aux locomotives et motrices ont été reconduites à l'exception de l'évaluation de Q_{qst} .

En effet, compte tenu du centre de gravité généralement plus bas que pour les locomotives et motrices, le coefficient α devient $\alpha = 0,0018$ (contre 0,0022 pour les locomotives et motrices). Ainsi, Q_{qst} devient :

$$Q_{qst} = Q_0 \cdot (1 + 0,0018 \cdot I_{adm}) \text{ où } Q_0 = 9,81 \cdot P_0 / 2.$$

En définitive, la valeur cible, qu'il convient d'interpréter non comme un maximum absolu mais comme la valeur "de référence" théorique pour une automotrice de charge à l'essieu P_0 (en tonnes) et une insuffisance de dévers I_{adm} (en mm) est la suivante :

$$(B_{qst})_{théo} = P_0 / 22,5 \cdot (60 + 0,10 \cdot (I_{adm} - 150)) + 0,83 \cdot 9,81 \cdot P_0 / 2 \cdot (1 + 0,0018 \cdot I_{adm}).$$

Cette formule est représentée graphiquement ci-après par les droites bleue et verte pour I_{adm} égale à 150 mm (catégorie II) et 165 mm (catégorie III) et pour des charges P_0 comprises entre 14 t et 20 t.

Quant à la valeur extrême de B_{qst} , le changement de coefficient α n'apporte pas de modification au calcul de la valeur limite.

On peut donc fixer également à **180 kN** la valeur limite de $(B_{qst})_{réf}$ permettant l'admission d'une automotrice à ses conditions d'exploitation maximales (vitesse et insuffisance de dévers) sur les voies du RFN vérifiant $I/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$ (moyennant les éventuelles limitations générales découlant des règles Demaux).

Evaluation théorique de B_{qst} pour les automotrices
(pour $R = 350 \text{ m}$ et $I = I_{adm}$)

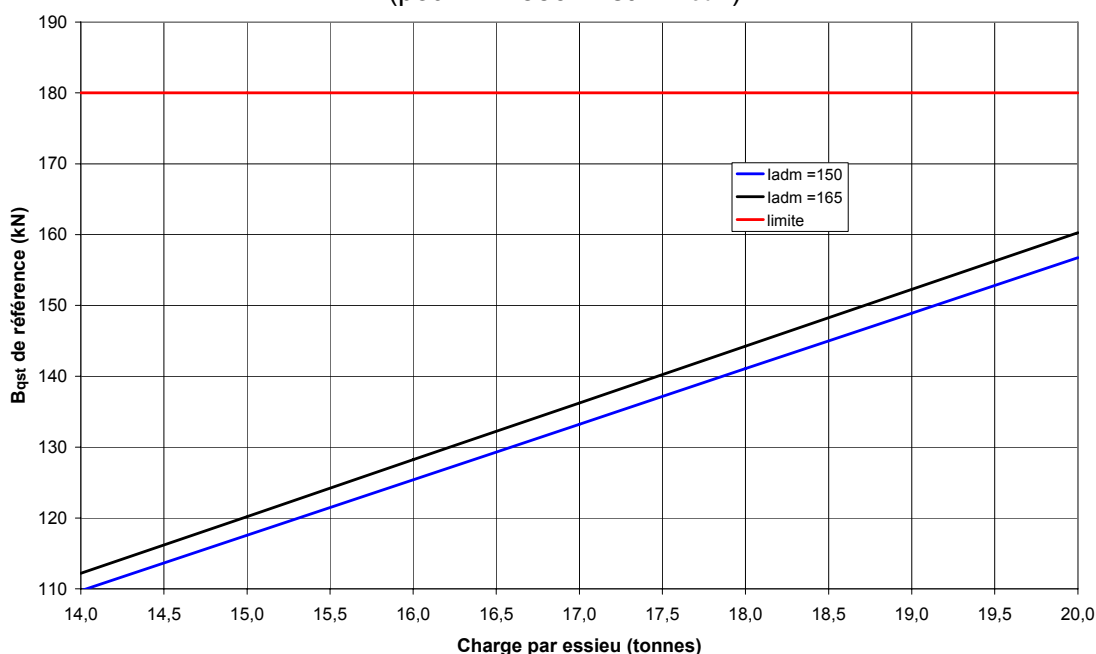


Figure 2 -

Il convient de noter que si la charge par essieu des locomotives peut être considérée comme invariable, il n'en est pas de même des rames automotrices.

Afin de conserver une certaine cohérence entre les conditions de circulation définies ici pour les voies présentant un index $I/v/L < 271 \text{ mm}^2$ (établies sur la base de l'indicateur B_{qst} évalué en CNO) et celles définies à l'article 202 pour les voies présentant un index $I/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$ (fondées sur la classification de la norme NF EN 15528, prévue à l'origine pour assurer la compatibilité avec les ouvrages d'art et reposant sur la CNC voire la CE), on fait l'hypothèse que la CNO est égale à la CNC minorée d'une tonne par essieu, ce qui se traduit de la manière suivante :

- Classification A si $(B_{qst})_{réf}$ du véhicule $\leq (B_{qst})_{théo}$ pour une charge P_0 de 15 t,
- Classification B si $(B_{qst})_{réf}$ du véhicule $\leq (B_{qst})_{théo}$ pour une charge P_0 de 17 t,
- Classification C si $(B_{qst})_{réf}$ du véhicule $\leq (B_{qst})_{théo}$ pour une charge P_0 de 19 t.

203.3. Conditions de circulation

Les conditions de circulation sur une voie vérifiant $I/v/L < 271 \text{ mm}^2$ résultent du classement du véhicule dans l'une des catégories de véhicules définies, qui est effectué en comparant son propre $(B_{qst})_{réf}$ avec le $(B_{qst})_{théo}$ maximal représentatif de cette catégorie (définie par une plage de charges par essieu P_0 et une valeur d'insuffisance de dévers I_{adm}).

L'admission du matériel peut être associée à différentes I_{adm} :

- Autorails et automotrices : $I_{adm} = 150 \text{ mm}$ (Cat II) ou 165 mm (Cat III),
- Locomotives : $I_{adm} = 130 \text{ mm}$ (Cat I) ou 150 mm (Cat II).

Un véhicule présentant un $(B_{qst})_{réf}$ faible peut ainsi, du seul point de vue de la compatibilité avec la voie, être admis à circuler dans les conditions d'une catégorie plus favorable que


celle qui lui serait attribuée par la prise en compte de ses seules caractéristiques nominales P_0 et I_{adm} .


Inversement, un véhicule présentant un $(B_{qst})_{réf}$ élevé peut être classé dans une catégorie moins favorable que celle qui résulterait de ses seules caractéristiques nominales P_0 et I_{adm} .


NOTE Les valeurs figurant en rouge dans les tableaux ci-dessous sont les $(B_{qst})_{théo}$ calculés en rayon de 350 m (valeurs maximales permettant la classification dans chaque catégorie) ; l'Annexe E indique aussi, à titre d'information et pour le seul cas des locomotives, les valeurs de $(B_{qst})_{théo}$ qui auraient été obtenues si le rayon de référence choisi avait été de 280 m.

Tableau 7 -

Groupe Demaux		Wagons			Autorails et automotrices			
N°	(l/v)/L mini en mm²	C4	D4	E4	A	B1 et B2	C2, C3 et C4	D2, D3 et D4
$B_{qst} (l = 150 \text{ mm})$		/	/	/	118	133	149	168 ⁽¹⁾
$B_{qst} (l = 165 \text{ mm})$		/	/	/	120	136	(2)	(2)
4 (bas)	236	Tableau D.7	Tableau D.8 et 9	Tableau D.10	Tableau D.3			
3	220							
	180							
2	141							
1	120							

 circulation uniquement sur ligne apte à la charge D sauf étude particulière (vérification OA)

 circulation uniquement sur ligne apte à la charge D

 circulation uniquement sur ligne apte à la charge E

⁽¹⁾ : En cas de dépassement de cette valeur lors du calcul en CNO, on peut admettre le véhicule sous réserve que dans l'état de charge extrême (CNC ou CE) on ne dépasse pas la valeur de 180 kN qui constitue la valeur limite du paramètre $(B_{qst})_{réf}$ (voir article 203.2).

⁽²⁾ : Sans objet (valeur d'insuffisance de dévers non pertinente pour ces charges par essieu).

Tableau 8 -

Groupe Demaux		Locomotives à 2 bogies de 2 essieux								Locomotives à 2 bogies de 3 essieux		
N°	(l/v)/L mini en mm ²	L4 17	L4 18	L4 20	L4 20,5	L4 21	L4 21,5	L4 22	L4 22,5	L6 19	L6 20	L6 21
$B_{qst} (l=130 \text{ mm})$		133	141	156	160	164	168	172	176	148	156	164
$B_{qst} (l=150 \text{ mm})$		137	145	162	166	170	174	178	180*	154	162	170
4 (bas)	236	V_{max}							V_{max} $l_{max}: 120 \text{ mm}$	V_{max}		V60 $l_{max}: 120 \text{ mm}$
3	220								V_{max} $l_{max}: 120 \text{ mm}$			V50 $l_{max}: 120 \text{ mm}$
	180	V40 $l_{max}: 110 \text{ mm}$	V40 $l_{max}: 70 \text{ mm}$ (V30 si R < 270m)		V _{max} $l_{max}: 120 \text{ mm}$	V40 $l_{max}: 110 \text{ mm}$						
2	141	V_{max} $l_{max}: 110 \text{ mm}$		V et l charge D (Tableau D.8)		En véhicule à V30			V_{max} $l_{max}: 110 \text{ mm}$	Interdit		
1	120	V et l charge C (Tableau D.7)		En véhicule à V30		Interdit			En véhicule à V30			
<div style="background-color: #f4a460; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> circulation uniquement sur ligne apte à la charge D sauf étude particulière (vérification OA)												
* : correspond à la valeur limite du paramètre $(B_{qst})_{réf}$ (voir article 203.2)												

Circulation sur rails DC (Double Champignon)

La valeur $(B_{qst})_{réf}$ des locomotives circulant sur rails DC ne doit pas dépasser le $(B_{qst})_{théo}$ (voir lignes supérieures $B_{qst} (l=130 \text{ mm})$ ou $B_{qst} (l=150 \text{ mm})$ du tableau ci-dessus) représentatif de la catégorie :

- L4₁₇ sur le groupe Demaux 1,
- L4₁₈ sur le groupe Demaux 2,
- L4₂₀ sur le groupe Demaux 3,
- L4_{21,5} sur le groupe Demaux 4.

Article 204. Exemple d'application

Nous prendrons comme exemple d'application une locomotive à 2 bogies de 3 essieux présentant une masse à l'essieu de 21 tonnes. Ce matériel appartient donc à la catégorie L6₂₁, conformément à la NF EN 15528:2009.

Par conséquent, sans prise en compte de l'indicateur B_{qst} , les conditions de circulation associées à ce matériel sont celles correspondant à la catégorie L6₂₁, à savoir :

- sur ligne vérifiant $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$: V_{max} et sans restrictions d'insuffisance de dévers (voir article 202),
- sur ligne vérifiant $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$: Restrictions de vitesse et d'insuffisance de dévers (voir article 203.3).

Cependant, compte tenu des résultats obtenus par le matériel lors de ses essais d'homologation, le paramètre B_{qst} est évalué à 138,6 kN pour une l_{adm} de 130 mm (Cat I). Ce matériel présente donc un B_{qst} plus faible que celui défini pour sa catégorie L6₂₁ ($B_{qst}(130 \text{ mm}) = 164 \text{ kN}$).

Par conséquent, avec la prise en compte de l'indicateur B_{qst} , les conditions de circulation (en termes de compatibilité avec la voie) applicables à cette locomotive peuvent être celles de la catégorie L6₁₉, qui sont plus favorables.

NOTE La compatibilité avec les OA doit faire l'objet d'un examen distinct.

Annexe A.







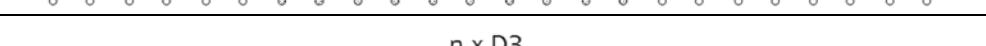
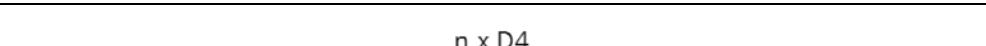

Wagons de référence et modèle de
charge représentant les catégories
de ligne

Tableau A.1 - Wagens de référence

Wagon de référence	Masse par essieu	Masse linéaire	Caractéristiques géométriques
A	16 t	5,0 t/m	
B1	18 t	5,0 t/m	
B2	18 t	6,4 t/m	
C2	20 t	6,4 t/m	
C3	20 t	7,2 t/m	
C4	20 t	8,0 t/m	
D2	22,5 t	6,4 t/m	
D3	22,5 t	7,2 t/m	

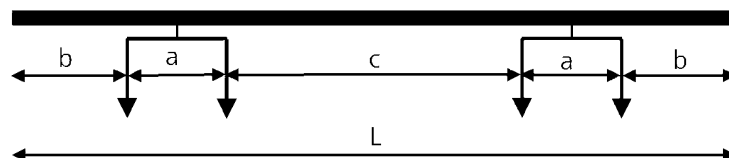
D4	22,5 t	8,0 t/m	
xL-a	20 t	8,0 t/m	
xL-b	22,5 t	7,4 t/m	
E4	25 t	8,0 t/m	
E5	25 t	8,8 t/m	

**Tableau A.2 - Modèle de charge
 représentant les catégories de ligne pour tous les véhicules**

Catégorie de ligne	Disposition de wagons de référence n... nombre infini
A	<p style="text-align: center;">n x A</p> 
B1	<p style="text-align: center;">n x B1</p> 
B2	<p style="text-align: center;">n x B2</p> 
C2	<p style="text-align: center;">n x C2</p> 
C3	<p style="text-align: center;">n x C3</p> 
C4	<p style="text-align: center;">n x C4</p> 
D2	<p style="text-align: center;">n x D2</p> 
D3	<p style="text-align: center;">n x D3</p> 
D4	<p style="text-align: center;">n x D4</p> 

Annexe B.

Wagons avec deux bogies de deux essieux



avec :

a : distance entre deux essieux

b : distance du dernier essieu jusqu'à l'extrémité du plan d'attelage le plus proche

c : distance entre les deux essieux intérieurs

L : longueur hors tampons du wagon

**Figure B.1 - Masse maximale autorisée par essieu
pour les différentes catégories de lignes en fonction des dimensions a et b**

Tableau B. 1 -

Valeurs des dimensions		Catégories de lignes					
a	b	A	B2 B1	C4 C3 C2	D4 D3 D2	D4xL	E4 E5
m	m	t	t	t	t	t	t
1,80	1,50	16,0	18	20	22,5	22,5	25,0
	1,40	15,0	17	19	21,5	22,5	24,0
	1,30	14,5	16,5	18,5	20,5	22,0	23,0
	1,20	14,0	16	17,5	20,0	21,5	22,0
1,70	1,50	15,0	17,0	19,0	21,5	22,5	23,5
	1,40	15,0	17,0	19,0	21,0	22,0	23,5
	1,30	14,0	16,0	18,0	20,0	21,5	22,5
	1,20	14,0	15,5	17,5	19,5	21,0	21,5
1,60	1,50	14,5	16,0	18,0	20,5	21,0	22,5
	1,40	14,5	16,0	18,0	20,0	21,0	22,5
	1,30	14,0	15,5	17,5	20,0	21,0	22
	1,20	13,5	15,0	17,0	19,0	20,5	21
1,50	1,50	13,5	15,5	17,0	19,5	20,0	21,0
	1,40	13,5	15,5	17,0	19,5	20,0	21,0
	1,30	13,5	15,5	17,0	19,5	20,0	21,0
	1,20	13,0	14,5	17,0	19,5	20,0	20,5
1,40	1,50	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0
	1,40	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0
	1,30	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0
	1,20	13,0	14,5	16,5	18,5	19,0	20,0
1,30	1,50	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5
	1,40	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5
	1,30	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5
	1,20	12,5	14,0	15,5	17,5	18,5	18,5

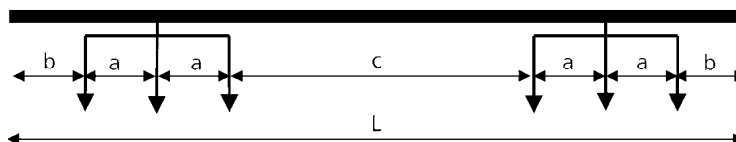
NOTE :

Les charges par essieu présentées dans le Tableau B.1 sont valables uniquement :

- si la distance entre les deux essieux intérieurs est plus grande que le double de la distance entre le dernier essieu et le bout du plus proche des tampons de choc ($c > 2b$). Si ce n'est pas le cas, la dimension b doit être considérée comme la valeur $c/2$ ou la valeur la plus proche figurant dans le tableau. Si $c/2 < 1,20$ m, un calcul est nécessaire (voir 4.1 de la NF EN 15528:2009)
- et si la longueur hors tampons L du wagon est telle que la masse linéaire p respecte la catégorie de ligne considérée. Sinon, la masse par essieu autorisée est plus faible et est égale à $p \times L/4$.

Annexe C.

Wagons avec deux bogies de trois essieux



avec :

a : distance entre deux essieux

b : distance du dernier essieu jusqu'à l'extrémité du plan d'attelage le plus proche

c : distance entre les deux essieux intérieurs

L : longueur hors tampons du wagon

**Figure C.1 - Masse maximale autorisée par essieu
pour les différentes catégories de lignes en fonction des dimensions a et b**

Tableau C.1 -

Valeurs des dimensions		Catégories de lignes											
a	b	A	B1	B2	C2	C3	C4	D2	D3	D4	D4xL	E4	E5
m	m	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
1,80	1,50	12,5	13,5	14,0	16,0	16,0	16,0	17,0	18	18,0	21,0	19,5	20,0
	1,40	12,5	13,5	14,0	15,5	16,0	16,0	17,0	17,5	18,0	20,5	19,0	20,0
	1,30	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	16,0	16,5	17,0	18,0	20,0	19,0	19,5
	1,20	12,0	13,0	14,0	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	20,0	18,5	19,0
1,70	1,50	12,5	13,5	13,5	15,5	15,5	15,5	17,0	17,5	17,5	20,5	19,0	19,5
	1,40	12,0	13,0	13,5	15,0	15,5	15,5	16,5	17,0	17,5	20,0	19,0	19,5
	1,30	12,0	13,0	13,5	15,0	15,5	15,5	16,0	17,0	17,5	20,0	18,5	19,0
	1,20	12,0	13,0	13,5	14,5	15,5	15,5	16,0	16,5	17,0	19,5	18,0	18,5
1,60	1,50	12,0	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	16,5	16,5	16,5	20,0	19,0	19,0
	1,40	12,0	13,0	13,5	15,0	15,0	15,0	16,0	16,5	16,5	20,0	18,5	19,0
	1,30	11,5	13,0	13,5	14,5	15,0	15,0	16,0	16,5	16,5	19,5	18,0	18,5
	1,20	11,5	12,5	13,5	14,0	15,0	15,0	15,5	16,0	16,5	18,5	18,0	18,0
1,50	1,50	11,5	13,0	13,0	14,5	14,5	14,5	16,0	16,0	16,0	20,0	18,0	18,0
	1,40	11,5	13,0	13,0	14,5	14,5	14,5	16,0	16,0	16,0	19,0	18,0	18,0
	1,30	11,5	12,5	13,0	14,5	14,5	14,5	15,5	16,0	16,0	18,5	17,5	18,0
	1,20	11,5	12,5	13,0	14,0	14,5	14,5	15,5	16,0	16,0	18,0	17,5	18,0
1,40	1,50	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	18,0	17,5	17,5
	1,40	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	18,0	17,5	17,5
	1,30	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	18,0	17,5	17,5
	1,20	11,0	12,5	12,5	14,0	14,0	14,0	15,5	15,5	15,5	17,5	17,0	17,5
1,30	1,50	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	17,0	17,0
	1,40	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	17,0	17,0
	1,30	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	17,0	17,0
	1,20	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	17,0	17,0	17,0

NOTE :

Les charges par essieu présentées dans le Tableau C.1 sont valables uniquement :

- si la distance entre les deux essieux intérieurs est plus grande que le double de la distance entre le dernier essieu et le bout du plus proche des tampons de choc ($c > 2b$). Si ce n'est pas le cas, la dimension b doit être considérée comme la valeur $c/2$ ou la valeur la plus proche figurant dans le tableau. Si $c/2 < 1,20$ m, un calcul est nécessaire (voir 4.1 de la NF EN 15528:2009)
- et si la longueur hors tampons L du wagon est telle que la masse linéaire p respecte la catégorie de ligne considérée. Sinon, la masse autorisée par essieu est plus faible et est égale à $p \times L/6$.

Annexe D.

Compatibilité des circulations avec l'armement de voie

La présente Annexe présente les conditions de circulation applicables aux différents matériels roulants existants circulant sur le RFN en fonction de l'armement de la voie caractérisé par plusieurs critères (groupe Demaux, rail, traverse, travelage...). Pour rappel, la présente Annexe décrit les conditions de circulation actuelles de matériels roulants évoluant sur le RFN, elle ne saurait donc prévaloir sur les dispositions techniques jointes aux demandes d'établissement des PVAR pour de nouveaux matériels.

Ces conditions de circulation ne s'appliquent qu'aux voies principales, et ne sont donc pas valables pour les voies de service.

Il est totalement proscrit de recourir systématiquement aux valeurs exceptionnelles des conditions de circulation.

D.1. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Voyageurs désigné A ou B sur ligne vérifiant $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$.

Tableau D.1 -

Type de Rail Vignole	Type de pose	Type de traverses (plancher homogène)	Espace maxi entre axes de traverses (m)	(l/v)/L mini du rail à ½ usure (mm ²)	Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm)		
						normale / except		
≥ 50 kg / m 50E1, 50E6, 54E1, 55E1, 60E1	LRS (abouts chutés pour BN soudées si V ≥ 160 km/h)	B450,	0.60	373	220	160	160 (4)	
		M450,	0.62	361	160	160	160	
		B440,	0.64	350	130	150	160	
		M260, RS, SL, TB, (2)	0.67	336	120	150	160	
	Ou BN 18m mini pour V < 140 km/h (1)	B244,	0.60	373	160	160	160	180
		U20,	0.62	361	160	160	160	160
		U21,	0.64	350	130	150	160	160
		(3)	0.67	336	120	150	160	160
≥ 46 kg/m (rail unifié nécessaire pour V > 135 km/h)	LRS	B450,	0.60	301	160	160	180	
		M450,	0.62	292	140	160	160	
		B440,	0.67	271	120	150	160	
		M260, RS, SL, (2)						
	Ou BN 18m mini pour V < 140 km/h (1)	B244, TB,	0.58	311	160	160	160	180
		U20,	0.60	301	160	160	160	160
		U21,	0.62	292	135	160	160	160
		(3)	0.67	271	120	150	160	160
<p>(1) Les zones courtes en BN ≥ 18 m correspondant à la traversée de gares ou à des zones nécessitant des BN (plate-forme instable,...) sont cependant admises de 140 à 160 km/h avec $l \leq 150 \text{ mm}$.</p> <p>(2) En cas de mixité bois/béton (possible pour U31 et M260), ne pas dépasser la vitesse et l'insuffisance de dévers applicables au plancher mixte B244/TB de même espacement.</p> <p>(3) Pour mixité bois/béton, appliquer les vitesses B244 (suivant le cas) du tableau en fonction de l'espacement, sans dépasser 140 km/h si l'espacement des traverses est > 0.60 m et sans dépasser l normale (l normale -10 mm lorsque l normale = l exceptionnelle / sauf pour l 120 mm).</p> <p>(4) 180 mm si V ≤ 200 km/h</p>								

D.2. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Voyageurs désigné C ou D sur ligne vérifiant $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$:

Tableau D.2 -

Type de Rail Vignole	Type de pose	Type de traverses (plancher homogène)	Espace maxi entre axes de traverses (m)	(I/V)/L mini du rail à 1/2 usure (mm ²)	Masse Essieu maxi (t) (6) (7)	Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm)	
							normale	except
≥ 50 kg /m 50E1, 50E6, 54E1, 55E1, 60E1	LRS (abouts chutés pour BN soudées si V ≥ 160 km/h)	B450,	0.60	373	22.5	200	150	150 (5)
		M450,	0.62	361	22.5	160	150	150
		B440,	0.64	350	22.5	120	130	140
		M260, RS,	0.64	350	20	130	140	150
		SL, TB.	0.67	336	22,5	115	130	140
	(2)	0.67	336	20,8	120	130	140	
	Ou BN 18m mini pour V < 140 km/h (1)	B244, U20, U21. (3)	0.60	373	22.5	160 (4)	150	160
			0.62	361	22.5	160 (4)	150	150
			0.64	350	22.5	120	130	140
			0.64	350	20	130	140	150
0.67			336	22.5	115	130	140	
0.67	336	20.8	120	130	140			
≥ 46 kg/m (rail unifié nécessaire pour V > 135 km/h)	LRS	B450,	0.60	301	22.5	140	150	150
		M450,	0.60	301	20	160	150	160
		B440,	0.62	292	22.5	115	120	120
		M260, RS,	0.62	292	20.8	140	150	150
		SL. (2)	0.58	311	20	160 (4)	150	160
	Ou BN 18m mini pour V < 140 km/h (1)	B244, TB, U20, U21. (3)	0.60	301	21	135	150	160
			0.60	301	22.5	120	130	140
			0.60	301	20.8	140	150	150
			0.62	292	22.5	115	120	120
			0.62	292	20.8	120	130	140
			0.67	271	22.5	110	120	120
			0.67	271	21.6	115	140	150

- (1) Les zones courtes en BN ≥ 18 m correspondant à la traversée de gares ou à des zones nécessitant des BN (plate-forme instable,...) sont cependant admises de 140 à 160 km/h avec $l \leq 140$ mm
- (2) En cas de mixité bois/béton (possible pour U31 et M260), ne pas dépasser la vitesse et l'insuffisance de dévers applicables au plancher mixte B244/TB de même espacement.
- (3) Pour mixité bois/béton, appliquer les vitesses B244 (suivant le cas) du tableau en fonction de l'espacement, sans dépasser 140 km/h si l'espacement des traverses est > 0.60 m et sans dépasser l normale (l normale –10 mm lorsque l normale = l exceptionnelle / sauf pour l 120 mm).
- (4) En limitant la vitesse à 140 km/h sur U20
- (5) 160 mm si $V \leq 160$ km/h
- (6) Concerne les locomotives type L4 (anciennement BB) jusqu'à 22,5 t à l'essieu et les locomotives type L6 (anciennement L6) jusqu'à 20 t à l'essieu
- (7) Masse maximale par essieu en CNO (Cf. NF EN 15663)

D.3. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Voyageurs désigné A à D sur ligne vérifiant $I/v/L < 271 \text{ mm}^2$:

Tableau D.3 -

Armement en Rail Vignole		Masse Essieu maxi (t) (2)	Matériel roulant désigné C ou D			Matériel roulant désigné A ou B		
Groupe Demaux	(I/V)/L rail à $\frac{1}{2} u$ (mm^2)		Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers (mm) normale / except.		Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers maxi (mm) normale / except.	
4 ^{ème} partiel	236/270	21,6 (1)	115	140	150	115	150	160
3 ^{ème}	180/235	20	95	130	140	100	140	150
2 ^{ème}	141/179	18	85	110	120	90	120	130
1 ^{er} partiel	120/140	17	70	70	80	80	110	125

(1) Concerne les locomotives type L4 (anciennement BB) jusqu'à 21,6 t à l'essieu et les locomotives type L6 (anciennement CC) jusqu'à 20 t à l'essieu
(2) Masse maximale par essieu en CNO (Cf. NF EN 15663)

D.4. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Fret désigné C sur ligne vérifiant $I/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$:

Tableau D.4 -

Masse rail Vignole	Type de pose	Type de traverses	Espace maxi entre axes de traverses (m)	(I/V)/L mini du rail à ½ usure (mm^2)	Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm)	
						norm	except
$\geq 50 \text{ kg/m}$	LRS ou BN $\geq 18 \text{ m}$	TBA ou TB y compris mixité	0.60	373	120	110	130
			0.62	361	120		
			0.64	350	110		
			0.67	336	100		
			0.67	322	100		
			0.67	301	90		
$\geq 46 \text{ kg/m}$	LRS ou BN $\geq 18 \text{ m}$	TBA ou TB y compris mixité	0.60	301	90 (1)	110	130
			0.62	292	90 (2)		
			0.67	322	100		
			0.67	301	90		
			0.67	288	90 (2)		
			0.67	271	80		
(1) 100 km/h si plancher homogène et $I = 110 \text{ mm}$ maxi 110 km/h si LRS 46E2 sur 1666 TBA B440/M260 ou B450/M450 et $I = 110 \text{ mm}$ maxi (2) si tonnage moyen mensuel FRET global $\leq 120000 \text{ t}$ (tonnes brutes complètes)							

Note : Conditions de circulation des trains en charge C (20 t/essieu) dont les engins moteurs ont une masse par essieu ≥ 20 tonnes

Sur les lignes aptes à la circulation des locomotives L4 22,5 t/ essieu, ces locomotives peuvent tracter des wagons en charge C à la vitesse des charges C (tableau ci-dessus 4) sans dépasser leurs limites propres de vitesse et d'insuffisance de dévers (tableau article 202).

En effet, normalement, la présence d'un élément (une locomotive dans ce cas) à 22.5t/essieu dans un train FRET dont les wagons sont en charge C imposerait d'appliquer la vitesse des charges D (tableau 5).

- Les locomotives de type L4 (anciennement BB) ne doivent pas dépasser 22,5 t / essieu,
- Les locomotives de type L6 (anciennement CC) sont limitées à 20 t / essieu pour la traction des wagons en charge C à la vitesse des charges C (tableau 4),
- Les locomotives de type L6 (anciennement CC) sont limitées à 21 t / essieu pour la traction des wagons en charge C à la vitesse des charges D (tableau 5).

Pour ces matériels :

- aucune restriction n'est à prévoir pour les locomotives de masse à l'essieu $\leq 21,6 \text{ t}$ remorquant ces circulations,
- l'insuffisance de dévers est à limiter à 120 mm en cas de remorque par une locomotive de masse à l'essieu dépassant 21,6 t lorsque le rapport (I/v)/L du rail à ½ usure est $< 301 \text{ mm}^2$.

**D.5. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Fret désigné D
sur ligne vérifiant $l/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$:**

Tableau D.5 -

Masse rail Vignole	Type de pose	Type de traverses	Espace maxi entre axes de tra- verses (m)	(l/v)/L mini du rail à ½ usure (mm ²)	Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm)	
						normale /	except
≥ 50kg /m	LRS ou BN ≥ 18 m	TBA ou TB y compris mixité	0.60	373	120	110	130
			0.62	361	120		
			0.64	350	110		
			0.67	336	90 (1)		
			0.67	350	100		
			0.67	322	90		
			0.67	301	80		
≥ 46kg /m	LRS ou BN ≥ 18 m	TBA ou TB y compris mixité	0.60	301	80 (2)	110	130
			0.62	292	80 (3)		
			0.67	322	90		
			0.67	301	80		
			0.67	288	80 (3)		
			0.67	271	70		
(1) 100 km/h si l 110 mm maxi (2) 90 km/h si LRS 46E2 sur plancher homogène et l limitée à 110 mm 100 km/h si LRS 46E2 sur 1666 TBA B440/M260 ou B450/M450 et l limitée à 110 mm (3) si tonnage moyen mensuel FRET global ≤ 120000 t (tonnes brutes complètes)							

Note : Particularités des engins moteurs tractant les trains en charge D

- Les locomotives de type L4 (anciennement BB) ne doivent pas dépasser 22,5 t / essieu.
- Les locomotives de type L6 (anciennement CC) sont limitées à 21 t / essieu.

D.6. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Fret désigné E sur ligne vérifiant $I/v/L \geq 271 \text{ mm}^2$:

Tableau D.6 -

Type de Rail Vignole unifié	Type de pose	Type de traverses	Espace maxi entre axes des traverses (m) / nb traverses par km LRS	(I/V)/L mini rail à ½ usure (mm ²)	Groupe Demaux	Vitesse maxi (km/h)	Insuffisance de dévers (mm)	
							norm	except
$\geq 50 \text{ kg/m}$	LRS	TBA et TB.	0.60 / 1666	373	5	100	80	100
	BN 36m admises si rail $\geq 55 \text{ kg/m}$		0.62 / 1613	361	5	100	80	100
			0.64 / 1560	350	4/5	90 (1)	80	100
			0.67 / 1500	336	4	90	80	100
46E2	LRS	TBA et TB.	0.58 / 1722	311	4	80	80	100
BN 36m admises								
46E2	LRS	TBA et TB.	0.60 / 1666	301	4	70	80	100
	BN 18m admises		0.62 / 1613	292	4	60	80	100
			0.64 / 1560	282	4	50	80	100
			0.67 / 1500	271	4	50	80	100

(1) 100 km/h si rail de masse $\geq 55 \text{ kg/m}$
(2) Aucune restriction n'est à prévoir pour les engins moteurs de masse à l'essieu $\leq 22,5 \text{ t}$ remorquant ces circulations.

D.7. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Fret désigné C
sur ligne vérifiant $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$:

*Wagons en charge C (20 t à l'essieu) sur voie en rails Vignole ou DC (masse mini 38 kg/m pour ce
dernier)*

Tableau D.7 -

(l/v)/L minimum rail à demi- usure (mm ²)	Masse mini du rail (kg/m)	Distance maximale entre les axes des tra- verses (m)	Condition complé- mentaire Tonnage	Vitesse maximale admise (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm) (6) normale / except	
250	40	0.72 (5)	$Tm^{(1)} \leq 120000 \text{ t/mois}$	70	110	130
220	40	0.75		60	110	130
	36	0.75	$Tm^{(1)} \leq 120000 \text{ t/mois}$			
180	34	(3)		50	110	120
141	34	(3)	$Tm^{(2)} \leq 20000 \text{ t/mois}$		100	110
120	30	(4)	$Tm^{(2)} \leq 5000 \text{ t/mois}$		70	80
		(4)		40	70	80

(1) Tonnage moyen mensuel FRET global (tonnes brutes complètes)
(2) Tonnage moyen mensuel de wagons chargés à 20 t/essieu et à 22.5 t/essieu.
(3) 0.80 maxi souhaitable.
(4) 0.90 maxi souhaitable.
(5) Condition supplémentaire : 1450 tr/Km mini
(6) Sur rail DC, pour la charge C, appliquer les valeurs normales d'insuffisance de dévers sans dépasser 80 mm si $(l/v)/L < 220 \text{ mm}^2$

D.8. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Fret désigné D sur ligne vérifiant $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$:

Wagons en charge D (22,5 t à l'essieu) sur voie en rails Vignole

Tableau D.8 -

(l/v)/L minimum rail à demi-usure (mm ²)	Masse mini du rail (kg/m)	Distance maximale entre les axes des traverses (m)	Condition complémentaire Tonnage	Vitesse maximale admise (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm)	
					normale	except
250	40	0.72 (4)		60	110	120
220	40	0.75		50	110	120
180	34	(3)	Tm (1) ≤ 120000 t/mois	40	100	110
160	34	(3)	Tm (2) ≤ 20000 t/mois		90	100
				90	100	
	30	(3)	Tm (2) ≤ 20000 t/mois	30	90	100
141	30	(3)	Tm (2) ≤ 5000 t/mois		90	100

(1) Tonnage moyen mensuel Marchandises + Messageries.
 (2) Tonnage moyen mensuel de wagons chargés à 20 t/essieu et à 22.5 t/essieu.
 (3) 0.80 maxi souhaitable
 (4) Condition supplémentaire : 1450 tr / Km

Wagons en charge D (22,5 t à l'essieu) sur voie équipée de rail DC de masse minimale de 38 kg/m

Tableau D.9 -

(l/v) / L minimum du rail à ½ usure (mm ²)	Conditions de tracé	Vitesse maximale admise (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm)
250	500 m < R et alignements	60	(3)
	350 m < R ≤ 500 m	50	
	220 m < R ≤ 350 m	40	
	R ≤ 220 m	30	
220	500 m < R et alignements	50	
	350 m < R ≤ 500 m	40	
	R ≤ 350 m	30	
180	650 m < R et alignements	40	
	R ≤ 650 m	30	
141 (1)	800 m < R et alignements	40	
	350 m < R ≤ 800 m	30	
	R ≤ 350 m	interdit	
120 (2)	350 m < R et alignements	30	
	R ≤ 350 m	interdit	

(1) limitation trafic moyen mensuel FRET global à 20000 t
 (2) limitation trafic moyen mensuel FRET global à 5000 t
 (3) Sur rails DC, pour la charge D, les restrictions de tracé limitent directement l'insuffisance de dévers pour les vitesses maximales associées.

**D.9. Conditions armement pour la circulation du matériel roulant Fret désigné E
sur ligne vérifiant $l/v/L < 271 \text{ mm}^2$:**

Tableau D.10 -

Groupe Demaux	(l/v) / L mini rail ½ usure (mm²)	Masse mini du rail (kg/m)	Conditions com- plémentaires	Vitesse maxi admise (km/h)	Insuffisance de dévers maximale (mm) normale / except	
4	236	44	Rails DC autorisés si R >500m ou ali- gnement	40	80	100
3	200	39	Rails DC autorisés si R >500m ou ali- gnement	30	80 (1)	100 (1)
2	160	34	Rails Vignole Tonnage total mensuel < 20000t	30 uniquement sur voie de service (VS)	75 sur VS Interdit sur VP	

VS : voie de service, VP : voie principale
Sur rail DC, appliquer les valeurs normales.

(1) $l < 75 \text{ mm}$ sur le groupe 3, la vitesse max étant de 30 km/h

Annexe E.

Valeurs de $(B_{qst})_{théo}$

Tableau E. 1 - Locomotives

Rayon	Insuff.	Locomotives à 2 bogies de 2 essieux								Locomotives à 2 bogies de 3 essieux		
		L4 ₁₇	L4 ₁₈	L4 ₂₀	L4 _{20,5}	L4 ₂₁	L4 _{21,5}	L4 ₂₂	L4 _{22,5}	L6 ₁₉	L6 ₂₀	L6 ₂₁
350 m	130 mm	133	141	156	160	164	168	172	176	148	156	164
	150 mm	137	145	162	166	170	174	178	180 ⁽¹⁾	154	162	170
280 m	130 mm	138	147	163	167	171	175	179	183	155	163	171
	150 mm	143	151	168	172	177	181	185	187,5 ⁽²⁾	160	168	177
<div style="background-color: #f4a460; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div> circulation uniquement sur ligne apte à la charge D sauf étude particulière (vérification OA)												
(1) : correspond à la valeur limite du paramètre (B_{qst}) _{réf} pour R = 350 m (voir article 203.2)												
(2) : correspond à la valeur limite du paramètre (B_{qst}) _{réf} pour R = 280 m												



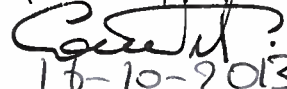
Tableau E. 2 - Autorails et automotrices

Rayon	Insuff.	Autorails et automotrices			
		A	B1 et B2	C2, C3 et C4	D2, D3 et D4
350 m	150 mm	118	133	149	168
	165 mm	120	136	152	172
280 m	150 mm	(3)			
	165 mm				
<div style="background-color: #f4a460; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div> circulation uniquement sur ligne apte à la charge D sauf étude particulière (vérification OA)					
NB : valeurs calculées pour des CNO respectives de 15 – 17 – 19 – 21,5 t					
(3) : Conformément au § 203.1.2 b), le coefficient par défaut permettant de recalculer B_{qst} en fonction du rayon n'a pas pu être déterminé pour les automotrices.					




Fiche d'identification

Titre	Règles d'admission des matériels roulants sur le RFN en fonction de la sollicitation de la voie
Nature du texte	Document de principe
Elaborateur	SNCF - Branche Infrastructure - Direction Projets Système Ingénierie - Département PSIGT-LVE
Référence RFF	RFN-IG-MR 00 A-00-n°001
Version en cours / date	Version 02 du 03-10-2013
Date d'application	Applicable à partir du 3 février 2014

Élaboration (SNCF)

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Jean-Marie HUBERT (PSIGT-LVE.T2)  16-10-2013	Patrick DUPONT (PSIGT-LVE.I1)  16-10-2013	Frédéric COUDERT (PSIGT-LVE.I2)  16-10-2013

Approbation (RFF)

Vérificateur	Approbateur
Olivier CAZIER (Innovations, Référentiels et Systèmes)  07-11-2013	Vincent MAUMY (Directeur Technique de la DQRM)  15-11-2013
Gérard DEMATHIEU (Matériel Roulant)  18/10/2013	

Textes abrogés

- **IG MR 0A n°1** « Règles d'admission des matériels roulants sur le RFN en fonction de la sollicitation de la voie », Document de principe, version 01 du 29/03/2012

Textes de référence

- **Néant**

Textes interdépendants

- Rapport technique IG.EV R1100-2011-01 : « Règles de classification des matériels roulants vis-à-vis de la voie en vue de leur admission sur le RFN »
- IN 2542 (annexe 1) : « Relèvement de la vitesse limite des circulations et cas assimilés. Dispositions techniques à respecter » - Armement de la voie (Conditions de circulation).
- IN 4247 : « Calcul des groupes Demaux »
- IN 2816 : « Mise en circulation d'un nouveau matériel roulant »
- NF EN 15528 : « Catégories de ligne pour la gestion des interfaces entre limites de charges des véhicules et de l'infrastructure »
- NF EN 14363 : « Essais en vue de l'homologation du comportement dynamique des véhicules ferroviaires »
- Fiche UIC 518 : « Essais en vue de l'homologation du comportement dynamique des véhicules ferroviaires »

Historique des éditions et des versions

<i>Version</i>	<i>Date de version</i>	<i>Date d'application</i>
Version 01	29/03/2012	23 avril 2012
Version 02	03/10/2013	2 décembre 2013

Résumé

Ce référentiel a été rédigé afin de clarifier les conditions d'admission du matériel roulant sur le RFN et les conditions de circulation associées du point de vue de la compatibilité avec l'armement de la voie. Ces règles permettront à tout opérateur ou promoteur ferroviaire désirant faire circuler sur le RFN un matériel roulant homologué, de connaître les règles de classification de ce dernier conformément à la NF EN 15528:2009, et les conditions de circulation du point de vue de l'armement de la voie qui pourront lui être accordées.

Distribution RFF

<i>RFF - Siège</i>	<ul style="list-style-type: none">– Directeur de la sécurité du réseau– Directeur de la qualité du réseau et de la maîtrise d'ouvrage– Directeur des grands projets
<i>RFF - Direction régionales</i>	<ul style="list-style-type: none">– Directeur régional– Chef de service gestion du réseau– Chef de service projet d'investissement
<i>SNCF- INFRA</i>	<ul style="list-style-type: none">– Projet Système et Ingénierie
<i>EPSF</i>	<ul style="list-style-type: none">– Direction Référentiel et Affaires Européennes
<i>Autres</i>	<ul style="list-style-type: none">– Entreprises ferroviaires autorisées sur le RFN