



V 1.0, 7 octobre 2014

Référence du dossier : OFT / BAV-041.4-00003/00009/00002/00004/00002

Directive

Attestations du dimensionnement des structures de véhicules, des bogies et organes de roulement des chemins de fer à voie métrique et spéciale

Marche à suivre pour attester

- La solidité des structures des véhicules
- Le comportement des caisses de véhicules en cas de collision
- La solidité des structures des bogies
- La solidité des corps d'essieu
- La solidité des roues

Marche à suivre pour les attestations par
analogie



Mentions légales

Editeur :	Office fédéral des transports, 3003 Berne Divisions Infrastructure et Sécurité
Auteur :	Thomas Schlusemann
Nom du document :	f-Richtlinie_Strukturnachweise_Meter- _und_Spezialspurbahnen_gültige_Version_zur_Veröffentlichung (publié au format PDF)
Echelon Q :	Directive, public
Liaison QM-SI :	<u>QM-Doku_Liste2_Zulassung_von_Rollmaterial</u>
Domaine d'application :	Processus OFT 42
Publication :	sur le site internet de l'OFT
Versions disponibles :	allemand français italien

La présente directive entre en vigueur le 1^{er} novembre 2014.

Office fédéral des transports
Division Sécurité

Division Infrastructure

Pieter Zeilstra, sous-directeur

Toni Eder, sous-directeur

Editions / suivi des modifications

Version	Date	Auteur	Modification	Statut ¹
V 1.0	7.10.2014	Thomas Schlusemann	Nouvelle version	En vigueur / EDT, ZEP

¹ Les états prévus du document sont: en chantier / en révision / en vigueur (/ avec visa) / remplacée

Table des matières

1. But de la directive	4
2. Attestation de la solidité des caisses selon EN 12663-1.....	5
3. Programme de réception technique des caisses.....	6
4. Attestation de la sécurité passive contre collision	7
5. Preuve de solidité des cadres de bogie.....	8
6. Preuve de solidité des corps d'essieu	9
7. Preuve de solidité des roues.....	9
8. Marche à suivre lors d'application par analogie.....	10
ANNEXE 1: Littérature.....	11

1. But de la directive

La présente directive a pour but de définir les bases nécessaires à la tenue du dossier de sécurité des structures des véhicules, des bogies et organes de roulement des véhicules ferroviaires.

Elle porte sur les véhicules à exploiter sur les voies ferrées suisses à voie métrique ou spéciale.

Les bases légales de la présente directive sont : la loi fédérale sur les chemins de fer (LCdF, état le 1^{er} juillet 2013), l'ordonnance sur les chemins de fer (OCF, état le 1^{er} juillet 2013) et les dispositions d'exécution de l'OCF (DE-OCF, état le 1^{er} août 2013), de même que la directive sur l'homologation des véhicules ferroviaires (version du 1^{er} janvier 2014).

Sont déterminantes les normes suivantes, dans leur version en vigueur le 1^{er} novembre 2014 :

- SN EN 12663-1 « Prescriptions de dimensionnement des structures de véhicules ferroviaires »,
- SN EN 15227 « Exigences en sécurité passive contre collision pour les structures de caisses des véhicules ferroviaires »,
- SN EN 13103 « Essieux-axes porteurs – Méthode de conception »,
- SN EN 13104 « Essieux-axes moteurs – Méthode de conception »,
- SN EN 13260 « Essieux montés – Prescriptions pour le produit »,
- SN EN 13262 « Roues – Prescriptions pour le produit »,
- SN EN 13749 « Exigences en matière de résistance des structures de châssis de bogie »,
- SN EN 13979-1 « Procédure d'homologation technique – roues forgées et laminées »,
- EN 15085-1 à 5 « Soudage des véhicules et des composants ferroviaires »,
- SN EN 50126-1 « Spécification et démonstration FDMS »,
- UIC 510-5 « Homologation technique des roues monobloc ».

En ce qui concerne la vérification des attestations nécessaires à la tenue du dossier de sécurité, nous renvoyons aux dispositions de la directive « Organismes de contrôle indépendants Chemins de fer », entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2013.

La marche à suivre lors de modifications techniques ou des conditions d'utilisation est réglée dans une directive séparée, cf. annexe 1.

2. Attestation de la solidité des caisses selon EN 12663-1

- L'attestation de la solidité de la structure des caisses conformément à la norme EN 12663-1 implique d'élucider les points suivants :
 - Définition des masses
 - Attestation de résistance à la limite élastique, de la résistance à la rupture et de l'instabilité locale
 - Coefficients de sécurité
 - Charges statiques
 - Charges à la fatigue
 - Contraintes admissibles des matériaux
 - Programme de validation selon tableau 19 de la norme EN 12663-1

Tableau 19 – Récapitulatif du programme de validation

	Calculs complets de structure	Calculs comparatifs de structure à l'échelle locale ou globale	Essais statiques	Essais de fatigue et/ou en service
Nouvelle conception	oui	sans objet	oui	uniquement requis si d'autres méthodes ne démontrent pas une sécurité suffisante
Evolution de la conception et/ou nouvelle application	non	oui	aucun programme d'essai ou un programme d'essai réduit	uniquement requis si d'autres méthodes ne démontrent pas une sécurité suffisante
Conception identique et nouvelle application				
Evolution de la conception, application similaire	non	oui	aucun programme d'essai ou un programme d'essai réduit	non
NOTE : Une nouvelle conception est un produit (véhicule ou une partie élémentaire) qui a été créé récemment et n'a pas de lien direct avec aucun produit similaire existant). Une évolution de la conception est un produit (véhicule ou partie élémentaire) qui est fondé sur un produit similaire existant et a un lien direct avec ce produit existant.				

3. Programme de validation des caisses

- La classification de la caisse selon les catégories P-III, P-IV et P-V doit être concertée avec l'OFT et en fonction de l'affectation prévue.
- On peut renoncer à un test statique si :
 - La structure de la caisse est dérivée directement d'une structure déjà homologuée (c.-à-d. modèle perfectionné, avec peu de modifications géométriques telles que déplacements mineurs des portes ou des fenêtres),
 - Condition : attestation de solidité validée et acceptée de la structure de caisse précédente, ayant passé avec succès les contrôles par calcul et les tests ainsi que la comparaison des résultats calculés avec les résultats mesurés lors des essais.
 - La structure de la caisse est de construction similaire (par ex. profils en aluminium, mais dimensions ou équipement différents du véhicule) à un avant-projet pour lequel a structure de la caisse a déjà été validée (c.-à-d. coefficients suffisamment bas lors du calcul et du test statique, comparaison positive des résultats calculés avec les résultats mesurés. Un projet du domaine de la voie normale peut également être considéré comme avant-projet,
 - Condition : pour attester numériquement la solidité, il faut appliquer la même stratégie de modélisation (calcul par éléments finis FE, types d'éléments et maillage du réseau) et d'évaluation que pour le projet initial ayant passé avec succès les contrôles par calcul et les tests ainsi que la comparaison des résultats calculés avec les résultats mesurés lors des essais.
 - La construction est nouvelle, mais le nombre de caisses de la série est inférieur à 10,
 - Condition : pour attester numériquement la solidité, il faut appliquer la même stratégie de modélisation (calcul par éléments finis FE, types d'éléments et maillage du réseau) et d'évaluation que pour l'avant-projet ayant passé avec succès les contrôles par calcul et les tests ainsi que la comparaison des résultats calculés avec les résultats mesurés lors des essais.
- Si l'on renonce à un test statique, la norme EN 12663-1 requiert un coefficient de sécurité plus élevé de 1,15 par rapport à celui de la limite d'élasticité.
- Si les caisses satisfont en plus aux exigences en matière de sécurité en cas de collisions sur la base de la norme EN 15227, un coefficient de sécurité de 1,0 par rapport à celui de la limite d'élasticité est suffisant.
- Les constructions assemblées par cordons de soudure sont évaluées et réalisées conformément à la norme EN 15085 (auparavant : DIN 6700).
- Charge à prendre en compte :
 - Statique conformément aux DE-OCF
 - Fatigue : sur la base de la norme SN EN 12663-1, ch. 6.6, à définir dans le cahier des charges et à concerter avec le client et l'OFT.

4. Attestation de la sécurité passive en cas de collisions

- L'attestation est effectuée selon l'état de la technique sur la base des normes SN EN 15227, CSM-RA, EN 50126 et selon le manuel OFT « Evaluation des risques » (cf. annexe 1), avec le concours des entreprises de transport ferroviaire concernées.
- Si les conditions d'utilisation changent et influent sur le risque de collision, il y a lieu d'actualiser l'évaluation des risques. La marche à suivre est définie par la directive sur les modifications techniques (cf. annexe 1).
- Catégories :
 - Chemins de fer à voie normale (circulant sur le réseau CFF/BLS) : C-I
 - Véhicules à voie métrique et chemins de fer à crémaillère : C-III
 - Tramways : C-IV
- Evaluation des risques sur les tronçons conformément à l'affectation prévue, compte tenu de la compatibilité avec les véhicules existants.
- L'évaluation des risques comprend les étapes suivantes : analyse des risques (identifier le danger et évaluer la probabilité d'occurrence), définition des mesures, évaluation de la diminution des risques, analyse et évaluation du risque résiduel.
- L'évaluation des risques tient compte par ex. :
 - Objets de collision potentiels et probabilité de collision
 - Nombre de passages à niveau
 - Sécurisation des passages à niveau
 - Visibilité des passages à niveau
 - Equipements de sécurité (tels que contrôle de la marche des trains)
 - Potentiel de freinage
- Sur cette base, des adaptations peuvent être proposées à l'OFT :
 - Adaptation des vitesses de collision
 - Adaptation ou suppression / complément de scénarios de collision
- Requis :
 - Discussion avec l'OFT sur l'évaluation des risques
 - Autorisation par l'OFT du programme d'attestation
- En règle générale, les parties sujettes à collision ne font pas l'objet de tests dynamiques en grandeur nature ; en cas de constructions comparables au sens de la norme EN 15227, on peut tout au plus effectuer des tests de composants (modules crash), pour lesquels il est permis de se fonder sur des résultats de tests précédents.
- Pour attester la sécurité en cas de collisions sans test dynamique, il faut appliquer la même stratégie de modélisation (calcul par éléments finis FE, types d'éléments et maillage du réseau) et d'évaluation que pour l'avant-projet ayant passé avec succès les contrôles par calcul et les tests ainsi que la comparaison des résultats calculés avec les résultats mesurés lors des essais.
- En règle générale, la comparaison avec un test de composants est également suffisante pour attester que la modélisation de toute la structure de la caisse répond aux exigences en matière de collision.

5. Preuve de solidité des cadres de bogie

- L'attestation de la résistance aux sollicitations statiques et à la fatigue se base sur les hypothèses de charges. Ces hypothèses découlent de l'affectation du véhicule que le commanditaire de ce dernier a définie.
- Charge pour chemins de fer touristiques (non utilisés dans le trafic RER) – attestation statique : conformément aux DE-OCF
- Charge pour chemins de fer touristiques (non utilisés dans le trafic RER) – fatigue :
 - Toujours occupation de 100 % des places assises, y c. sièges rabattables,
 - Les places debout sont occupées de manière à atteindre 50 % de la charge totale (places assises et places debout) selon les DE-OCF,
 - Davantage si l'affectation prévue le laisse supposer.
- Il y a lieu d'appliquer les normes de rigidité conformément à l'état de la technique (par ex. directive FKM, recommandations IIW, Eurocode 3, DVS1612 (version actuelle), DVS1608:2010, ...).
- Les systèmes de fixation répondent à l'état actuel de la technique.
- Au cours de la procédure d'homologation, il est instamment recommandé d'harmoniser assez tôt avec l'OFT les hypothèses de charges et le concept global d'attestation.
- Outre le calcul de la solidité, il faut effectuer une course d'essai suivie d'une attestation de la résistance aux contraintes d'exploitation (règle de Miner).
- Il est renoncé à un essai statique ou à un essai de fatigue.
- Lors de l'essai sur tronçon, il faut prévoir une vingtaine d'extensomètres à résistance par cadre de bogie, placées en des endroits fortement sollicités. Il y a lieu d'effectuer deux courses sur les tronçons prévus, véhicules chargés à la limite de fatigue. Les résultats mesurés font ensuite l'objet d'un comptage *rainflow*, puis d'un calcul et d'une évaluation sur toute la durée de vie prévue. Un coefficient d'incertitude de 1,05 est applicable aux valeurs mesurées. Le dégât total est défini pour chaque point de mesure.
- Un coefficient de sécurité de 1,0 est alors suffisant pour l'attestation calculée ainsi que les essais suivis de l'attestation de la résistance aux contraintes d'exploitation.
- L'attestation de solidité calculée seule suffit lorsque la structure du bogie est dérivée directement d'un modèle déjà homologué, moyennant uniquement de légères modifications de la construction, par ex. au niveau des supports de frein, et que l'on applique des méthodes de modélisation et d'évaluation validées, permettant d'attester des coefficients de charge suffisamment faibles.
- Conditions :
 - Attestation de solidité conformément à la norme EN 13479 (au moins procédure à deux niveaux) validée pour le bogie similaire déjà homologué.
 - Pour attester numériquement la solidité, il faut appliquer la même stratégie de modélisation (calcul par éléments finis FE, types d'éléments et maillage du réseau) et d'évaluation que pour le projet initial.
 - La norme appliquée doit correspondre à l'état de la technique.

6. Preuve de solidité des corps d'essieu

- Adaptation en fonction des sollicitations réelles ou prévues sur la base des prestations kilométriques annuelles :
- Coefficients de réduction des charges issus des normes EN 13104/EN 13103 en fonction des prestations kilométriques annuelles effectives pour les chemins de fer touristiques (hypothèse : exposant k de la courbe de Wöhler = 7):
- Base pour les charges selon les normes EN 13103/EN 13104 : 200 000 km par an

Prestations km annuelle :	Coefficient de réduction « f »
Jusqu'à 40 000 km	0,79
50 000 km	0,82
60 000 km	0,84
70 000 km	0,86
80 000 km	0,88
100000 km	0,91
140 000 km	0,95
150 000 km	0,96
dès 200 000 km	1,00

- Lors du changement des roues, mais au moins tous les 6 ans, il y a lieu de soumettre les corps d'essieu à un contrôle non destructif afin de vérifier l'absence de fissures.
- Chemins de fer exclusivement à crémaillère : vu la faible prestation kilométrique, il y a lieu, lors des révisions du mécanisme mais au moins tous les 12 ans, de soumettre les corps d'essieu à un contrôle non destructif afin de vérifier l'absence de fissures.

7. Preuve de solidité des roues

- Attestation selon la norme EN 13979-1 et la fiche UIC 510-5:2007
- Les essais ne sont pas nécessaires si l'attestation calculée fait état de coefficients de charge suffisamment faibles.
- Déclaration de conformité aux normes EN 13260 et EN 13262
- Lorsqu'il s'agit de pneus ou de roues comprenant des éléments en caoutchouc, il y a lieu de procéder par analogie aux normes précitées, après concertation avec l'OFT.

8. Marche à suivre pour les applications par analogie

Les déclarations quant aux structures à attester découlent de considérations relatives à des structures comparables.

Le but de cette approche est de limiter le travail destiné à l'attestation de la solidité sans devoir faire de compromis en matière de sécurité de la structure en question.

De manière générale, les structures à attester doivent satisfaire au droit et aux normes en vigueur.

L'expérience de l'exploitation peut servir de preuve pratique à l'évaluation de la structure en question. Cette approche est basée sur la comparaison de l'ensemble des charges et doit dans tous les cas être concertée préalablement avec l'OFT.

Pour les structures de caisses, nous renvoyons à la marche à suivre conformément au tableau 19 de la norme SN EN 12663-1, représenté aussi en p. 5 du présent document.

ANNEXE 1: Littérature

Notion	Commentaire
Manuel OFT d'évaluation des risques	Methode zur Beurteilung des individuellen Risikos (uniquement en allemand)
CSM-RA	Regulation 402/2013 on the CSM for risk assessment and repealing Regulation 352/2009
Directive Modifications	OFT, prévu début 2015