

R RTE 41000

Maintenance des essieux

Voie normale

**Version préliminaire
du 03.08.2026 pour
consultation unique**

Projet

Édité par UTP	Édité le xx.xx.20xx	Subordonné à –
Élaboré par Groupe de projet RTE	Approuvé par PL RTE	Remplace R RTE 41000 du 01.09.2015
Distribution Entreprises de chemin de fer de l'UTP (voie normale) Office fédéral des transports (OFT) Webshop RTE/téléchargement RTE (rte.utp.ch)	Entrée en vigueur Chaque entreprise de chemin de fer définit la date d'entrée en vigueur de cette réglementation en son sein.	Versions linguistiques d, f Nombre de pages xx

Maintenance des essieux

Voie normale



Conditions d'utilisation relatives à l'ouvrage de référence en matière de technique ferroviaire (RTE)

Lors de l'utilisation des documents, il convient de garder à l'esprit qu'ils ont été rédigés pour répondre exclusivement aux besoins des chemins de fer et des entreprises de transports publics suisses et qu'ils sont réservés à cet usage. Par conséquent, une utilisation correcte suppose d'avoir suivi une formation tant théorique que pratique dans ce domaine. L'ouvrage de référence RTE se limite à deux niveaux de documents:

- Les documents R viennent compléter ou améliorer les prescriptions souveraines et les normes techniques. Les instructions qu'ils donnent doivent être suivies comme tout règlement.
- Les documents D comprennent des manuels et des documentations servant de recommandations ou d'aides dans le quotidien professionnel ou, à titre exceptionnel, reflètent l'état de la technique et représentent la pratique effective en vue d'une standardisation.

Les formulations masculines employées dans le présent document valent sans discrimination pour les personnes de tous les sexes.

L'Union des transports publics (UTP) et les personnes ayant participé à l'élaboration de la présente réglementation de l'Ouvrage de référence en matière de technique ferroviaire (RTE) ne sont pas responsables des dommages pouvant résulter de l'utilisation des informations tirées de la réglementation. Aucune garantie n'est donnée quant au fait que les indications fournies soient complètes et exactes.

Groupe de projet RTE**Direction**

Wolfgang Kling, BLS SA, Spiez

Membres

Dominik Oliver Gürtler, Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), Berne
Ralf Willkommen, Schweizerische Südostbahn (SOB), Herisau

Traduction

Trad8, Delémont

Révision

Martin Strobel, Union des transports publics (UTP), Berne

Éditeur

UTP Union des transports publics
Système ferroviaire
Dählhölzliweg 12, CH-3005 Berne
www.utp.ch, RTE@utp.ch

Impression

Édition reliée Peter Gaffuri AG, Berne

Webshop RTE/téléchargement RTE

rte.utp.ch

ISBN xx

© Union des transports publics, Berne, mois 20xx

Historique des modifications

Édité le	Modifications
01.09.2015	1 ^{re} édition
xx.xx.20xx	2 ^e édition

Projet

Avant-propos

Le R RTE 41000 réunit les connaissances de base nécessaires à la maintenance d'essieux, d'une part pour la maintenance préventive à l'état monté, et d'autre part pour la remise à neuf complète. Ceci englobe la désignation correcte des différentes pièces et des parties d'essieux, les mesures, les valeurs limites selon les normes usuelles et des indications relatives aux essais non destructifs.

En outre, la réglementation décrit les principes de base de l'ensemble de la maintenance et les étapes usuelles de celle-ci ainsi que leurs contenus.

La réglementation explique également les couches de peinture et le marquage, de même que le stockage et le transport corrects. Un chapitre est consacré à la technique de mesure des grandeurs de l'essieu. Elle décrit en outre des particularités de la maintenance d'essieux sur la base des expériences faites par les chemins de fer suisses, qui ne figurent dans aucune autre réglementation.

Le R RTE 41000 n'est pas seulement une réglementation fondée sur des chiffres, mais tente de transmettre des connaissances approfondies et sert ainsi de référence précieuse également pour les personnes qui ne s'occupent pas principalement d'essieux, mais souhaitent seulement obtenir des informations sur certains sous-domaines. Le style d'écriture est volontairement peu scientifique afin de permettre une lecture aisée à tous les utilisateurs et les inciter à ouvrir la réglementation lorsque l'occasion se présente.

L'application du R RTE 41000 permet d'effectuer correctement la maintenance d'essieux de différents types de construction conformément aux règles techniques en vigueur. Toutes les indications, et en particulier les valeurs limites et les prescriptions techniques, sont alignées sur les différentes normes et prescriptions souveraines.

Berne, le xx mois 20xx

1	Généralités	13
1.1	Buts de la présente réglementation	13
1.2	Application	13
1.2.1	Champ d'application	13
1.2.2	Exceptions.....	13
2	Bases	14
2.1	Réglementations souveraines	14
2.2	Normes	15
2.3	Réglementations RTE et réglementations des chemins de fer	17
2.4	Directives et fiches	18
2.5	Autres bases utilisées de manière limitée.....	19
3	Abréviations, termes et définitions.....	21
3.1	Abréviations	21
3.2	Termes.....	22
3.3	Définitions	23
3.3.1	Détenteur	23
3.3.2	Types d'atelier	23
3.3.3	Distinction entre wagon de marchandises et wagon de service	23
4	Principes.....	24
4.1	Évaluation lors de la conception – conditions particulières suisses	24
5	Maintenance générale	25
5.1	Définition de la maintenance	25
5.2	Motivations de la maintenance	26
5.2.1	Sécurité	26
5.2.2	Fiabilité et disponibilité	26
5.2.3	Rentabilité	27
5.3	Objectif de la maintenance	27
5.4	Fonctions de maintenance	27
5.4.1	Exigences relatives à la maintenance.....	28
5.4.2	Ouvrage de référence pour la maintenance.....	28
5.4.3	Planification et analyse de la maintenance	29
5.4.4	Réalisation de la maintenance.....	29
6	Définition des essieux à voie normale.....	30
6.1	Composants d'essieux	30
6.1.1	Essieu	30
6.2	Types de composants d'essieux.....	31
6.2.1	Essieu-axe	32
6.2.2	Roue	33
6.2.3	Boîte d'essieu.....	37
6.2.4	Composants du système de freinage	39
6.2.5	Composants de l'unité de traction.....	40
6.2.6	Composants de mise à la terre	42
6.3	Terminologie et désignations.....	43
6.3.1	Désignations des pièces d'un essieu	43
6.3.2	Caractéristiques géométriques de l'essieu	44

6.4	Acquisition de composants neufs	45
6.4.1	Essieux complets	46
6.4.2	Roues monoblocs, jantes et bandages	46
6.4.3	Essieu-axe	46
6.4.4	Pièces de l'entraînement	47
6.4.5	Responsabilités lors des essais	47
6.5	Profils de roue	48
6.5.1	Types de profil de roue	49
6.5.2	Écart de forme du profil de roue	50
6.5.3	Finition de surface de la jante	51
6.5.4	Sillon limite	52
6.6	Critères d'évaluation	54
6.6.1	Critères d'évaluation du profil de roue	55
6.6.2	Critères d'évaluation des essieux en général	67
7	Essais non destructifs	114
7.1	Méthodes d'essai non destructif	114
7.1.1	Procédés capillaires	114
7.1.2	Procédés magnétiques et inductifs	115
7.1.3	Procédés acoustiques	116
7.1.4	Procédés par rayonnement	117
7.1.5	Procédés d'essai appliqués aux essieux	117
7.1.6	Exigences relatives au personnel en charge des essais	117
7.2	Intervalles des essais non destructifs	118
7.3	Marche à suivre et activités	119
7.4	Essai UT	120
7.5	Essai MT	126
7.6	Essai ET	126
8	Planification de la maintenance et intervalles de maintenance	127
8.1	Nomenclature des intervalles de maintenance	127
8.2	Intervalles de maintenance des essieux de voitures et de véhicules moteurs	128
8.2.1	Niveaux de contrôle (inspection)	128
8.2.2	Niveaux de révision (remise en état)	129
8.3	Intervalles de maintenance pour les wagons de marchandises et les wagons de service	130
8.3.1	Intervalles pour les essieux de wagons de marchandises dans le cadre d'une exploitation internationale	131
8.3.2	Intervalles pour les essieux de wagons de marchandises et de wagons de service dans le cadre d'une exploitation en Suisse	132
8.3.3	Différences d'intervalle entre l'exploitation internationale et l'exploitation en Suisse	133
8.3.4	Niveau de maintenance IS 0 (inspection)	133
8.3.5	Niveau de maintenance IS 1	134
8.3.6	Niveau de maintenance IS 2	134
8.3.7	Niveau de maintenance IS 3	134
8.3.8	Niveau de maintenance IL	134
8.4	Caractéristiques d'usure sur les essieux	135
8.4.1	Caractéristiques d'usure du diamètre de la roue	135
8.4.2	Caractéristiques d'usure du profil de roue	138

9	Maintenance des essieux de locomotives et de véhicules de transport de voyageurs	139
9.1	Exigences relatives aux ateliers de maintenance	139
9.2	Niveaux de contrôle C1-C4 et R0 de la maintenance légère	139
9.2.1	Contrôles (C1-C4) des essieux	140
9.2.2	Travaux de réparation autorisés sur l'essieu	140
9.2.3	Reprofilage sur le tour en fosse (R0, essieu monté)	142
9.2.4	Contrôles réalisés après des événements spéciaux	142
9.3	Niveaux de révision R0-R4 de la maintenance lourde	143
9.3.1	Principales activités de la remise à neuf R0-R4	143
9.3.2	Mesure de la géométrie effective de l'essieu à l'entrée en maintenance	143
9.3.3	Démontage de la boîte d'essieu	143
9.3.4	Démontage des composants d'essieux	143
9.3.5	Remise à neuf de l'essieu-axe	144
9.3.6	Réparations de l'essieu-axe et du voile de roue	144
9.3.7	Reprofilage sur le tour à portique (R0, essieu démonté)	144
9.3.8	Calage des composants sur l'essieu-axe	145
9.3.9	Remplacement du bandage	145
9.3.10	Équilibrage de l'essieu porteur	147
9.3.11	Reprise des disques de frein	147
9.3.12	Dispositif d'amortissement du bruit	147
9.3.13	Révision de la boîte d'essieu (roulement à rotule, etc.)	148
9.3.14	Révision des roulements cartouches	148
9.3.15	Montage de la boîte d'essieu	148
9.3.16	Peinture de l'essieu	148
10	Maintenance des essieux de wagons de marchandises et de wagons de service	149
10.1	Exigences minimales relatives aux ateliers de maintenance	149
10.1.1	Personnel	149
10.1.2	Dispositifs de mesure et moyens d'exploitation	149
10.1.3	Gestion des documents	150
10.2	Niveau de maintenance IS 0	150
10.3	Niveau de maintenance IS 1	151
10.4	Niveau de maintenance IS 2	152
10.5	Niveau de maintenance IS 3	152
10.5.1	Démontage des roues	152
10.5.2	Montage des roues	153
10.6	Marquage	154
10.7	Documentation de la remise à neuf	156
11	Documentation/gestion des données	157
11.1	Catégories de durée pour la sauvegarde des données	157
12	Nettoyage, lubrification et protection contre la corrosion	163
12.1	Nettoyage	163
12.1.1	Méthodes de nettoyage	163
12.1.2	Standards de nettoyage	165
12.2	Lubrification	166

12.2.1	Boîte d'essieu.....	166
12.2.2	Boîte de transmission et composants de l'entraînement.....	169
12.3	Protection anticorrosion pour l'exploitation	169
12.3.1	Protection anticorrosion de l'essieu-axe	170
12.3.2	Protection anticorrosion des roues	173
12.3.3	Corps de boîte d'essieu.....	174
12.3.4	Protection anticorrosion de l'essieu complet.....	175
12.3.5	Préparation de la base	175
12.3.6	Types de revêtement.....	176
12.3.7	Retouches de peinture sur les essieux	178
12.4	Protection anticorrosion temporaire pour le stockage	179
12.4.1	Protection anticorrosion de courte durée	179
12.4.2	Protection anticorrosion de longue durée	179
13	Transport et stockage des essieux et de leurs pièces	181
13.1	Stockage	181
13.1.1	Stockage des essieux-axes	181
13.1.2	Stockage des essieux (de wagons)	182
13.1.3	Stockage des roues.....	183
13.2	Transport des essieux	185
13.2.1	Remarques importantes	185
13.2.2	Contrôles	185
13.2.3	Équipements de transport pour les essieux (avec des machines de transport)	186
13.2.4	Équipements de levage des essieux (avec des grues)	186
13.2.5	Équipements de transport sur des véhicules	187
13.3	Stockage temporaire des essieux.....	190
13.4	Équipements de transport pour les composants des essieux	191
13.4.1	Transport et stockage temporaire des essieux-axes.....	191
13.4.2	Transport et stockage temporaire des roues	191
14	Dispositifs de mesure et méthodes de mesure du profil de roue pour les essieux.....	192
14.1	Mesure des grandeurs géométriques et physiques de l'essieu.....	192
14.1.1	Incertitude de mesure.....	193
14.1.2	Systèmes de référence.....	196
14.1.3	Gestion des dispositifs de mesure et étalonnage.....	196
14.2	Saisie des valeurs de mesure sur le profil de roue	197
14.2.1	Épaisseur du boudin S_d	197
14.2.2	Hauteur du boudin Sh	197
14.2.3	Pente du flanc q_R	198
14.2.4	Largeur de la jante B_R	199
14.2.5	Écrasement a	199
14.2.6	Usure concave h	200
14.2.7	Profil de roue entier	200
14.3	Saisie des valeurs de mesure de l'essieu	202
14.3.1	Écartement des faces internes de l'essieu A_R	202
14.3.2	Écartement extérieur des boudins S_R	203
14.3.3	Diamètre de roue D	204
14.3.4	Épaisseur du bandage b pour les roues bandagées	207

14.3.5	Usure concave et épaisseur résiduelle sur les disques de frein	208
14.3.6	Battement radial H.....	209
14.3.7	Battement latéral G.....	211
14.3.8	Balourd U	212
14.3.9	Résistance électrique R.....	214
14.3.10	Poids m	215
14.4	Instruments de mesure et équipements pour les mesures sur l'essieu	215
14.4.1	Mesure électronique combinée.....	215
14.4.2	Mesure mécanique combinée.....	218
14.4.3	Mesure de cotes et de grandeurs individuelles	218
15	Spécificités de la maintenance des essieux	228
15.1	Efforts de calage et méthode de montage des roues monoblocs et des moyeux de roue	228
15.1.1	Calage des corps de roue et des roues monoblocs à froid	229
15.1.2	Contrôle qualité des corps de roue et des roues monoblocs montés à froid	232
15.1.3	Retouche de la portée de calage des moyeux sur les essieux-axes	235
15.2	Contraintes résiduelles sur les jantes des roues monoblocs.....	238
15.2.1	Effet des contraintes thermiques sur des roues monoblocs	238
15.2.2	Traitement des roues monoblocs ayant subi un dommage thermique dans le cadre de la maintenance lourde et valeurs limites pour la mesure des contraintes résiduelles	240
15.3	Appariement des roues monoblocs et des disques de frein sur essieu-axe pour l'équilibrage	242
15.3.1	Appariement d'essieux équipés de roues monoblocs	242
15.3.2	Appariement d'essieux équipés de roues monoblocs avec deux ou trois disques de frein sur essieu-axe	243
16	Bibliographie	245
16.1	Sources.....	245
16.2	Bibliographie complémentaire	245
16.3	Liste des figures	246
Annexe A1 – A3 (général)		248
A1	Dessins de profils de roue	248
A1.1	Profil de roue CFF 28-2.....	249
A1.2	Profil de roue CFF 28-2 Réduction I	250
A1.3	Profil de roue CFF 28-2 Réduction II	251
A1.4	Profil de roue CFF 28-2 Réduction III	252
A1.5	Profil de roue CFF 28-2 Réduction IV.....	253
A1.6	Profil de roue CFF 28-3.....	254
A1.7	Profil de roue CFF 30-2.....	255
A1.8	Profil de roue CFF 30-3.....	256
A1.9	Profil de roue CFF 32-3.....	257
A1.10	Profil de roue VSG RN02.058	258
A1.11	Profil de roue DB 60°/4020.....	259
A1.12	Profil de roue Matisa MR 10443.0	260
A1.13	Profil de roue Plasser UD00.1035	261
A2	Dessins des instruments de mesure mécaniques	262

A2.1	Calibre pour la mesure des boudins	263
A2.2	Calibre pour la mesure de la cote q_R	265
A2.3	Calibre pour la mesure de l'usure concave.....	266
A2.4	Calibre pour la mesure de la largeur de jante	267
A3	Catalogue des causes de reprofilage	268

Projet

1 Généralités

1.1 Buts de la présente réglementation

La présente réglementation décrit les travaux de maintenance qui doivent être réalisés sur des essieux à voie normale en fonction de leur utilisation, en tenant compte des réglementations souveraines et des conditions d'application internationales. Les valeurs limites et les prescriptions qui n'étaient jusqu'à présent pas clairement définies dans les normes et directives sont précisées, dans la mesure du possible, dans la présente réglementation, en tenant compte des pratiques en vigueur jusqu'ici.

Cette réglementation vise à unifier les règles appliquées aux essieux par les différents techniciens de maintenance en Suisse, et à consigner les connaissances professionnelles existantes.

1.2 Application

1.2.1 Champ d'application

La présente réglementation RTE s'applique à la maintenance des essieux à voie normale qui ne relèvent pas des exceptions prévues à la section 1.2.2.

1.2.2 Exceptions

Cette réglementation ne concerne pas ou ne concerne qu'en partie les essieux des véhicules suivants:

- les chemins de fer à crémaillère, les essieux à roues dentées
- les véhicules historiques, en particulier les locomotives à vapeur
- les chemins de fer industriels
- les trains de roulement avec des disques de roue montés individuellement de type System Talgo/TransGoldenPass
- les véhicules équipés d'essieux à écartement variable

2 Bases

Les réglementations et normes suivantes fournissent entre autres des informations ou des prescriptions concernant:

- les intervalles de maintenance
- le montage/démontage des composants
- la géométrie/les dimensions/les cotes limites
- les contrôles/méthodes d'essai
- l'entretien/la maintenance en général
- les réfections admissibles

Remarque:

Les aide-mémoires UIC utilisés à l'origine pour la livraison des essieux ne précisent ni les méthodes de qualification des produits, ni les propriétés des produits. Les aide-mémoires UIC ont par conséquent été en partie abrogés et remplacés par des normes SN EN (exemple: UIC 813 → SN EN-13260; UIC 811-1/-2 → SN EN 13261). Ces aide-mémoires UIC sont néanmoins évoqués dans la présente réglementation afin de fournir une vue d'ensemble générale des documents existants sur ce thème. Des informations peuvent éventuellement en être dérivées. Cela concerne aussi d'autres normes et documents.

La hiérarchie des réglementations et des normes est définie au R RTE 11000.

2.1 Réglementations souveraines

DE-OCF RS 742.141.11	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (dispositions générales, maintenance)	État 01.07.2024
STI WAG Règlement (UE) 321/2013	Règlement du 13 mars 2013 relatif à la spécification technique d'interopérabilité concernant le sous-système «matériel roulant – wagons pour le fret» du système ferroviaire dans l'Union européenne et abrogeant la décision 2006/861/CE de la Commission; modifié en dernier lieu par le règlement d'exécution (UE) 2023/1694	État 28.09.2023
STI LOC&PAS Règlement (UE) 1302/2014	Règlement du 18 novembre 2014 concernant une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système «matériel roulant» – «Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers» du système ferroviaire dans l'Union européenne; modifié en dernier lieu par le règlement d'exécution (UE) 2023/1694	État 10.08.2023
STI INF Règlement (UE) 1299/2014	Règlement du 18 novembre 2014 concernant les spécifications techniques d'interopérabilité relatives au sous-système «Infrastructure» du système ferroviaire dans l'Union européenne; modifié en dernier lieu par le règlement d'exécution (UE) 2023/1694	État 28.09.2023

ECM Règlement d'exécution (UE) 2019/779	Règlement d'exécution (UE) du 16 mai 2019 établissant des dispositions détaillées concernant un système de certification des entités chargées de l'entretien des véhicules conformément à la directive (UE) 2016/798 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant le règlement (UE) n° 445/2011 de la Commission	État 16.06.2020
--	--	--------------------

2.2 Normes

SN EN 1330-1	Essais non destructifs – Terminologie – Partie 1: liste des termes généraux	Édition 2015
SN EN 1330-2	Essais non destructifs – Terminologie – Partie 2: termes communs aux méthodes d'essais non destructifs	Édition 1999
SN EN 1330-3	Essais non destructifs – Terminologie – Partie 3: termes pour le contrôle radiographique industriel	Édition 1998
SN EN ISO 5577	Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Vocabulaire	Édition 2017
SN EN ISO 12707	Essais non destructifs – Magnétoscopie – Vocabulaire	Édition 2016
SN EN ISO 20484	Essais non destructifs – Contrôle d'étanchéité – Vocabulaire	Édition 2017
SN EN 1330-9	Essais non destructifs – Terminologie – Partie 9: termes utilisés en contrôle par émission acoustique	Édition 2017
SN EN 1330-10	Essais non destructifs – Terminologie – Partie 10: termes utilisés en contrôle visuel	Édition 2003
SN EN 1330-11	Essais non destructifs – Terminologie – Partie 11: diffraction des rayons X de matériaux polycristallins et amorphes	Édition 2007
SN EN 1369	Fonderie – Contrôle par magnétoscopie	Édition 2012
SN EN 12080+A1	Applications ferroviaires – Essieux – Roulements	Édition 2022
SN EN 12081+A1	Applications ferroviaires – Essieux – Graisses pour lubrification	Édition 2017
SN EN 12082+A1	Applications ferroviaires – Essieux – Essais de performance	Édition 2021
SN EN 13103-1 +A1	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Partie 1: méthode de conception des essieux-axes avec fusées extérieures	Édition 2023
CEN/TS 13103-2	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Partie 2: méthode de conception pour les essieux-axes à fusées intérieures	Édition 2021

SN EN 13260	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Essieux montés – Prescriptions pour le produit	Édition 2021
SN EN 13261	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Essieux-axes – Prescriptions pour le produit	Édition 2024
SN EN 13262	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Roues – Prescriptions pour le produit	Édition 2026
SN EN 13306	Maintenance – Terminologie de la maintenance	Édition 2018
SN EN 13715	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Roues – Profil de roulement	Édition 2020
SN EN 13979-1	Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Roues monobloc – Procédure d'homologation technique – Partie 1: roues forgées et laminées	Édition 2024
SN EN 14363+A2	Applications ferroviaires – Essais et simulations en vue de l'homologation des caractéristiques dynamiques des véhicules ferroviaires – Comportement dynamique et essais stationnaires	Édition 2022
SN EN 14865-1 +A1	Applications ferroviaires – Graisses lubrifiantes pour boîtes d'essieux – Partie 1: méthode d'essai d'aptitude à lubrifier	Édition 2011
SN EN 14865-2 +A2	Applications ferroviaires – Graisses lubrifiantes pour boîtes d'essieux – Partie 2: méthode d'essai de stabilité mécanique pour des vitesses de véhicules allant jusqu'à 200 km/h	Édition 2011
SN EN 15085-1	Applications ferroviaires – Soudage des véhicules et des composants ferroviaires – Partie 1: généralités	Édition 2023
SN EN 15085-2 +A2	Applications ferroviaires – Soudage des véhicules et des composants ferroviaires – Partie 2: exigences de qualité du constructeur	Édition 2025
SN EN 15085-3 +A1	Applications ferroviaires – Soudage des véhicules et des composants ferroviaires – Partie 3: exigences de conception	Édition 2023
SN EN 15085-4	Applications ferroviaires – Soudage des véhicules et des composants ferroviaires – Partie 4: exigences de production	Édition 2023
SN EN 15085-5	Applications ferroviaires – Soudage des véhicules et des composants ferroviaires – Partie 5: vérification, contrôles et documentations	Édition 2023
SN EN 15313	Applications ferroviaires – Exploitation des essieux en service – Maintenance des essieux en exploitation ou déposés	Édition 2024
SN EN 15437-1 +A1	Surveillance des boîtes d'essieux – Exigences liées aux interfaces – Partie 1: équipements des voies et conception des boîtes d'essieux pour matériel roulant	Édition 2023

SN EN ISO 8501-1	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés – Évaluation visuelle de la propreté d'un subjectile – Partie 1: degrés de rouille et degrés de préparation des subjectiles d'acier non recouverts et des subjectiles d'acier après décapage sur toute la surface des revêtements précédents	Édition 2008
SN EN ISO 9001	Systèmes de management de la qualité – Exigences	Édition 2015
SN EN ISO 9606-1	Épreuve de qualification des soudeurs – Soudage par fusion – Partie 1: aciers	Édition 2018
SN EN ISO 9712	Essais non destructifs – Qualification et certification du personnel en charge des essais non destructifs	Édition 2022
SN EN ISO 9934-1	Essais non destructifs – Magnétoscopie – Partie 1: principes généraux du contrôle	Édition 2017
SN EN ISO 9934-2	Essais non destructifs – Magnétoscopie – Partie 2: produits indicateurs	Édition 2015
SN EN ISO 9934-3	Essais non destructifs – Magnétoscopie – Partie 3: équipement	Édition 2015
SN EN ISO 12944-4	Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture – Partie 4: types de surface et préparation de surface	Édition 2018
DIN 27201-3	État des véhicules ferroviaires – Principes généraux et technologie de la production – Partie 3: marche d'essai	Édition 2024
DIN 27201-4	État des véhicules ferroviaires – Principes généraux – Partie 4: traitement des véhicules ferroviaires après incidents dangereux	Édition 2025
DIN 27201-9	État des véhicules ferroviaires – Principes généraux et technologie de la production – Partie 9: mesurage	Édition 2024
DIN 27201-11	État des véhicules ferroviaires – Principes généraux – Partie 11: procédure pour préparation d'un concept de tolérance aux fautes	Édition 2022

2.3 Réglementations RTE et réglementations des chemins de fer

R RTE 29001	Interaction véhicule/voie (comportement dynamique), voie normale	1 ^{re} édition 17.02.2022
CFF BCA 20059323	Technische Regel Reprofilierung von Radsätzen (Règle technique relative au reprofilage des essieux) (publication non publique)	Édition 2014
CFF Cargo TSP 004	Prescription Essieu CFF Cargo (publication non publique)	Version 4.0 01.10.2013

2.4 Directives et fiches

CUU Annexe 9	Anomalies aux wagons de marchandises en exploitation et suites à donner	Édition 01.01.2026
CUU Annexe 10	État minimal et mesures pour rétablir l'aptitude à la circulation des wagons	Édition 01.01.2026
COTIF 1999	Convention relative aux transports internationaux ferroviaires (COTIF)	État 01.12.2010
PTU WAG	Prescriptions techniques uniformes applicables au sous-système «Matériel roulant – Wagons de marchandises» (PTU WAG)	Édition 22.06.2021
Catalogue des anomalies (OFT)	Catalogue des anomalies pour le contrôle des trains, des wagons, des voitures et des wagons de marchandises dangereuses, V18.0 Référence du dossier: BAV-521.110.0-1/34/2	Édition 01.01.2026
VPI-EMG 04 (référentiel VPI)	Maintenance des essieux sur les wagons	Édition 5 01.12.2024
UIC 510-2 (OR)	Matériel remorqué: roues et essieux montés – Conditions concernant l'utilisation des roues de différents diamètres	4 ^e édition 2002
IRS 50510-5 (UIC)	Additional requirements for the technical approval of forged and rolled wheels according to EN 13979-1	1 ^{re} édition 2023
UIC 519 (OR)	Méthode de détermination de la conicité équivalente	1 ^{re} édition 2004
UIC 579-1 (OR)	Wagons – Révision périodique – Méthodologies pour en déterminer la périodicité et la consistance	3 ^e édition 2003
UIC 810-1 (O)	Spécification technique pour la fourniture de bandages bruts en acier non allié, laminés pour matériel roulant, moteur et remorqué	5 ^e édition 2003
UIC 810-2 (OR)	Spécification technique pour la fourniture de bandages bruts pour matériel roulant moteur et remorqué – Tolérances	4 ^e édition 1985
UIC 810-3 (O)	Spécification technique pour la fourniture des plats et profilés en acier non allié pour agrafes de retenue des bandages	1 ^{re} édition 1990
UIC 811-1 (OR)	Spécification technique pour la fourniture d'essieux-axes pour matériel roulant moteur et remorqué (abrogée, remplacée par la norme SN EN 13261)	4 ^e édition 1987
UIC 811-2 (OR)	Spécification technique pour la fourniture d'essieux-axes pour matériel roulant moteur et remorqué – Tolérances (abrogée, remplacée par la norme SN EN 13261)	2 ^e édition 2004
UIC 812-1 (OR)	Spécification technique pour la fourniture de corps de roues en acier laminé ou forgé pour matériel roulant moteur et matériel remorqué – Prescriptions de qualité	1 ^{re} édition 1989
UIC 812-2 (OR)	Roues monoblocs pour matériel roulant moteur et remorqué – Tolérances	1 ^{re} édition 2002

UIC 812-3 (O)	Spécification technique pour la fourniture de roues monoblocs en acier non allié laminé pour matériel roulant moteur et remorqué	1 ^{re} édition 1984
UIC 812-4 (OR)	Spécification technique pour la fourniture de roues bandagées pour matériel moteur et matériel remorqué – Embattage et tolérances	1 ^{re} édition 1990
UIC 812-5 (OR)	Spécification technique pour la fourniture de corps de roues en acier laminé ou forgé pour matériel roulant moteur et matériel remorqué – Tolérances et rugosité de surface	1 ^{re} édition 1988
UIC 813 (O)	Spécifications techniques pour la fourniture d'essieux montés des matériels roulants moteur et remorqué – Tolérances et montage (abrogée, remplacée par la norme SN EN 13260)	2 ^e édition 2003
UIC Directive pour les semelles de frein composites (K)	Directive de construction UIC pour les semelles de frein composites (K): Conception et construction de wagons équipés de semelles de frein en matériau composite à haut coefficient de frottement (K) – Utilisation, contrôles et maintenance	9 ^e édition 01.08.2013
UIC Directive pour les semelles de frein composites (LL)	Directive d'application UIC pour les semelles de frein composites LL: Conception des wagons équipés de semelles de frein composites à faible coefficient de frottement (LL) – Utilisation du frein, surveillance et maintenance	10 ^e édition 01.08.2013

Caractère obligatoire des (O) Obligation (R) Recommandation (I) Information
aide-mémoire UIC:

2.5 Autres bases utilisées de manière limitée

DIN 5573 (retirée)	Schienenfahrzeuge – Radprofile – Breite 135 und 140 mm (Matériel roulant ferroviaire – Profils de roue – Largeurs 135 et 140 mm)	Édition 1995
DIN 51501 (retirée)	Lubricants; Lubricating Oils L-AN; Minimum Requirements	Édition 1979
EBA	Décision générale: maintenance des essieux sur les wagons	Édition 10.07.2007
EBA	Décision générale: documentation de l'historique et de la maintenance des essieux sur les wagons	Édition 23.12.2009
ECCM ^{a)}	European Common Criteria for Maintenance (of wheelset axles)	Version 1.1 22.06.2010
ERA	Procédure normale JNS «Accident du tunnel de base du Saint-Gothard – ruptures de roue», rapport final	Version 3.0 04.04.2025
EVIC ^{b)}	Catalogue européen d'inspection visuelle des essieux-axes (EVIC)	État 01.01.2015

EWT ^{c)}	European Wheelset Traceability (for freight wagon axles)	Édition 26.07.2010
GM/RT2466	Railway Group Standard – Railway Wheelsets	Version 5 04.03.2023

- a) Le contenu a été transféré dans la norme SN EN 15313 et dans le catalogue EVIC.
- b) Le catalogue EVIC fait désormais partie intégrante du CUU, annexe 10, appendice 3.
- c) Le contenu a été transféré dans la norme SN EN 15313 et le CUU.

Projet

3 Abréviations, termes et définitions

3.1 Abréviations

DE-OCF	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer
CUU	Contrat uniforme d'utilisation des wagons
CER	Community of European Railway and Infrastructure Companies
COTIF	Convention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires
ECM	Entity in Charge of Maintenance
ERFA	European Rail Freight Association
ERA	European Railway Agency
ETV	Einheitliche technische Vorschriften (équivalent OTIF des STI) PTU (en français), UTP (en anglais)
EVIC	European Visual Inspection Catalogue (Catalogue européen d'inspection visuelle des essieux-axes)
ETF	Entreprise de transport ferroviaire
EWT	European Wheelset Traceability
HFO	Détecteur de boîtes d'essieux chaudes
IS	Maintenance de niveau 0 à 3 sur l'essieu selon le VPI 04 (référentiel VPI)
JNS	Joint Network Secretariat pour l'élaboration de mesures harmonisées au niveau européen à la suite d'événements graves survenus dans le trafic ferroviaire
LRS	Essieu porteur
OTIF	Organisation Intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaires
PTU	Prescriptions techniques uniformes (équivalent OTIF des STI) ETV (en allemand), UTP (en anglais)
RCF	Rolling Contact Fatigue (fatigue de contact de roulement)
RIC	Regolamento Internazionale delle Carrozze
RIV	Regolamento Internazionale Veicoli
TEN	Trans-European Networks
TRS	Essieu moteur
STI	Spécifications techniques d'interopérabilité
UFD	Tour en fosse pour les essieux
UIC	Union internationale des chemins de fer

UIP	International Union of Wagon Keepers
UIRR	International Union of Combined Road-Rail Transport Companies
UITP	L'Union internationale des transports publics
UNIFE	Association of the European Rail Industry
UTP	Uniform Technical Prescriptions (équivalent OTIF des STI) ETV (en allemand), PTU (en français)
VPI	Association allemande des détenteurs de wagons
END	Essai non destructif
ICT	Installation de contrôle des trains

3.2 Termes

Définition des termes utilisés dans la présente réglementation

Corps de roue	Désignation correcte du terme familier «jante» ou «moyeu de la roue».
Essieu	Désignation techniquement correcte d'un essieu-axe équipé de deux voiles de roue montés et éventuellement du roulement et d'autres pièces. Dans le langage quotidien en Suisse, on parle d'axe d'essieu. (NdT)
Voile de roue	Cf. roue monobloc.
Roue monobloc	La roue monobloc est également désignée sous le terme de «roue» et de «voile de roue».

3.3 Définitions

Les désignations suivantes s'appliquent au présent règlement RTE.

3.3.1 Détenteur

Si le détenteur n'assume pas les tâches de maintenance lui-même, il convient de définir par contrat les responsabilités respectives du détenteur et de l'entité en charge de la maintenance.

3.3.2 Types d'atelier

- **Atelier de maintenance**
Atelier en mesure de réaliser l'inspection des essieux. En règle générale, il s'agit d'ateliers prévus pour une maintenance au plus près de l'exploitation. On parle aussi de dépôt pour certains chemins de fer.
- **Atelier spécialisé**
Atelier en mesure de procéder à un traitement (remise en état) approfondi des essieux (reprofilage des essieux démontés, remplacement du profil de roue, remise à neuf des roulements, etc.). Il est également désigné sous le terme «atelier industriel» ou «atelier principal».

3.3.3 Distinction entre wagon de marchandises et wagon de service

- **Wagon de marchandises**
Wagon utilisé pour le trafic commercial de marchandises.
- **Wagon de service**
Wagon de marchandises utilisé par l'exploitant ferroviaire et non pour le trafic commercial de marchandises (principalement pour l'infrastructure ferroviaire).

4 Principes

Les normes SN EN actuellement en vigueur pour les essieux sont classées comme suit:

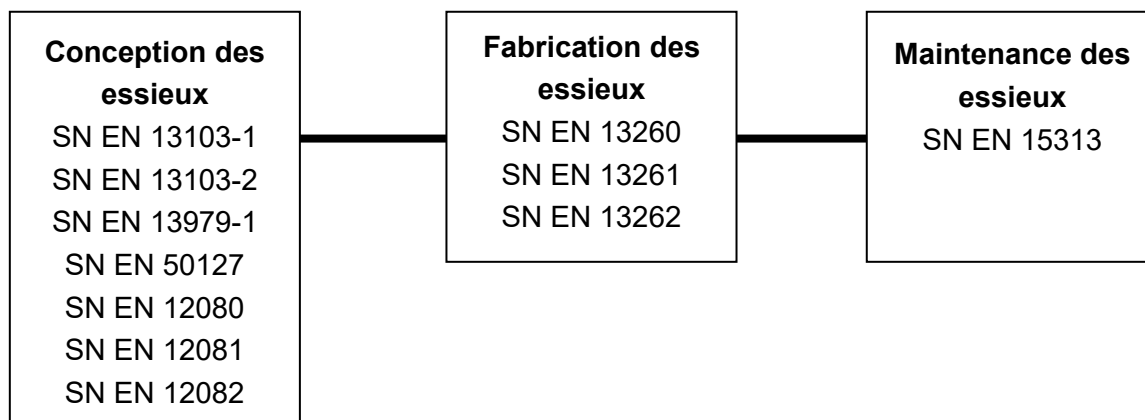


Figure 4-1: vue d'ensemble des normes SN EN relatives aux essieux (non exhaustive)

Il est important d'utiliser systématiquement la dernière version actualisée de la norme, de prendre en compte la migration dans le cadre de l'élaboration des STI et d'intégrer les conditions particulières suisses décrites ci-après dans les prescriptions relatives à l'évaluation mécanique selon le chiffre 4.4 de la norme SN EN 13979-1 (description des lignes, paramètres des courbes, vitesse maximale, véhicules circulant sur ces lignes).

4.1 Évaluation lors de la conception – conditions particulières suisses

Conformément à la réglementation R RTE 29001 «Interaction véhicule/voie (comportement dynamique), voie normale», les conditions particulières suisses ainsi que les exigences d'exploitation doivent être prises en compte lors de la conception des véhicules, de leur acquisition et de leur utilisation. Le tracé du réseau de chemin de fer à voie normale en Suisse comprend un nombre relativement élevé de lignes comportant des courbes de très faible rayon $R < 400$ m, et de rayon extrêmement faible $R < 250$ m qui, compte tenu des vitesses pratiquées, présentent des conditions de circulation particulièrement exigeantes par rapport à celles rencontrées d'autres pays européens.

En tant que paramètre spécifique pour la conception des voiles de roue et des essieux-axes, la part de courbes présentant un rayon $R \leq 800$ m dans le réseau suisse à voie normale est d'environ 30 % (cf. également le document IRS 50510-5, section 8.2.1.3). Par conséquent, lors de la conception mécanique relative aux charges exceptionnelles et à la charge de fatigue conformément aux normes SN EN 13979-1 (ch. 4.4 et 8.2) et SN EN 13103-1, il convient de prendre en compte des forces roue-rail plus élevées, compte tenu du comportement dynamique propre au véhicule.

Cela signifie qu'il convient soit de considérer tous les essieux comme des essieux avant et, pour la conception mécanique, de majorer d'un facteur $f_y = 1.3$ les valeurs prescrites par la norme SN EN 13979-1 pour les forces de guidage $F_{y,lim}$ (charge exceptionnelle) et F_y (solicitation de fatigue), soit de tenir compte du comportement dynamique propre au véhicule et des forces de guidage qui en résultent.

5 Maintenance générale

5.1 Définition de la maintenance

La maintenance des essieux désigne la combinaison de toutes les mesures techniques et administratives visant à maintenir ou à rétablir l'état opérationnel des essieux afin de garantir le bon fonctionnement exigé.

Les mesures de maintenance se déclinent dans quatre catégories décrites ci-après selon la norme SN EN 13306.

- **Entretien/maintenance**
Terme désignant les mesures visant à retarder l'épuisement de la réserve d'usure disponible. L'entretien d'un essieu inclut par exemple les retouches de peinture ou la lubrification des boîtes d'essieu.
- **Inspection**
Terme désignant les mesures visant à déterminer et à évaluer l'état réel de la pièce contrôlée, et notamment à définir les causes de l'usure et à en déduire les mesures consécutives nécessaires pour prolonger son utilisation. Pour les essieux, cela relève des activités de maintenance légère.
- **Remise en état**
Terme désignant les mesures, hors améliorations, visant à rétablir l'état opérationnel de la pièce contrôlée. Pour les essieux, cela relève des activités de maintenance lourde.
- **Amélioration**
Terme désignant une combinaison de toutes les mesures techniques et administratives et des mesures de gestion visant à améliorer la sûreté de fonction de la pièce contrôlée sans modifier la fonction requise. Pour les essieux, cela peut reposer sur l'utilisation d'un meilleur matériau.

À la différence de la norme SN EN 13306, le présent règlement RTE porte uniquement sur l'entretien, l'inspection et la remise en état des essieux.

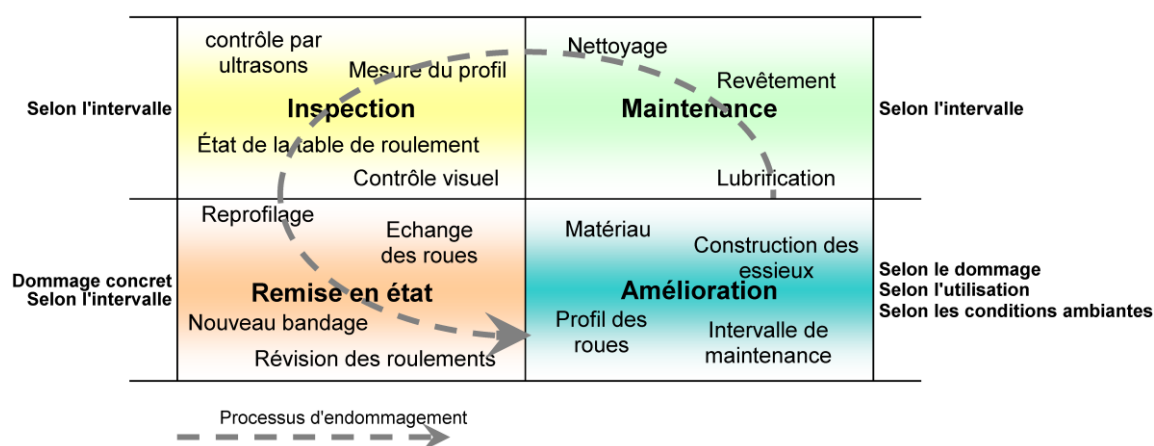


Figure 5-1: maintenance

5.2 Motivations de la maintenance

Seul un contrôle régulier de l'adéquation des composants permet d'assurer la sécurité de l'exploitation du chemin de fer. Ce contrôle est réalisé dans le cadre de l'inspection et de la remise en état et garantit que le composant contrôlé dispose de suffisamment de réserves de matériau (et de réserve de temps) pour continuer à l'utiliser pendant l'intervalle consécutif prévu et qu'il ne présente manifestement aucun défaut.

Pour les essieux, il s'agit principalement de réserves de matériau des roues permettant de garantir un profil de roue conforme, et un disque de frein approprié le cas échéant, et de confirmer d'une part l'absence de défaut et de fissure sur la roue et sur l'essieu-axe et d'autre part le bon fonctionnement de la boîte d'essieu.

Principe

Des travaux de maintenance doivent être mis en œuvre afin de s'assurer que l'essieu est conforme à toutes les exigences de sécurité jusqu'à la prochaine maintenance prévue. Idéalement, les exigences de fiabilité, de disponibilité et de rentabilité seront également satisfaites, la priorité étant systématiquement donnée aux aspects de sécurité.

Les mesures de maintenance réalisées dans le but d'établir la sécurité requise sont en règle générale obligatoires et sont régies par des prescriptions. Elles relèvent de la responsabilité du détenteur des véhicules ou de l'entité en charge de la maintenance. La fiabilité, la disponibilité et la rentabilité dépendent en très grande partie de l'exploitation et des attentes de l'exploitant.

5.2.1 Sécurité

Dans le domaine des essieux, la sécurité de l'exploitation requiert une attention maximale. La défaillance d'une pièce d'un essieu peut avoir des conséquences graves. Une maintenance régulière peut néanmoins réduire considérablement ce risque. Des lois, des prescriptions, des directives du fabricant et l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation déterminent en grande partie les mesures de maintenance des pièces déterminantes pour la sécurité.

Le franchissement des valeurs limites de service, quel que soit le contexte, n'est pas admissible lorsque l'essieu est utilisé en cours d'exploitation. Les essieux ne respectant pas les valeurs limites de service doivent être immédiatement soumis à une remise en état.

5.2.2 Fiabilité et disponibilité

Chaque détenteur de véhicules peut dans une certaine mesure décider lui-même du degré de fiabilité souhaité pour les essieux en service et donc de la disponibilité des véhicules en général. À noter cependant que la limite de fiabilité des essieux constitue aussi en général une limite de sécurité. Pour les essieux, l'évaluation basée sur la disponibilité des véhicules est donc secondaire, tandis que la garantie du respect des cotes limites de service est prioritaire. La remise en état vise à rétablir le bon fonctionnement de l'essieu en cas de défaillance et d'usure.

Lorsque l'utilisation des véhicules est limitée géographiquement, il est possible par exemple, dans le cadre de la disponibilité, d'user le profil de roue de manière contrôlée jusqu'à sa valeur limite. Dans le cas d'une exploitation internationale, et en particulier pour le trafic de marchandises, c'est généralement impossible en raison des intervalles de contrôle réduits.

5.2.3 Rentabilité

Les essieux et leur maintenance impliquent des coûts importants. L'objectif est donc d'optimiser l'utilisation d'un essieu en exploitation et d'utiliser les réserves de matériau disponibles de façon ciblée. Des mesures de maintenance ciblées et planifiées peuvent aider à allonger la durée de vie et contribuer à mieux utiliser les ressources disponibles.

Les facteurs d'influence de la rentabilité sont entre autres:

- l'intervalle de reprofilage de la table de roulement selon le véhicule
 - profil de roue adapté
 - réglage du freinage (anti-enrayage)
 - réglage de la traction (anti-patinage)
 - zone d'engagement du véhicule
- l'usure de la table de roulement par kilomètre parcouru
- la réserve de matériau pour le diamètre du cercle de roulement
- le matériau de la roue monobloc/du bandage
- l'usure des surfaces de freinage en exploitation pour les disques de frein
- l'intervalle de l'essai UT de l'essieu-axe sur le véhicule
- la durée de vie de la roue monobloc ou du bandage
- la durée de vie de la boîte d'essieu
- la qualité de la graisse utilisée pour la boîte d'essieu
- la qualité du revêtement de surface
- les coûts d'acquisition
- les coûts de maintenance

La limite jusqu'à laquelle une remise à neuf est encore considérée économique, définie par le détenteur des véhicules, influence elle aussi la rentabilité. Le seuil de décision entre le reprofilage et le kilométrage résiduel ou le remplacement de la roue ou du bandage en est un exemple.

5.3 Objectif de la maintenance

Les travaux et les contrôles associés aux différents degrés de maintenance doivent garantir l'utilisation sûre, fiable et économique des essieux en s'appuyant sur les cotes limites de service admissibles. L'exécution correcte des travaux de maintenance doit être documentée et être archivée conformément aux directives légales (cf. aussi le chap. 11).

5.4 Fonctions de maintenance

La maintenance couvre la surveillance des essieux montés sous les véhicules (inspection), le traitement des essieux montés et démontés, ainsi que la gestion d'événements exceptionnels identifiés en cours d'exploitation par diverses instances, p. ex. une boîte d'essieu chaude, un frein serré, des collisions, une surcharge, les conséquences d'une inondation, etc.

Un système de gestion de la maintenance (p. ex. ECM) coordonnant les différentes activités est nécessaire pour garantir le traitement adéquat des essieux.

5.4.1 Exigences relatives à la maintenance

La réalisation correcte de toutes les mesures de maintenance des essieux exige au moins que:

- tous les travaux de maintenance soient réalisés par du personnel formé à cet effet sous la surveillance de spécialistes qualifiés
- les outils, gabarits et dispositifs de mesure nécessaires soient disponibles et maintenus en bon état; les gabarits et les dispositifs de mesure doivent être contrôlés à des intervalles définis
- un programme de maintenance soit établi au sens d'un ouvrage de référence pour le traitement des essieux
- un retour d'expérience organisé soit en place
- une organisation soit en place pour la gestion des pièces et de la production
- une organisation soit en place pour la gestion de l'historique des pièces (traçabilité)
- un outil qualifié soit disponible pour la maintenance des essieux
- du personnel soit qualifié pour les essais non destructifs sur les essieux et sur les composants des essieux (qualification selon la norme SN EN ISO 9712 p. ex.)
- du personnel soit qualifié et examiné selon la norme SN EN ISO 9606-1 pour effectuer les travaux de soudage sur les composants des essieux (exemples: plaques d'usure sur le corps de la boîte d'essieu, masses d'équilibrage sur les agrafes de bandage, travaux de soudage sur des roues à rayons)

L'atelier de maintenance doit être qualifié pour tous les types d'essieu traités dans le cadre de la maintenance. Cela concerne toutes les activités réalisées sur l'essieu monté et démonté, ainsi que les tâches de maintenance réduite comme le reprofilage.

Il incombe au détenteur des véhicule ou à l'ECM 1 de s'assurer que les travaux sont exécutés par des ateliers de maintenance certifiés.

5.4.2 Ouvrage de référence pour la maintenance

Un ouvrage de référence doit être disponible pour la maintenance des essieux montés et démontés (selon la norme SN EN 15313). Cet ouvrage de référence pour la maintenance doit pouvoir couvrir les points suivants:

- les exigences de maintenance sur la base de directives techniques et de directives d'ordre supérieur
- les exigences relatives à l'organisation et la planification de la maintenance (AVOR – préparation du travail)
- les exigences relatives à la réalisation de la maintenance avec des moyens adaptés (atelier)
- l'analyse de la maintenance pour l'analyse des vulnérabilités/le processus d'amélioration continue
- l'assurance de la saisie des données conformément aux dispositions du chapitre 11 (SN EN 15313)

L'ECM 1 doit veiller à ce que le programme de maintenance soit établi par un service technique compétent (rôle de l'ECM 2) du domaine des chemins de fer. Les différents rôles de l'ECM peuvent être établis au sein de la même entreprise. Il convient de s'assurer que l'ouvrage de référence pour la maintenance est conforme à l'état actuel de la technique.

5.4.3 Planification et analyse de la maintenance

La planification de la maintenance et l'analyse des mesures de maintenance mises en œuvre doivent être couplées par un retour d'information qui vise à optimiser la planification. Un retour d'expérience de la maintenance est pour ce faire nécessaire et doit inclure les mesures de gestion des événements définies en-dehors du programme de maintenance (p. ex. par des visiteurs ou des détecteurs de boîtes d'essieu chaudes). La planification de la maintenance ne peut être efficace et les objectifs définis à la section 5.2 atteints que si les intervalles de maintenance et les activités nécessaires sont continuellement vérifiés en s'appuyant sur l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation.

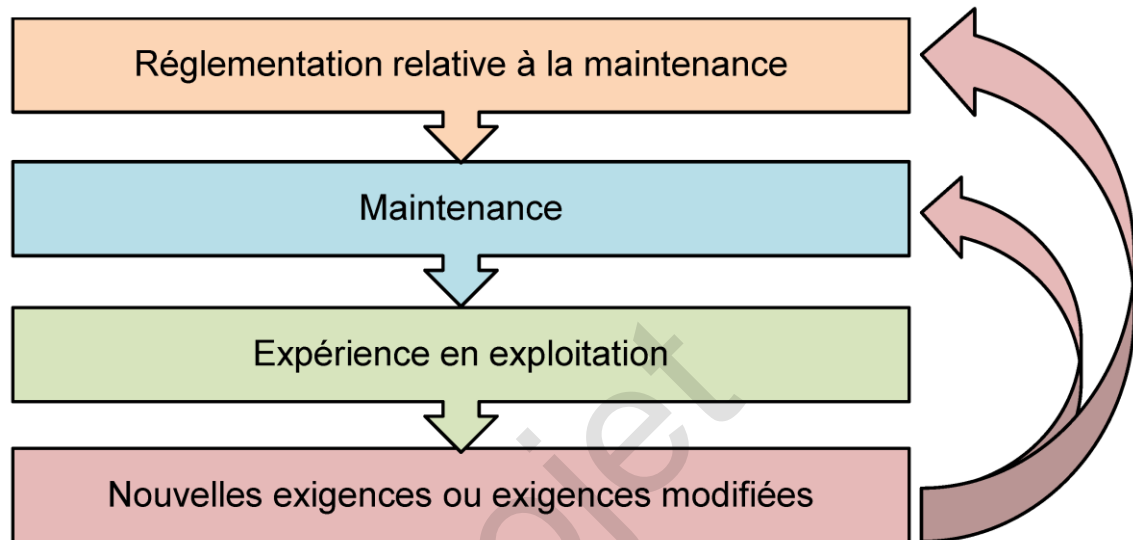


Figure 5-2: retour d'expérience

5.4.4 Réalisation de la maintenance

La maintenance des essieux peut être réalisée par des ateliers de maintenance ou par des ateliers spécialisés. Concernant la qualification des ateliers, on distingue les deux types d'activité ci-après.

- **Travaux d'inspection (ateliers de maintenance et ateliers spécialisés)**
Contrôles visuels de l'essieu, mesure des différentes cotes et décision en cas de franchissement des cotes limites de service, de l'atelier ou du détenteur; documentation des travaux réalisés et retour d'information au détenteur des véhicules.
- **Remise en état (ateliers spécialisés)**
Remise en état des essieux selon la catégorie de maintenance, du reprofilage jusqu'au remplacement du profil de roue ou du bandage. Ces travaux ne peuvent être réalisés que par des ateliers spécialisés dans ce domaine et certifiés par le détenteur des véhicules.

Les différentes étapes de travail et les directives afférentes sont présentées aux chapitres 9 et 10.

Les travaux d'inspection et de maintenance doivent être documentés clairement, et les données précisées au chapitre 11 doivent être indiquées et archivées selon les directives légales en vigueur.

6 Définition des essieux à voie normale

Les différents types d'essieu sont conçus pour un champ d'application défini (un type de véhicule ou un groupe de véhicules) et ne sont pas interchangeables. Si le véhicule est transformé ou modifié, il convient de revérifier l'adéquation du type d'essieu utilisé jusqu'à présent.

Pour les essieux pouvant être utilisés sur des véhicules ayant subi un assainissement phonique avec des semelles de frein K, L ou LL, il est important de n'utiliser que des essieux et des roues monoblocs homologués pour ces semelles de frein. C'est par exemple le cas pour des roues monoblocs à faible contrainte interne (marquage «sa») ou des roues monoblocs en R7T dont l'adéquation spécifique a été démontrée pour cette application. L'utilisation d'essieux bandagés et de roues monoblocs en BV2/R2 est interdite. Les dispositions des directives de construction et d'application de l'UIC sont déterminantes en la matière.

Si des roues monoblocs sont élaborées pour être utilisées avec des semelles de frein, la procédure d'homologation technique prescrite par la norme SN EN 13979-1 doit être appliquée en tenant compte des conditions particulières suisses citées à la section 4.1.

Les travaux de maintenance doivent être réalisés en s'appuyant sur les indications des DE-OCF, sur les normes SN EN et les directives UIC actuellement en vigueur et sur les prescriptions d'entretien du fournisseur. La hiérarchie des prescriptions est définie au R RTE 11000. En l'absence de prescriptions du fournisseur, les indications des STI, de l'ERA, de la COTIF et de la VPI s'appliquent aux essieux de wagons utilisés dans le cadre du trafic international (p. ex. essieux pour les wagons TEN-RIV).

6.1 Composants d'essieux

Selon le modèle, un essieu est constitué de différents composants qui contribuent tous ensemble au bon fonctionnement de l'essieu. Ces composants peuvent être répartis en unités fonctionnelles.

6.1.1 Essieu

En principe, un essieu est constitué des composants suivants:

- l'essieu-axe
- la roue
- la boîte d'essieu
- les composants du système de freinage qui varient selon le modèle
- les composants de l'équipement de traction qui varient selon le modèle

6.2 Types de composants d'essieux

Les types de composants indiqués ci-dessous sont couverts par le règlement R RTE 41000.

Essieu

- Essieu porteur et moteur (cf. exceptions à la section 1.2.2)

Essieu-axe

- Axe plein et axe creux

Roue

- Roue monobloc
- Roue à disque avec bandage
- Roue à rayons avec bandage
- Corps de roue avec et sans dispositif d'amortissement du bruit
- Corps de roue avec et sans disque de frein sur roue
- Corps de roue avec bandage élastique

Boîte d'essieu

- Boîte extérieure, boîte intérieure
- Roulement avec corps

Type de roulement

- Roulement à rouleaux

Composants du système de freinage

- Disque de frein sur roue, disque de frein sur essieu-axe
- Générateur d'impulsions pour l'anti-enrayage

Composants de l'équipement de traction

- Roue dentée, boîte de transmission et palier de suspension (ou pièces qui ne doivent pas être démontées selon le véhicule et la catégorie de maintenance des essieux)
- Générateur d'impulsions pour l'anti-patinage et l'enregistrement de la vitesse

Composants de mise à la terre

- Disques de contact pour les balais de mise à la terre, directement montés sur l'essieu-axe ou la roue
- Balais de mise à la terre pour le montage en bout de l'essieu-axe

6.2.1 Essieu-axe

Le côté de l'essieu-axe portant l'embout entièrement poinçonné est désigné côté A ou côté gauche, tandis que le côté opposé est désigné côté B ou côté droit. Cette définition s'applique aussi aux essieux entièrement montés.

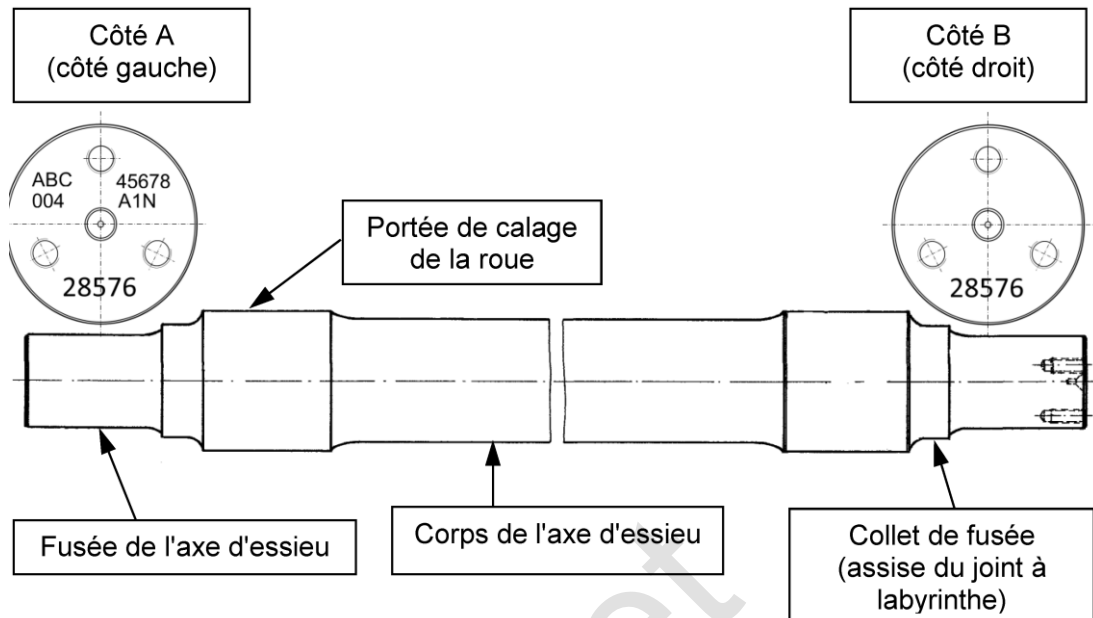


Figure 6-1: essieu-axe porteur (exemple: axe plein)

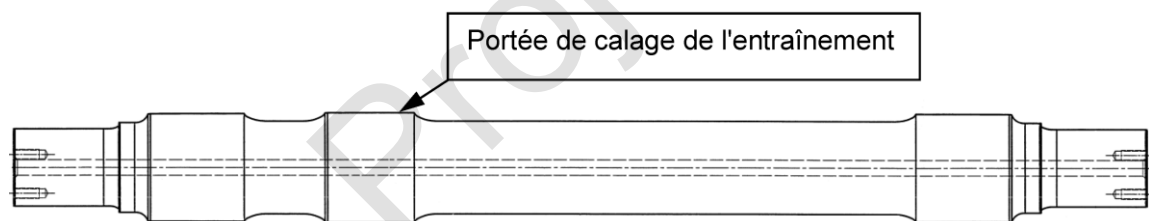


Figure 6-2: essieu-axe moteur (exemple: axe creux)

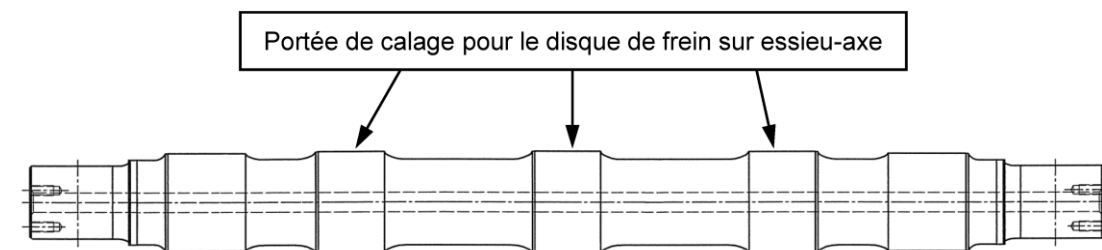


Figure 6-3: essieu-axe porteur en axe creux avec portée de calage du disque de frein sur l'essieu-axe

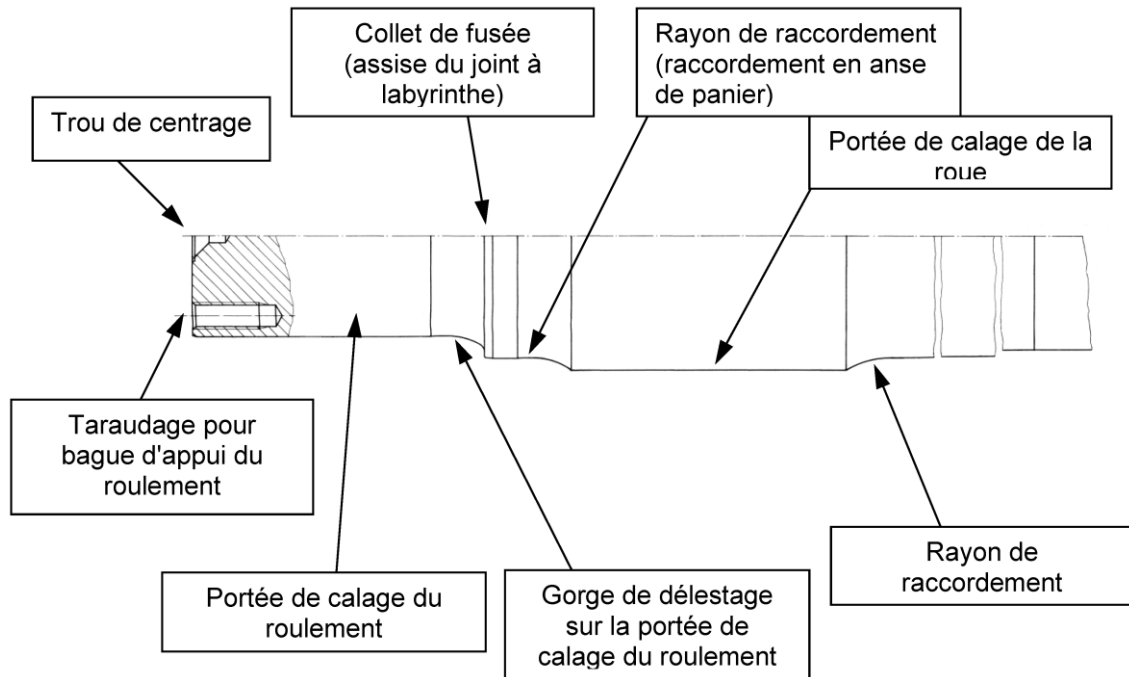


Figure 6-4: vue détaillée de la portée de calage du roulement et de la roue de l'essieu-axe

6.2.2 Roue

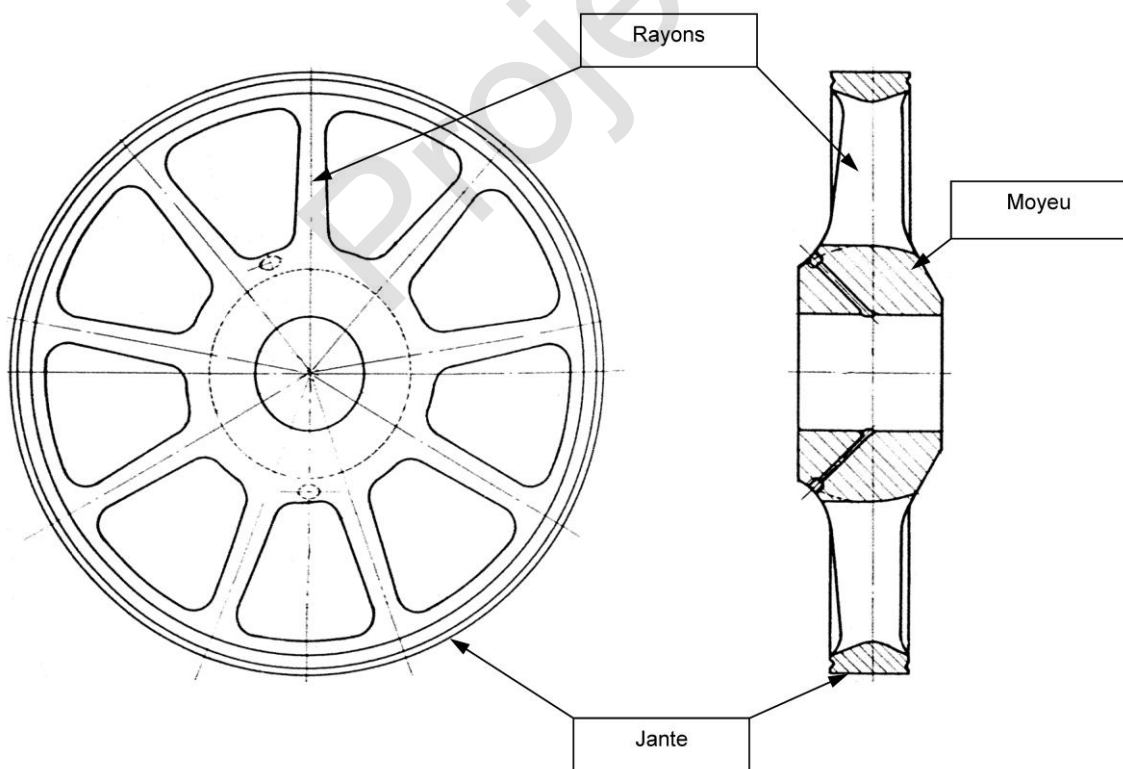


Figure 6-5: corps de la roue, roue à rayons

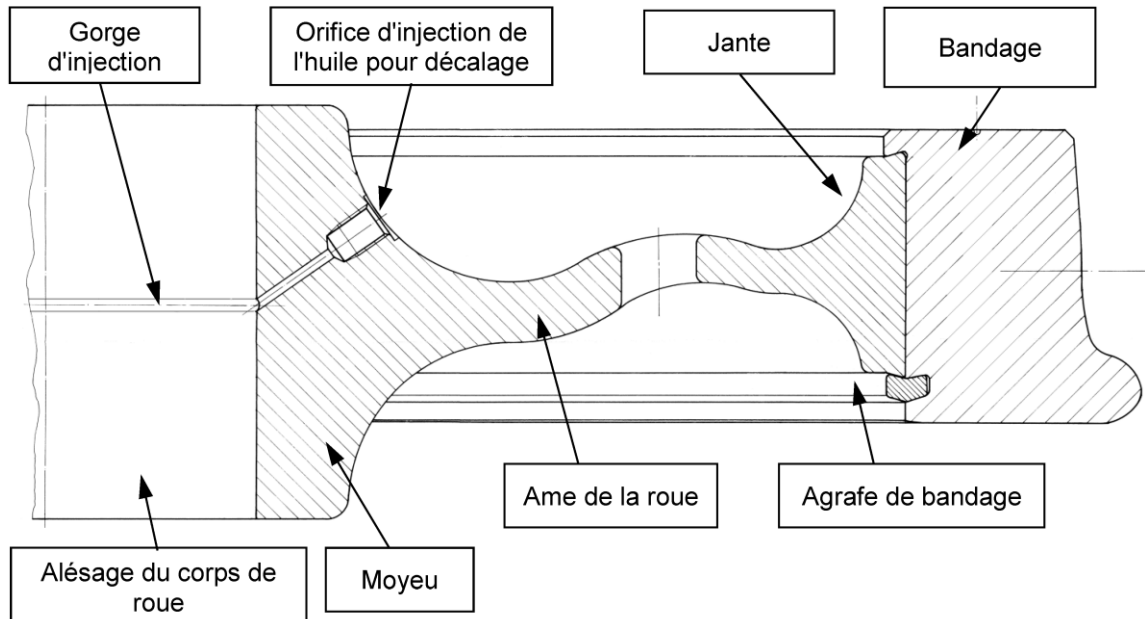


Figure 6-6: roue bandagée avec corps de roue sans rayon

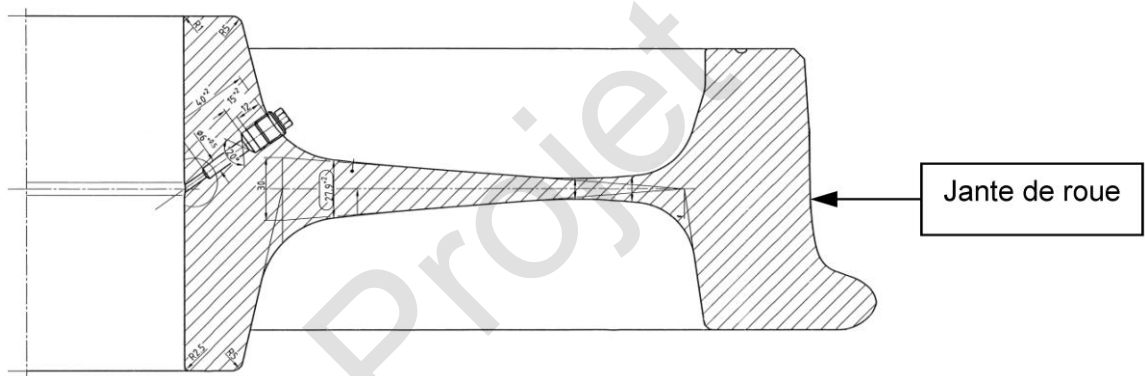


Figure 6-7: roue monobloc avec âme de roue rectiligne

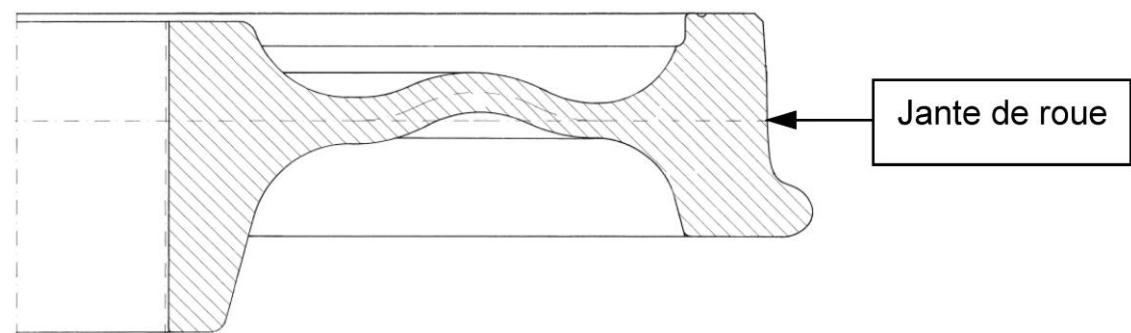


Figure 6-8: roue monobloc avec âme de roue incurvée

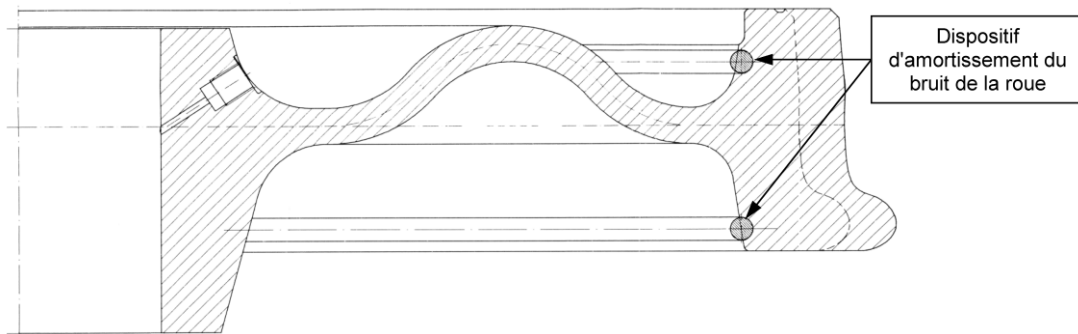


Figure 6-9: roue monobloc à faible contrainte interne avec anneaux d'amortissement pour minimiser les oscillations

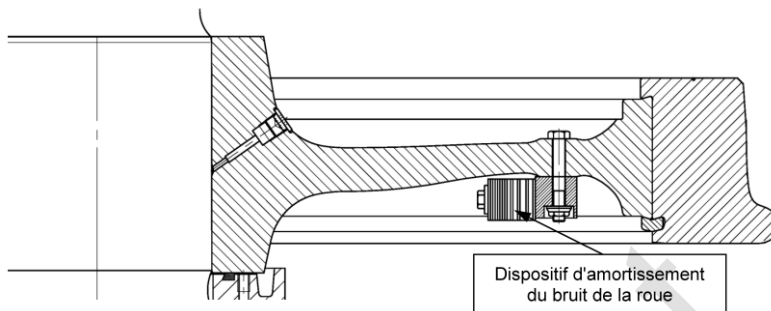


Figure 6-10: roue bandagée avec dispositifs d'amortissement du bruit de la roue

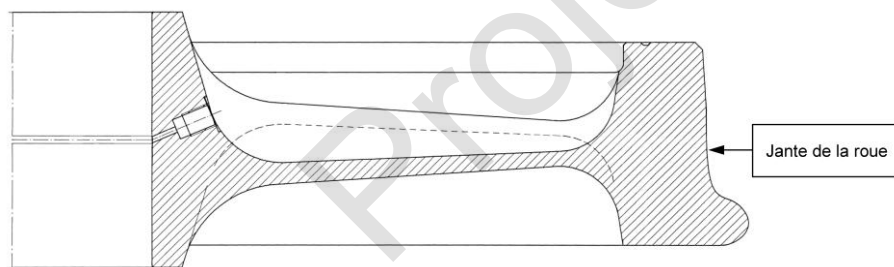


Figure 6-11: roue monobloc avec toile de roue à ondulation tangentielle

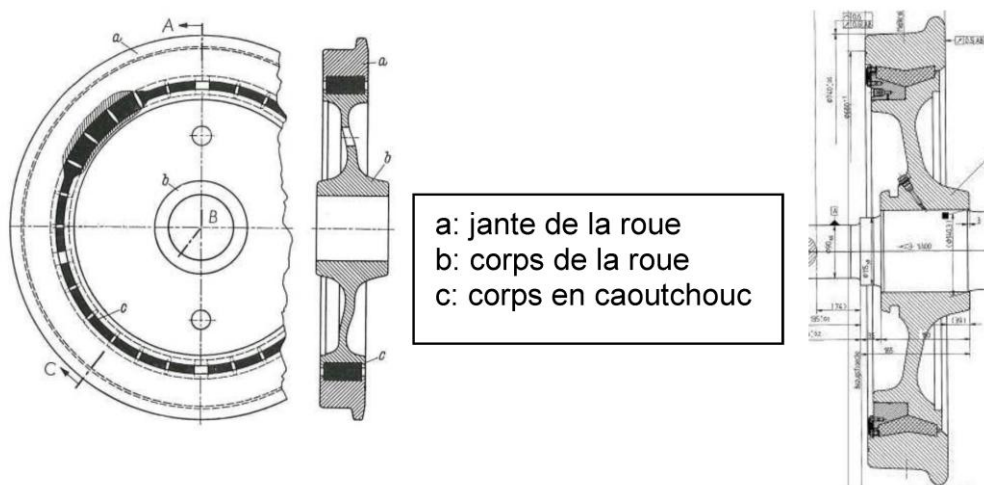
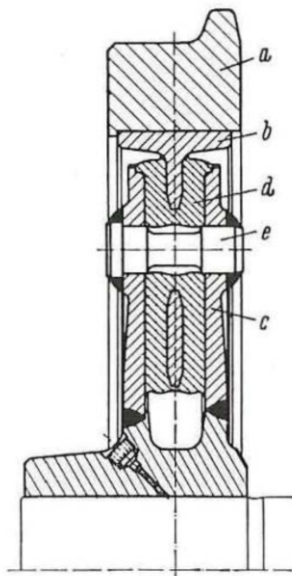


Figure 6-12: roues élastiques, sollicitation du caoutchouc en pression



- a: jante de la roue
 b: joint en T
 c: corps de roue extérieur
 d: corps en caoutchouc, vulcanisé en b et c
 e: boulon de précontrainte

Figure 6-13: roue élastique, sollicitation du caoutchouc en poussée

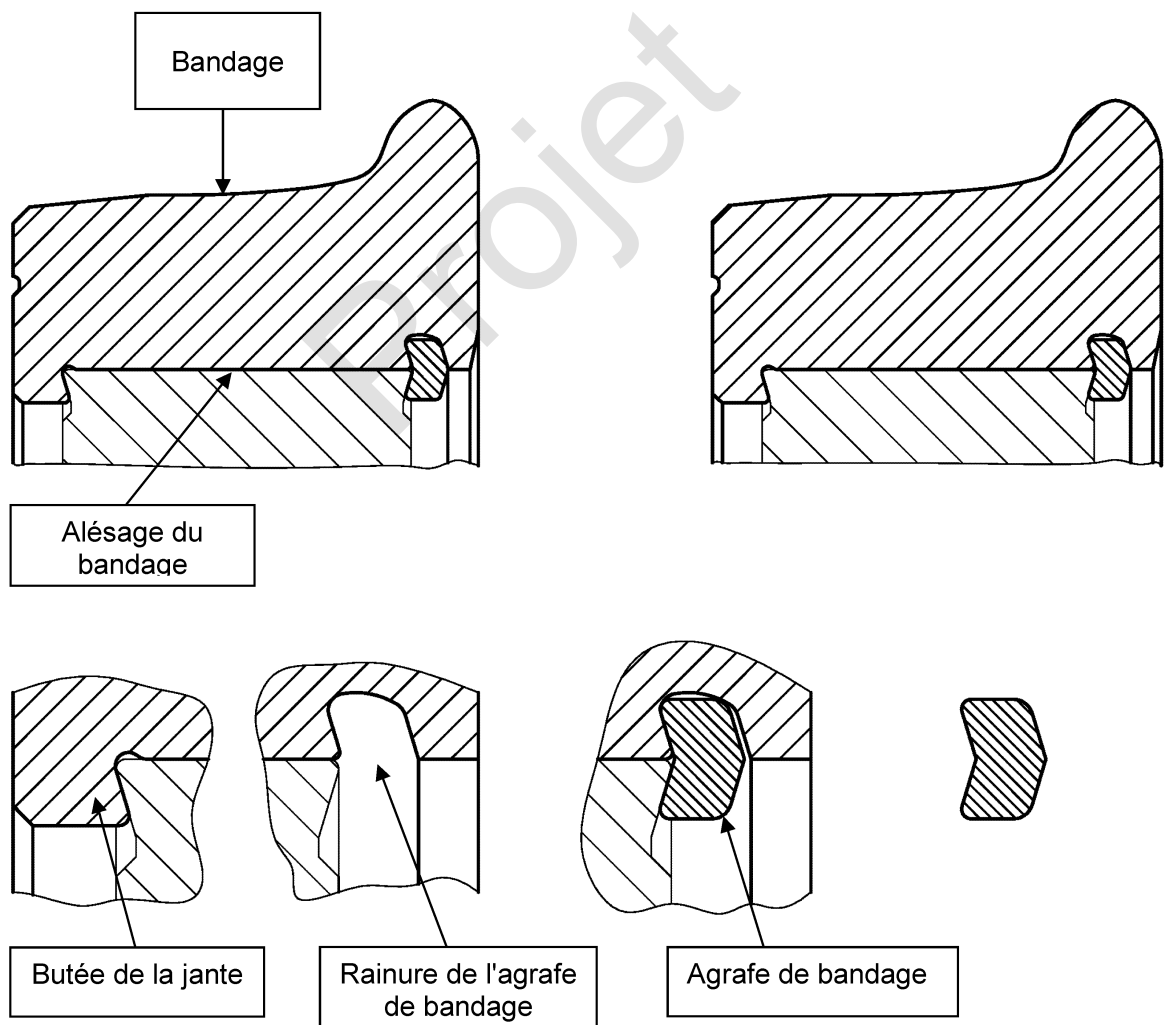


Figure 6-14: bandage et profil d'agrafe de bandage

6.2.3 Boîte d'essieu

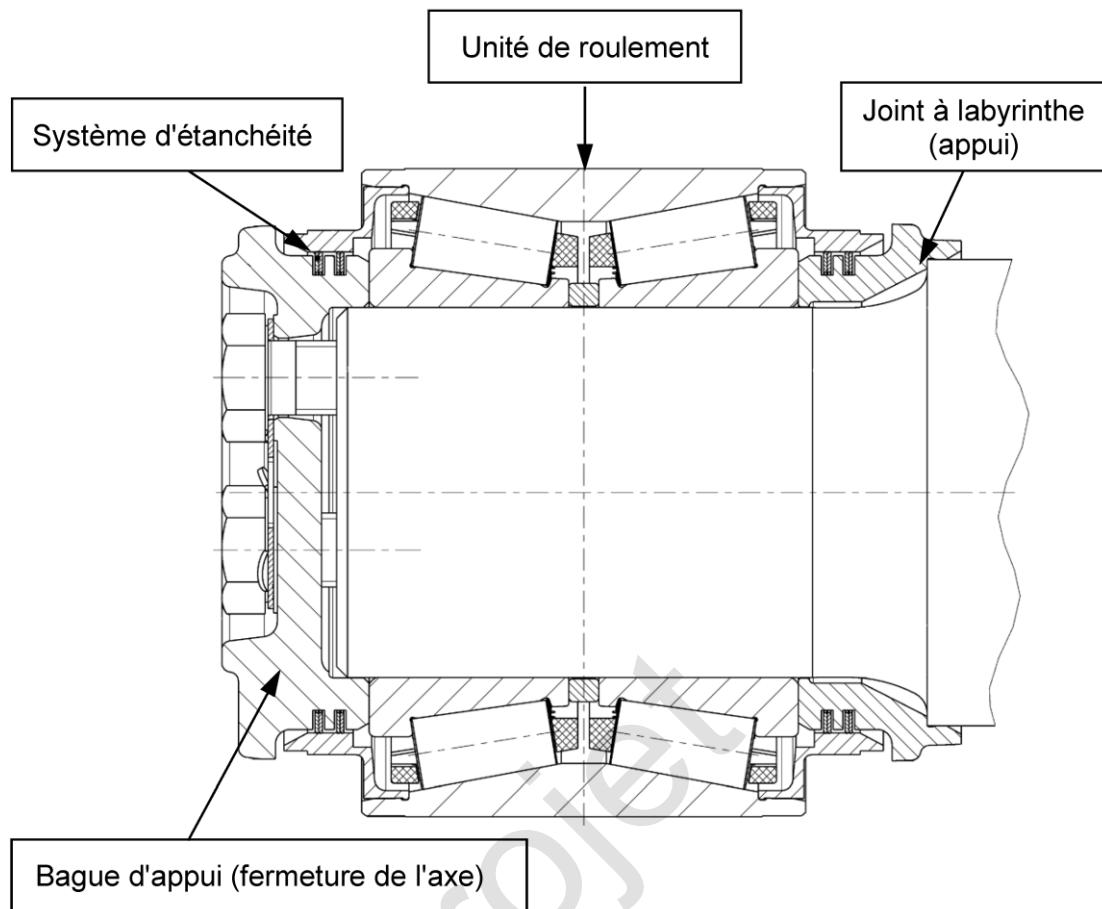


Figure 6-15: roulement cartouche, utilisé sur tous les véhicules modernes

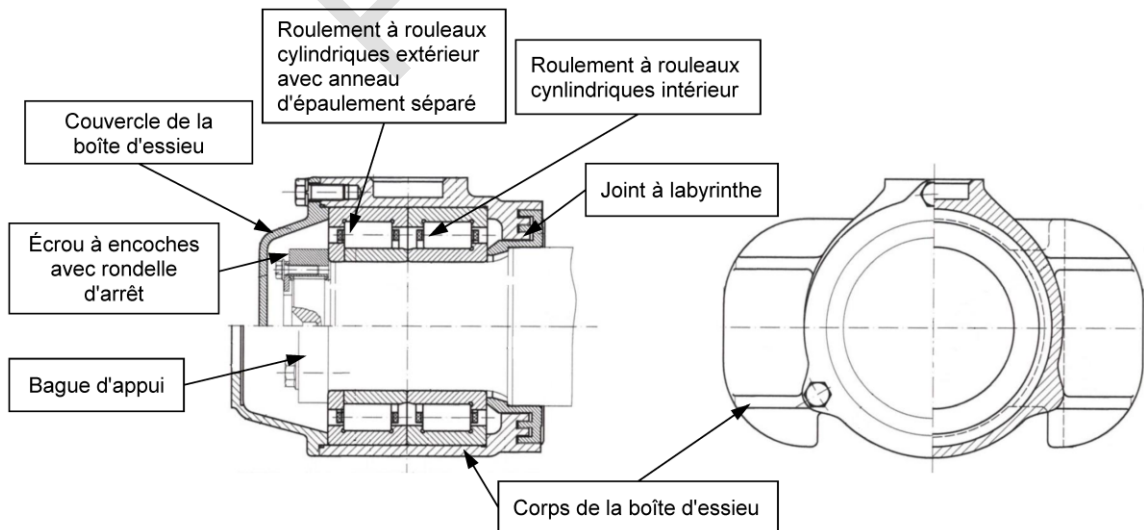


Figure 6-16: roulement standard à rouleaux cylindriques pour wagons de marchandises

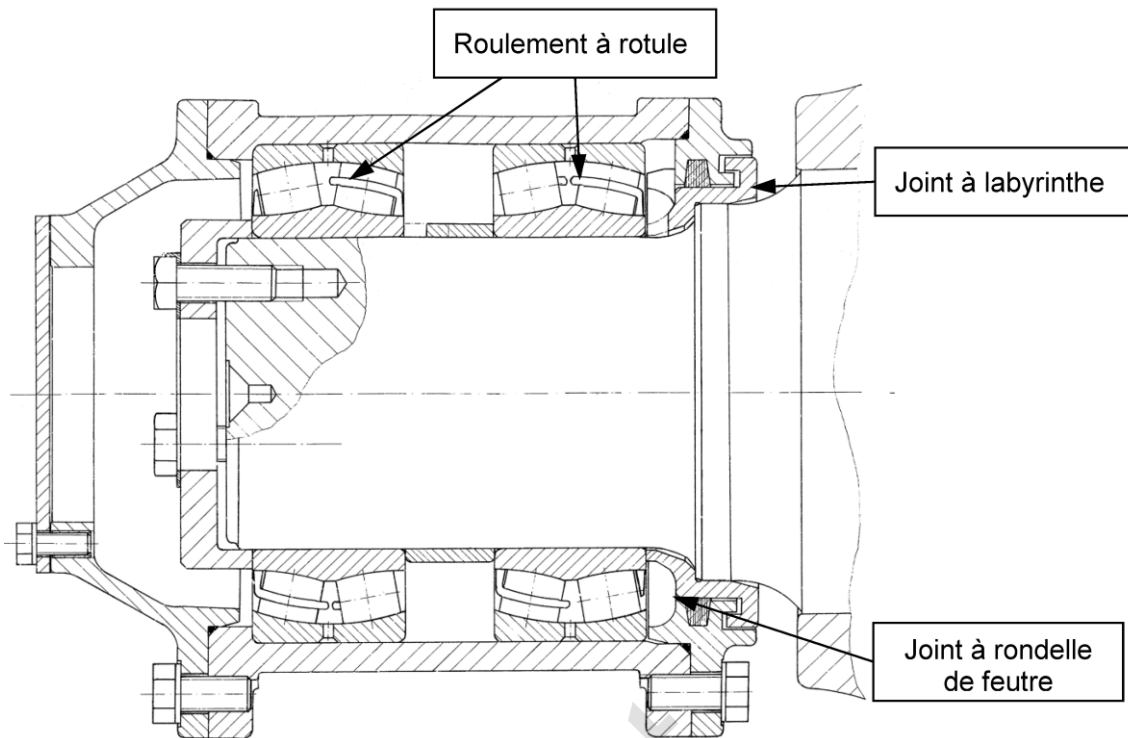


Figure 6-17: boîtier d'essieu avec roulement à rotule, ancien modèle

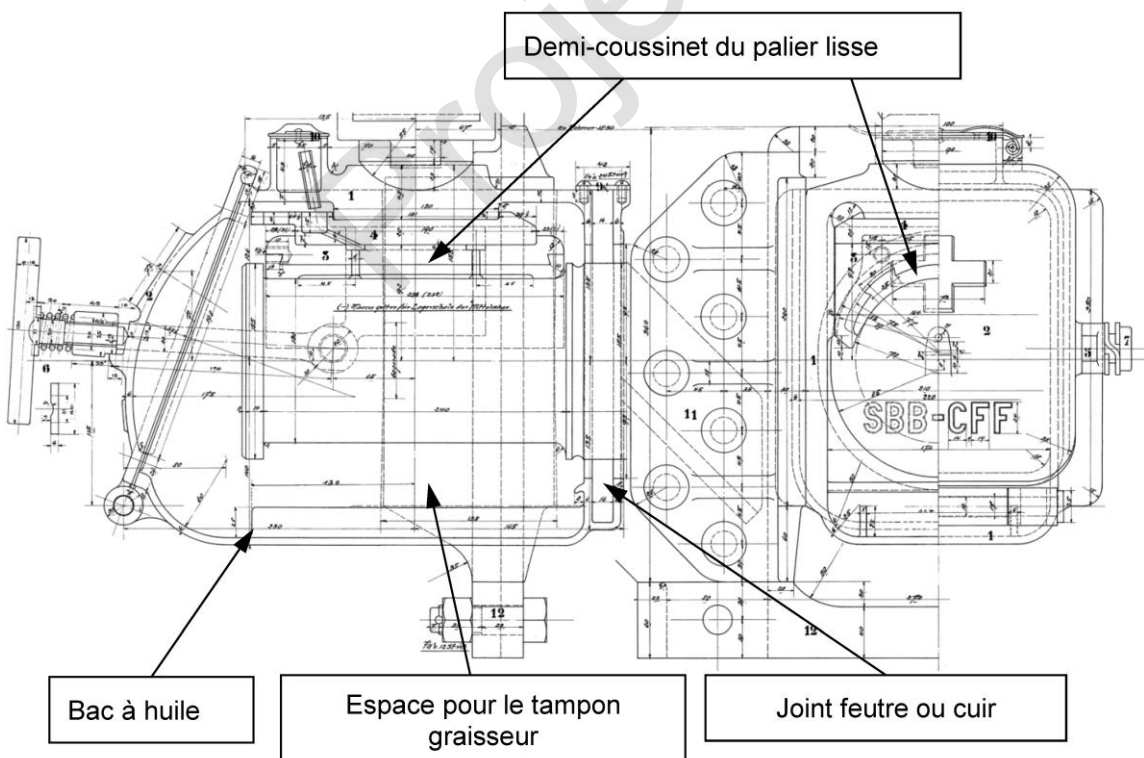


Figure 6-18: palier lisse, utilisé uniquement sur des véhicules historiques

6.2.4 Composants du système de freinage

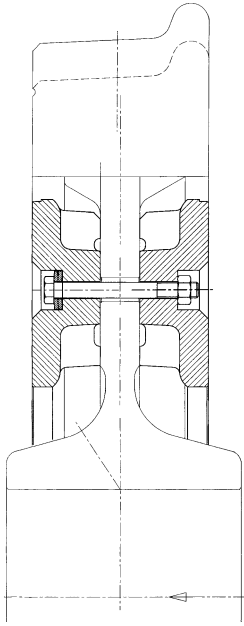


Figure 6-19:
disque de frein sur roue

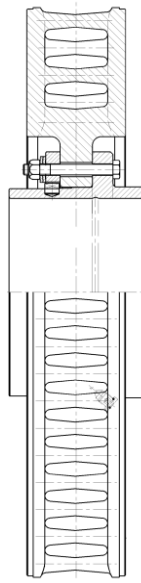


Figure 6-20:
disque de frein sur essieu-axe
(en deux parties)

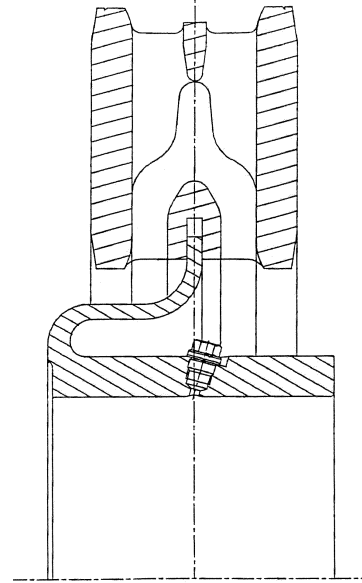


Figure 6-21:
disque de frein sur essieu-axe
(en un bloc)

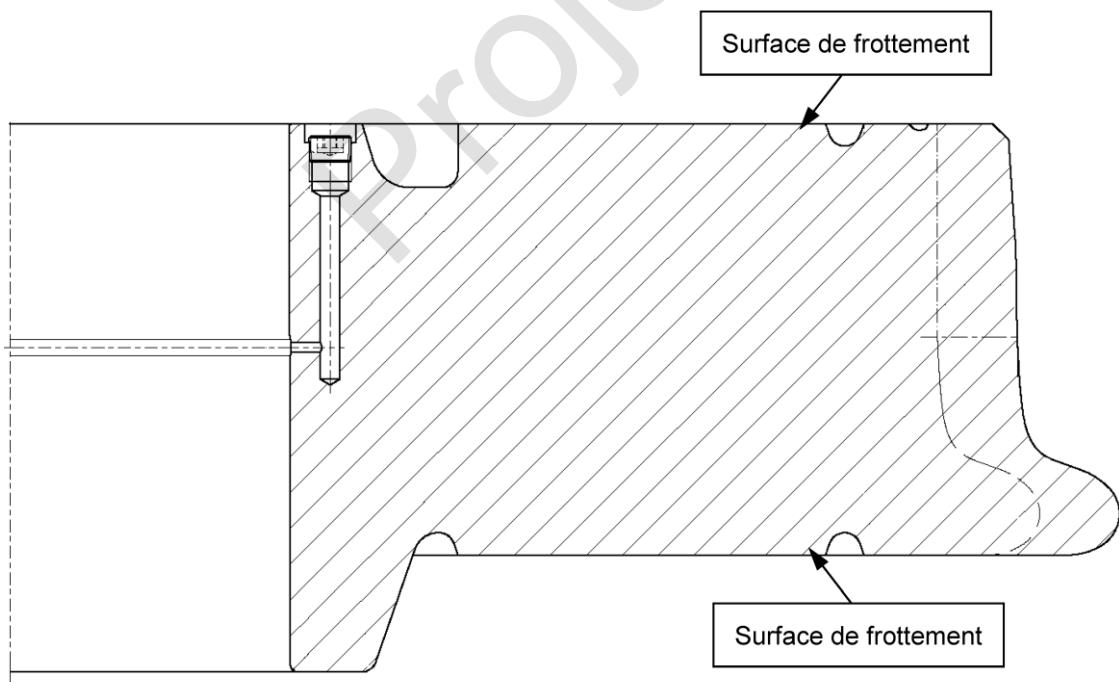


Figure 6-22: roue monobloc avec surface de freinage intégrée sous forme de disque de frein sur roue

6.2.5 Composants de l'unité de traction

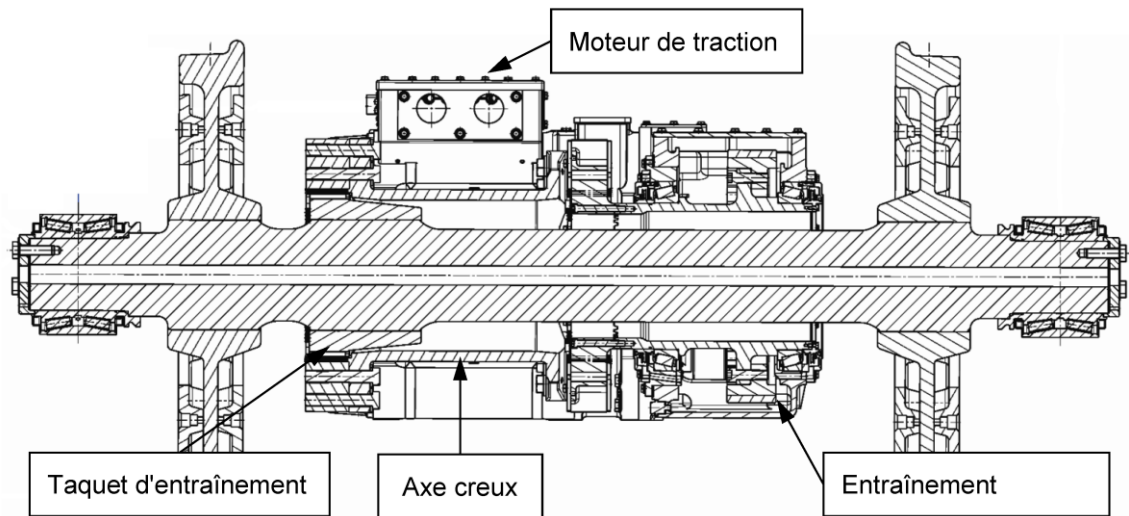


Figure 6-23: essieu moteur avec bras d'entraînement calé pour l'entraînement de l'axe creux

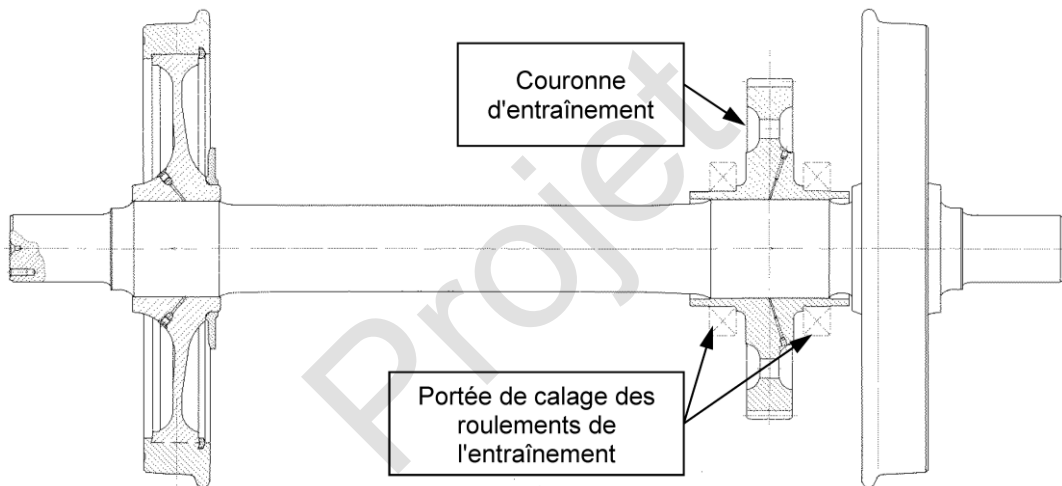


Figure 6-24: essieu moteur avec couronne d'entraînement calée

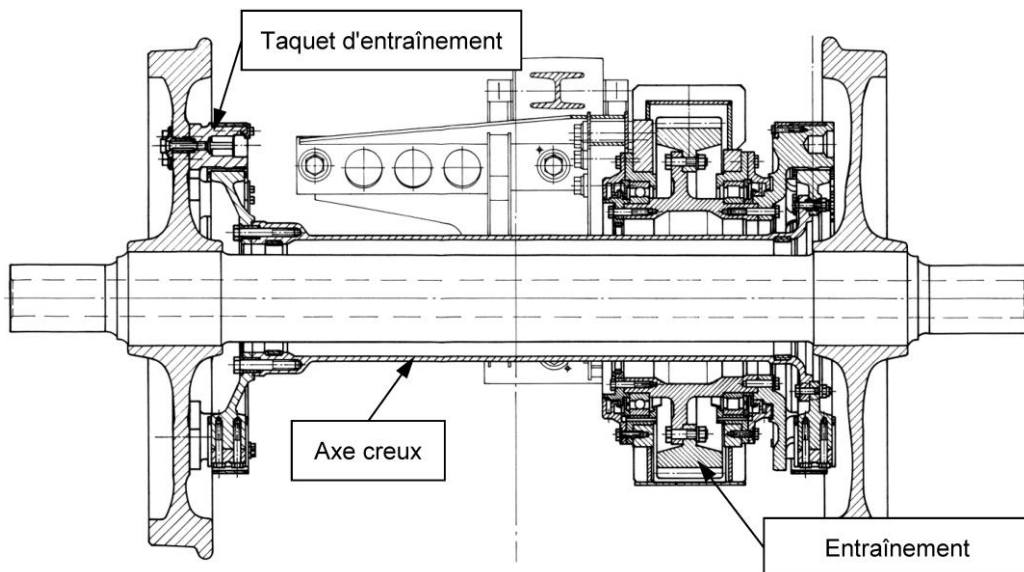


Figure 6-25: essieu moteur avec entraînement de l'axe creux directement sur la toile de la roue

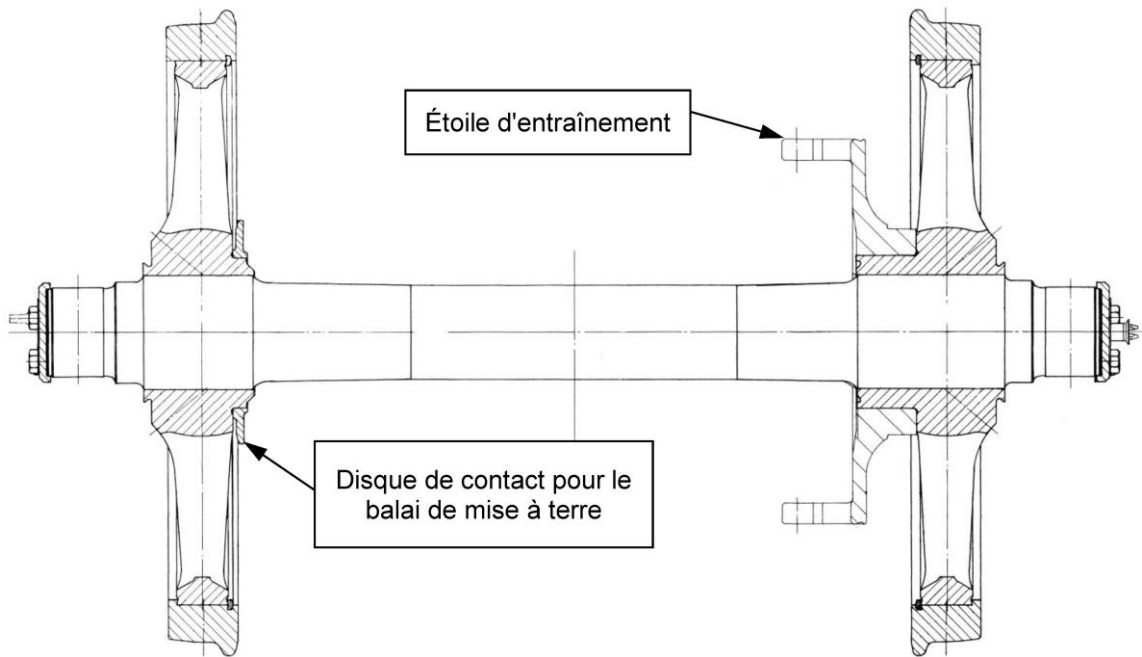


Figure 6-26: essieu moteur avec bras d'entraînement sur le corps de la roue à rayons et disque de contact pour les balais de mise à la terre

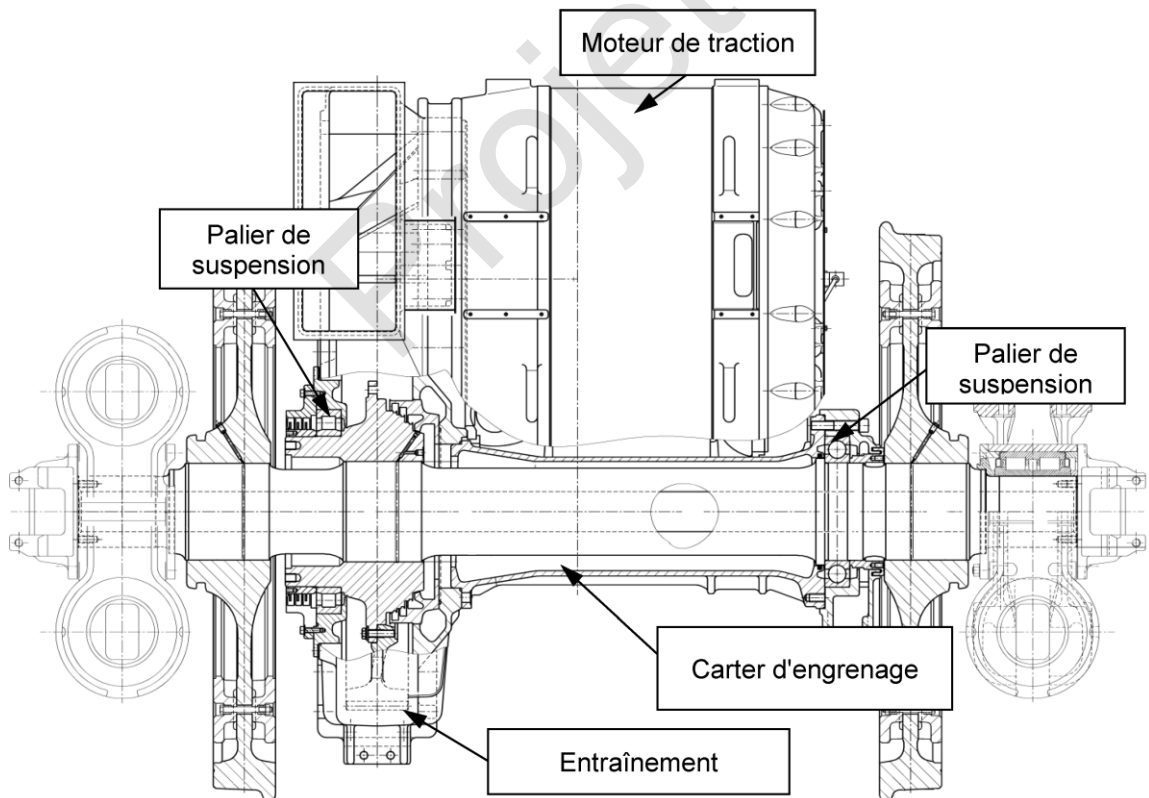


Figure 6-27: essieu moteur avec entraînement et moteur de traction dans une configuration de suspension par le nez (roulement non suspendu sur l'essieu)

6.2.6 Composants de mise à la terre

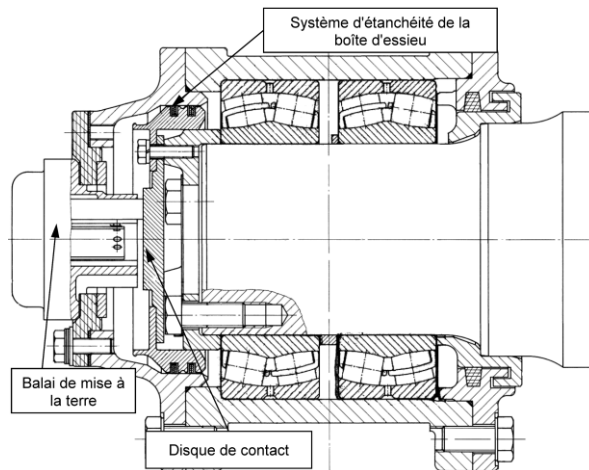


Figure 6-28: boîte d'essieu à rouleaux avec balai de mise à la terre (type Ferraz)

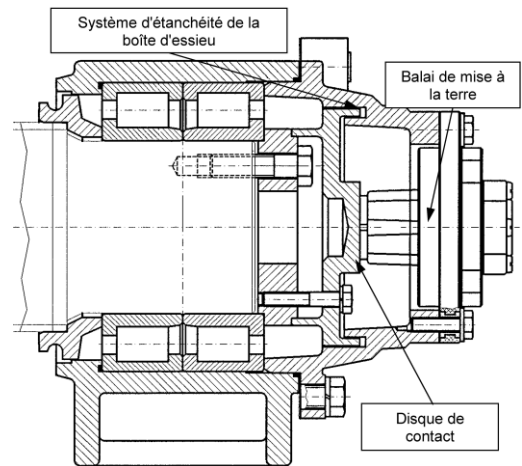


Figure 6-29: boîte d'essieu à rouleaux avec balai de mise à la terre (type Tibram)

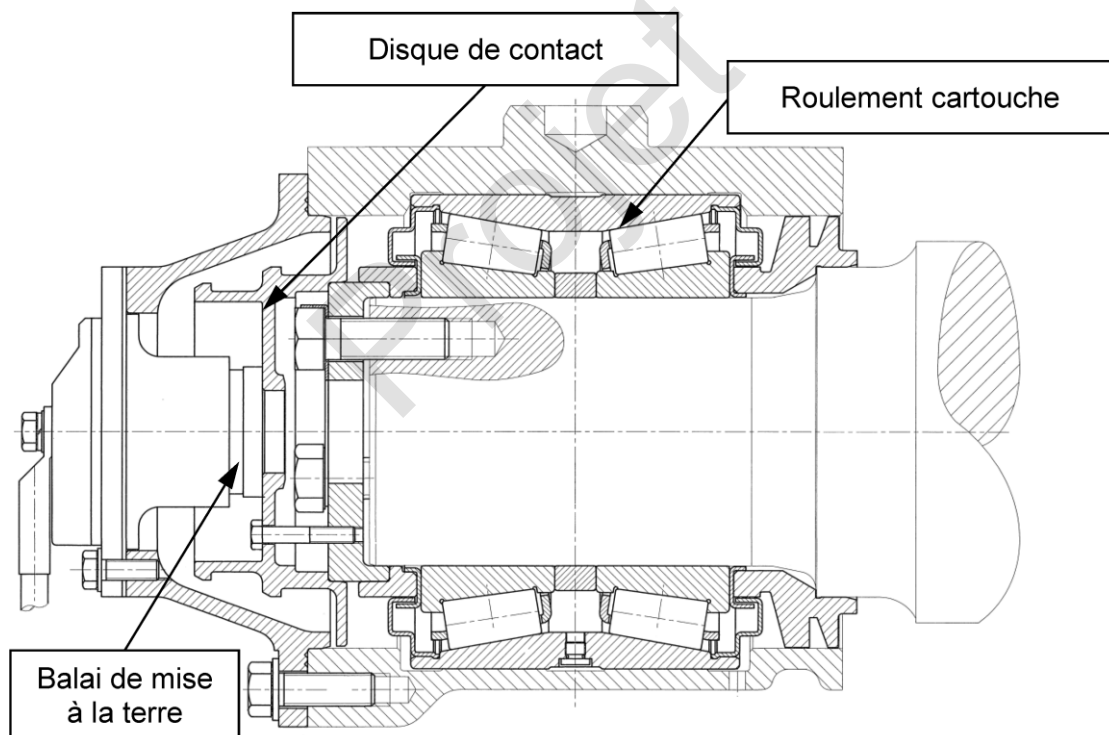


Figure 6-30: roulement cartouche avec balai de mise à la terre

Le balai de mise à la terre est également appelé brosse de mise à la terre. Ces deux termes désignent la même pièce.

6.3 Terminologie et désignations

Les désignations suivantes des pièces de l'essieu sont les désignations généralement utilisées dans les normes et pas forcément les désignations employées dans le langage courant. On utilisera les termes suivants dans les documents officiels relatifs aux essieux.

6.3.1 Désignations des pièces d'un essieu

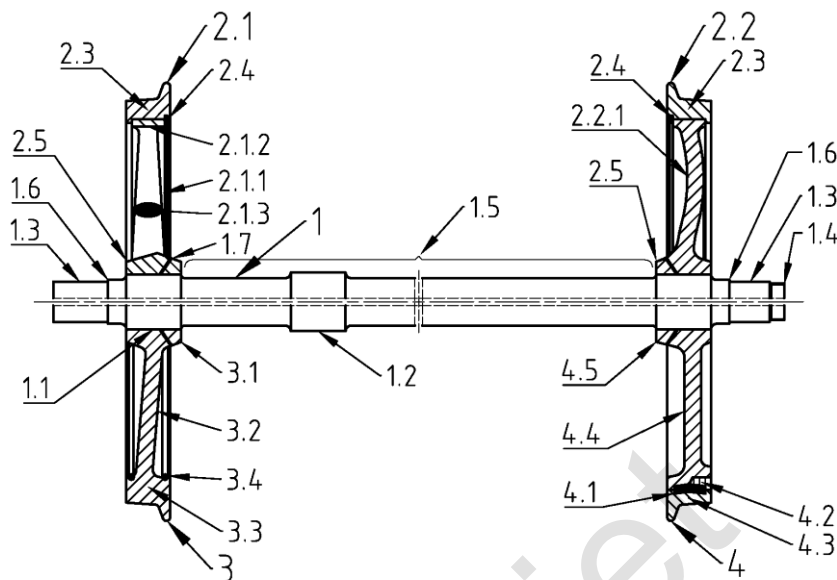


Figure 6-31: désignations des pièces d'un essieu

Légende de la Figure 6-31:

1.	L'essieu en général	2.1	Roue à rayons bandagée
1.1	Portée de calage du moyeu de la roue	2.1.1	Corps de la roue à rayons
1.2	Portée de calage du moyeu pour les disques de frein et la boîte de transmission	2.1.2	Jante
1.3	Fusée de l'essieu-axe	2.1.3	Section du rayon
1.4	Embout fileté pour l'écrou à encoches	2.2	Roue à disque bandagée
1.5	Axe de l'essieu-axe	2.2.1	Corps de la roue à disque (jante)
1.6	Collet de fusée (assise du joint à labyrinthe)	2.3	Bandage
1.7	Trou d'extraction de l'huile sous pression	2.4	Agrafe de bandage
		2.5	Moyeu de la roue
3	Roue monobloc	4	Roue bandagée élastique
3.1	Moyeu de la roue	4.1	Élastomère
3.2	Âme de roue	4.2	Anneau de jante
3.3	Jante de roue	4.3	Bandage
3.4	Dispositif d'amortissement du bruit de la roue	4.4	Corps de la roue à disque (jante)
		4.5	Moyeu de la roue

6.3.2 Caractéristiques géométriques de l'essieu

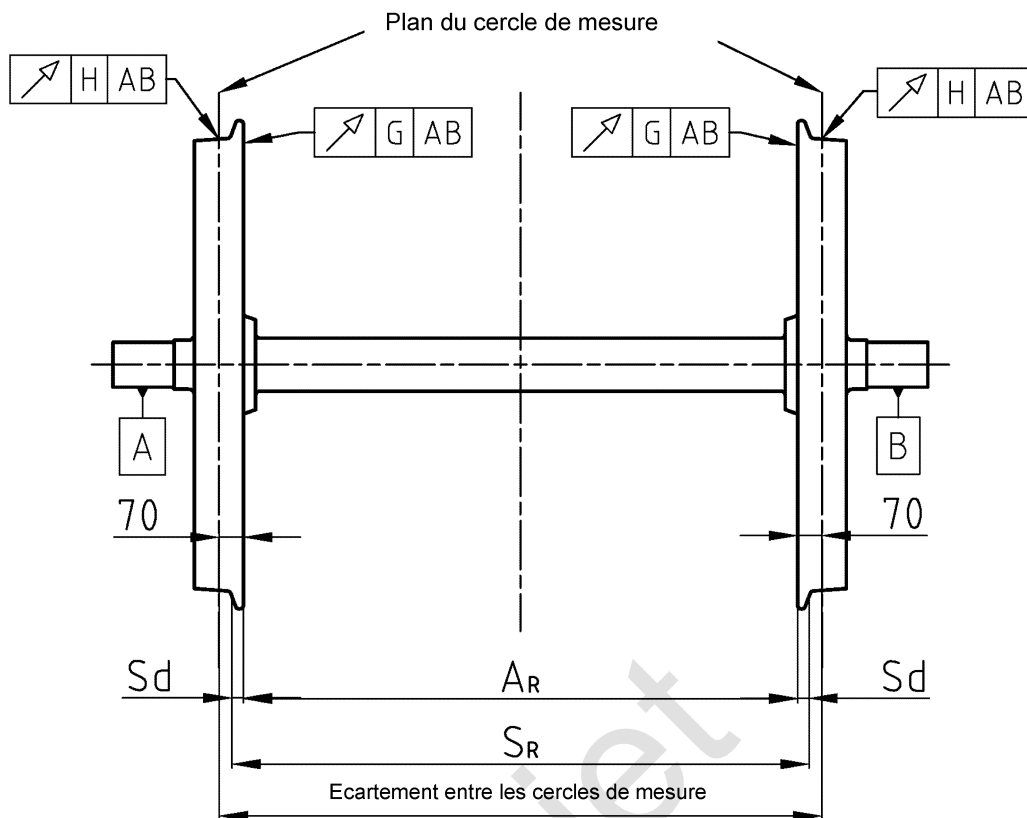


Figure 6-32: caractéristiques géométriques de l'essieu

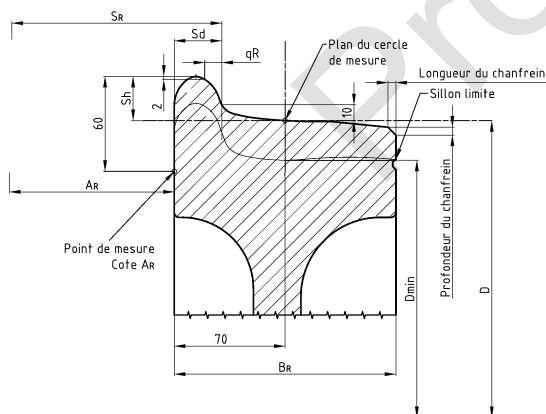


Figure 6-33: caractéristiques géométriques du profil de la roue

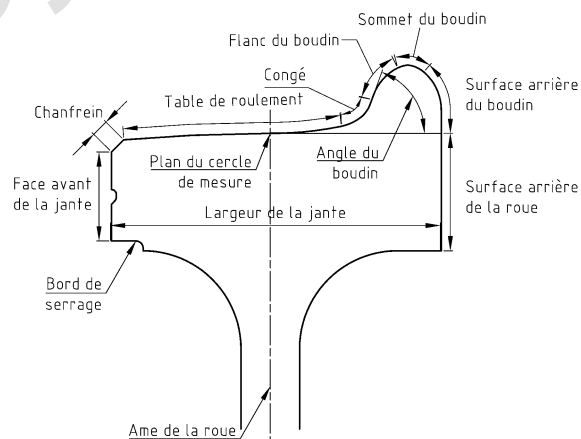


Figure 6-34: désignations des éléments du profil de la roue

Légende de la Figure 6-33 et de la Figure 6-34:

Désignation selon les STI	Désignation selon la norme SN EN 15313	Désignation
A _R	a1	Écartement des faces internes de l'essieu ou distance des faces planes intérieures
B _R	L	Largeur de la jante de roue ou largeur du bandage
D	d	Diamètre de la roue au niveau du cercle de mesure
D _{min}	—	Diamètre de la roue en tant que cote limite de service
q _R	qR	Cotes du flanc du boudin
S _d	e	Épaisseur du boudin
S _h	h	Hauteur du boudin
S _R	a2	Écartement extérieur

À la différence des indications de la norme SN EN 15313, le présent règlement RTE utilise les désignations des STI pour des raisons pratiques, car ce sont les désignations utilisées de manière générale dans les documents établis et utilisés en Suisse. Il est néanmoins possible de choisir d'utiliser les désignations employées dans la norme SN EN 15313. Il n'existe pas de restriction à cet égard.

Pour les cotes de voile radial et de voile latéral, on utilise les désignations suivantes:

g battement latéral des faces planes intérieures

h battement radial du diamètre de la roue au niveau du cercle de mesure

6.4 Acquisition de composants neufs

Les essieux et composants neufs doivent être approvisionnés conformément aux normes et aux ouvrages de référence applicables cités au chapitre 2.

Les directives spéciales de l'acheteur, p. ex. au sujet des matériaux, du profil de roue ou de l'étendue de la documentation, seront également prises en compte et clarifiées avec le fournisseur.

Toute modification apportée aux composants de l'essieu et susceptible d'impacter sa résistance doit être communiquée à l'OFT qui prendra position. C'est tout particulièrement important pour les modifications de matériau ou de géométrie de la roue et de l'essieu-axe.

6.4.1 Essieux complets

Lors de l'acquisition d'essieux entièrement montés, il est nécessaire de déterminer avec le fournisseur l'étendue de la documentation et la forme sous laquelle les données seront transmises. La documentation minimale doit inclure les points indiqués au chapitre 11 dans la mesure où ils sont pertinents pour les composants neufs à approvisionner.

La traçabilité des composants suivants de l'essieu doit être assurée:

- essieu-axe
- roue (roue monobloc ou corps de roue et bandage)
- boîte d'essieu

Au-delà de la documentation standard (cf. la norme SN EN 13260, appendices D et F ou la norme UIC 813, appendice B), il est recommandé de demander des procès-verbaux confirmant le revêtement adéquat de l'essieu, l'identification du profil de roue usiné, le diamètre de la roue, le balourd résiduel, les cotes géométriques importantes (en particulier la cote A_R , le battement radial et latéral), et la mesure de la résistance.

Pour les essieux à axe creux, il est conseillé de réaliser un essai initial par ultrasons lorsque la pièce est entièrement assemblée. Cela doit faire l'objet d'un accord spécifique entre le fabricant et l'acheteur.

6.4.2 Roues monoblocs, jantes et bandages

La traçabilité de tous les composants cités est nécessaire et doit s'appuyer sur le lot de matériel et le numéro du composant. C'est suffisant pour les pièces forgées brutes non traitées.

Si les composants sont déjà traités, un certain nombre de données doit être transmis conformément aux directives de l'acheteur, et en particulier:

- les valeurs géométriques, et plus particulièrement le diamètre de l'alésage du moyeu et de la jante
- le profil de roue usiné
- la preuve du revêtement adéquat. Pour ce faire, un essai de quadrillage peut être convenu si nécessaire entre le fabricant et l'acheteur. La proportion des pièces qu'il faut soumettre à l'essai de quadrillage doit être définie au préalable.

Se reporter également au chapitre 11 pour en savoir plus sur les données à transmettre avec les pièces.

6.4.3 Essieu-axe

La traçabilité des essieux-axes est nécessaire et doit s'appuyer sur le lot de matériel et le numéro du composant.

Si les composants sont traités, un certain nombre de données doit être transmis conformément aux directives de l'acheteur, et en particulier:

- les valeurs géométriques, et plus particulièrement le diamètre de toutes les portées de calage (roulement, voile de la roue, boîte de transmission, disques de frein sur essieu-axe, etc.)
- la preuve du revêtement adéquat. Pour ce faire, un essai de quadrillage peut être convenu si nécessaire entre le fabricant et l'acheteur. La proportion des pièces qu'il faut soumettre à l'essai de quadrillage doit être définie au préalable.

Se reporter également au chapitre 11 pour en savoir plus sur les données à transmettre avec les pièces.

6.4.4 Pièces de l'entraînement

Il n'existe pas de directives formelles concernant les pièces de l'entraînement de l'essieu. Il est néanmoins recommandé de consigner au moins le lot de fabrication et le lot de matériel.

Pour les roues dentées motrices ou les bras d'entraînement qui sont calés sur l'essieu-axe ou sur la roue, un numéro de série devrait être attribué à chaque pièce et être utilisé dans les documents qualité en référence à la fabrication. L'étendue et la nécessité de cette documentation doit être convenue entre le fabricant et l'acheteur.

6.4.5 Responsabilités lors des essais

La commande ou ses pièces jointes doivent préciser si les essais seront réalisés à la demande du département compétent de l'usine de fabrication ou en présence d'un représentant de l'acheteur.

Il est obligatoire de documenter clairement les essais.

En l'absence de précisions dans la commande, les dispositions des normes et des ouvrages de référence en vigueur s'appliqueront. La liste suivante réunit les normes et aide-mémoires UIC les plus importants. La dernière version en vigueur de ces normes et aide-mémoires sont les documents à prendre en compte. Il revient au commanditaire la responsabilité de vérifier s'il existe d'autres normes applicables ou s'il faut considérer des normes plus récentes. Une partie des aide-mémoires UIC ne sont plus valables. Ils sont néanmoins indiqués ici à titre d'information.

Pièce	Exigences relatives à la qualité	Exigences géométriques à l'état assemblé
Essieux-axes	SN EN 13261 (anciennement UIC 811-1)	SN EN 13261 (anciennement UIC 811-2)
Roues monoblocs	SN EN 13262 (anciennement UIC 812-3)	SN EN 13262 (anciennement UIC 812-2)
Corps de roue	UIC 812-1	UIC 812-5
Bandage	UIC 810-1	UIC 810-2
Roues bandagées	–	UIC 812-4
Agrafes de bandage	UIC 810-3	–
Roulements à rouleaux de l'essieu	–	SN EN 12080
Essieu complet	SN EN 13260	SN EN 13260

Tableau 6-1: normes applicables à l'acquisition du matériel

Le transfert des essais au département compétent de l'usine de fabrication par l'acheteur n'empêche pas l'acheteur de vérifier lui-même l'efficacité des contrôles de fabrication et de contrôler l'efficacité des méthodes de contrôle et d'inspection, éventuellement dans d'autres laboratoires.

6.5 Profils de roue

Les profils de roue ont considérablement évolué au cours des dernières décennies en raison des exigences imposant une compensation de l'usure et la stabilité des essieux dans le cadre de l'exploitation des trains à grande vitesse.

Le profil de roue, en interaction avec le profil du champignon du rail et en tenant compte de l'inclinaison du rail et de la géométrie de contact qui en résulte, a une grande influence sur le comportement de l'essieu au roulement et en traction. Selon les points de contact, le profil de roue peut être conçu et adapté autant que possible à l'état des rails de manière à atteindre un équilibre optimal entre la stabilité de roulement exigée et l'usure.

Les profils de roue peuvent être librement construits en s'appuyant sur les calculs du roulement dynamique, à condition que les valeurs géométriques limites des roues soient respectées. Les exceptions et les consignes spécifiques aux véhicules doivent être prises en compte (p. ex. stabilité du roulement possible uniquement avec un certain écartement extérieur des boudins). Il est cependant recommandé d'utiliser des profils de roue normalisés et les variantes définies. Les profils qui ne correspondent pas aux prescriptions de la norme SN EN 13715 requièrent la conclusion d'un accord entre le détenteur des véhicules et le service de gestion de l'infrastructure ou l'organisme d'homologation avant de pouvoir être utilisés.

La forme du boudin est prédéfinie et encadrée par des limites étroites sur la base des indications de hauteur du boudin Sh et d'épaisseur du boudin Sd (cf. Figure 6-35) d'autres normes en fonction du diamètre du cercle de roulement.

La partie variable des profils de roue porte essentiellement sur le tracé du point D1 au point A1, comme indiqué sur la figure suivante. Cette partie influence plus particulièrement le comportement du véhicule au roulement.

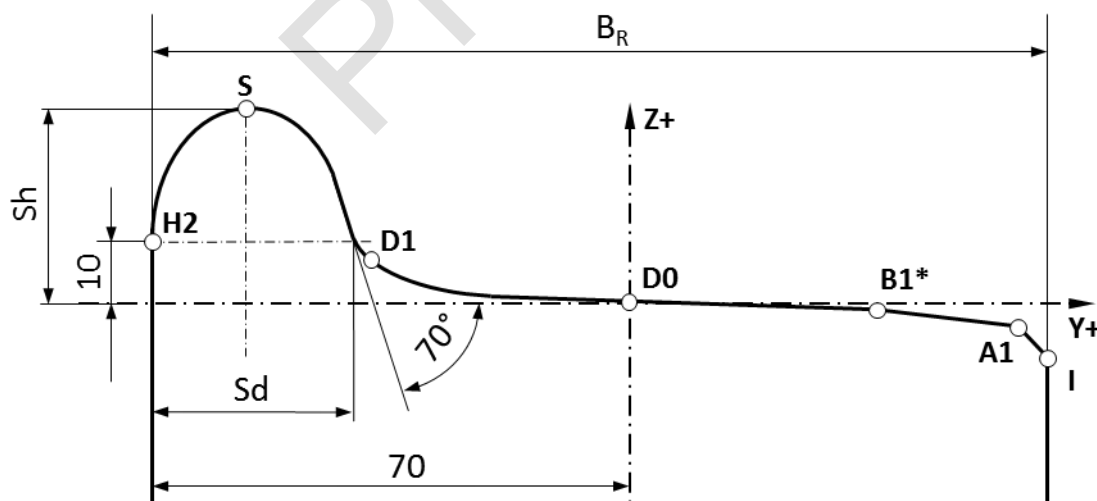


Figure 6-35: profil de roue

Si le profil de roue d'un type de véhicule déjà en exploitation est modifié, le service de gestion de l'infrastructure et l'organisme d'homologation doivent en être informés si la ladite modification influence la stabilité de roulement du véhicule ou son usure. Exemple: la modification de l'écartement extérieur du boudin sur des véhicules dont la stabilité de roulement n'a pu être démontrée qu'avec un certain écartement extérieur du boudin.

6.5.1 Types de profil de roue

Dans le cadre d'une exploitation internationale, il est recommandé d'utiliser des profils de type S1002, conformément aux prescriptions de la norme SN EN 13715 ou des profils EPS. Ces profils sont autorisés pour un diamètre de roue supérieur à 330 mm.

La désignation du profil de roue selon la norme SN EN 13715 s'appuie par exemple pour le S1002 sur la convention suivante:

SN EN 13715 - S1002/h28/e30.5/6.7 %

où:

S1002: profil dérivé du profil de référence S1002 selon la norme SN EN 13715

h28: hauteur du boudin Sh (également désignée h)

e30.5: épaisseur du boudin Sd (également désignée e)

6.7 %: inclinaison conique extérieure

Une désignation simplifiée du profil de roue est autorisée, p. ex. «S1002/28/30.5». Si la valeur de l'inclinaison conique extérieure n'est pas indiquée, on suppose une valeur de 6.7 %.

Outre les profils de roue conformes à la norme SN EN 13715, d'anciens profils non définis dans les documents normatifs sont également utilisés au sein des CFF et d'autres exploitants de chemin de fer:

- CFF 28-2, 30-2: véhicules à stabilité de roulement réduite
- CFF 28-3, 30-3: véhicules dont la stabilité de roulement est insuffisante
- CFF 32-3: pour les petits diamètres de roue qui requièrent une hauteur de boudin minimale de 32 mm
- VSG RN 02.058: essieux de type Talbot de BLS
- Plasser UD00.1035: machines de chantier de Plasser
- MR 10443.0: machines de chantier Matisa
- DB 60°/4020: véhicules spéciaux

Les profils de roue de type S1002 et EPS sont définis en détail dans la norme SN EN 13715, tandis que les profils de roue spéciaux les plus courants (CFF, machines de chantier sur rail et diverses applications spéciales) sont présentés dans l'annexe A.

Inclinaison conique du profil de roue

La norme SN EN 13715 autorise une inclinaison conique extérieure de la ligne B1-A1, selon la Figure 6-36, de 6.7 %, 10 % et 15 %. La valeur est directement exprimée en % dans la désignation du profil de roue (exemple: S1002/h28/e30.5/6.7 %).

Sur les anciens dessins, il est possible qu'au lieu de trouver une indication complète du profil avec l'inclinaison conique, la valeur soit représentée sur le dessin par un symbole d'inclinaison avec la valeur de rupture correspondante.

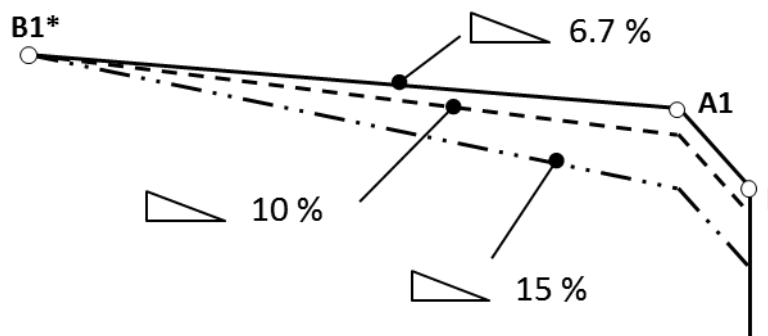


Figure 6-36: inclinaisons coniques sur le profil de roue S1002

Généralement, on applique une inclinaison conique de 6.7 %. L'expérience acquise sur le réseau des CFF montre que les roues présentant une inclinaison conique de 15 % risquent d'endommager les cœurs d'aiguilles. L'application d'inclinaisons coniques supérieures à 6.7 % doit donc faire l'objet d'une concertation préalable avec l'exploitant de l'infrastructure. On observe moins d'écrasement sur les roues dont l'inclinaison conique est grande, ce qui peut allonger les intervalles de maintenance.

Pour les véhicules qui circulent uniquement en Suisse, il est recommandé d'appliquer une inclinaison conique de 6.7 %, et de ne pas dépasser 10 %. Pour les véhicules circulant sur des lignes internationales, on applique les prescriptions des STI.

6.5.2 Écart de forme du profil de roue

En règle générale, l'écart de forme du profil de roue admissible par rapport à la ligne théorique idéale est défini sur le dessin des essieux ou des roues du fabricant. En l'absence d'indications, il est recommandé de considérer un écart de forme maximal admissible de 0.5 mm. La norme DIN 5573 autorise un écart de forme maximal de 1.0 mm, ce qui n'est cependant pas conseillé pour le flanc du boudin car cela a une influence directe sur l'épaisseur du boudin.

Dans la pratique, les écarts des profils de roue peuvent être évalués visuellement après l'usinage au moyen d'un calibre de forme (méthode de l'entrefer) si le commanditaire ne spécifie pas une autre méthode de mesure ou si le contrôle du profil doit être documenté par un dessin.

Écart de forme du profil de roue après la fabrication:

- 0.5 mm maximum recommandé
- 1.0 mm maximum admissible selon la norme DIN 5573 (retirée)

6.5.3 Finition de surface de la jante

Le contour final de la jante est réalisé par tournage pendant la fabrication et pendant le reprofilage. L'usinage du profil par meulage doit être une exception. Lorsque l'usinage est réalisé par tournage, le choix des outils et de la vitesse d'avance influence considérablement la finition de la surface. En règle générale, le fabricant des essieux indique sur ses dessins la finition de surface prévue. L'utilisateur est néanmoins libre d'améliorer la finition de surface lors de l'usinage. En revanche, il n'est pas recommandé de réduire la qualité de cette finition de surface.

La finition de surface influence directement le temps d'usinage par le biais de l'avance de l'outil pendant l'usinage. Le temps d'usinage doit être le plus court possible pour atténuer les coûts d'usinage. Une surface grossière a cependant aussi un impact négatif sur l'usure du profil de roue et sur le risque d'ovalisation.

Il est donc recommandé de réaliser au moins la finition de surface demandée, l'idéal étant d'atteindre une finition de surface de meilleure qualité que la finition minimale demandée. Les coûts ainsi engendrés, notamment en lien avec un temps d'usinage plus long, peuvent dans certains cas être compensés par un plus grand kilométrage de l'essieu.

Sont recommandées les finitions de surface suivantes pour la jante:

- surface interne de la roue et about de la jante avec chanfrein: Ra 12.5 à Ra 25
- surface interne du boudin et sommet du boudin: Ra 12.5
- flanc du boudin, congé et table de roulement jusqu'à la surface conique: Ra 3.2 à Ra 6.3
- surface conique: Ra 12.5

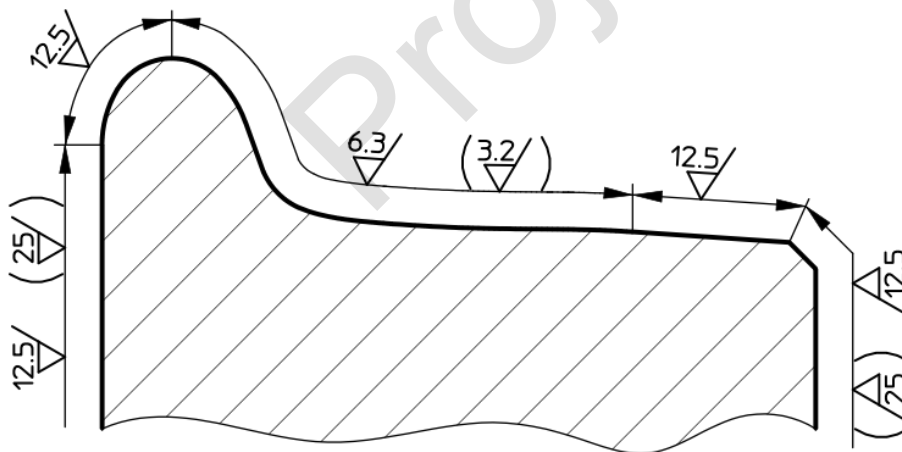


Figure 6-37: finition de surface de la jante

6.5.4 Sillon limite

La position du sillon limite ou du sillon minimal sur l'about extérieur de la roue doit tenir compte de la géométrie du profil de roue utilisé, et en particulier des coordonnées du point I comme on peut le voir sur la Figure 6-36. Généralement, la position du sillon limite est indiquée par le fabricant des essieux en fonction de la valeur limite de service du diamètre de roue. Après un reprofilage, le sillon limite pour les essieux des wagons de marchandises et des voitures doit être entier. Aucune retouche du contour du sillon limite avec le chanfrein n'est autorisée. Sur les véhicules moteurs et les rames automotrices qui circulent uniquement en Suisse, le sillon limite peut être entaillé lors d'un reprofilage par le détenteur des véhicules dans le cadre d'une autorisation spéciale et de la surveillance du diamètre du cercle de roulement. Dans ce cas, le kilométrage restant doit être défini sur la base du diamètre du cercle de roulement tourné (généralement, c'est env. 10'000 km/mm de diamètre de roue). L'autorisation spéciale sera indiquée si nécessaire sur le véhicule.

Sur les essieux des voitures et des wagons de marchandises, le sillon limite doit être réalisé conformément aux prescriptions internationales, comme indiqué sur la Figure 6-38 à gauche. Cette forme est recommandée par principe. Des sillons limites simplifiés comme on peut le voir sur la Figure 6-38 à droite sont encore utilisés en Suisse sur des essieux moteurs bandagés.

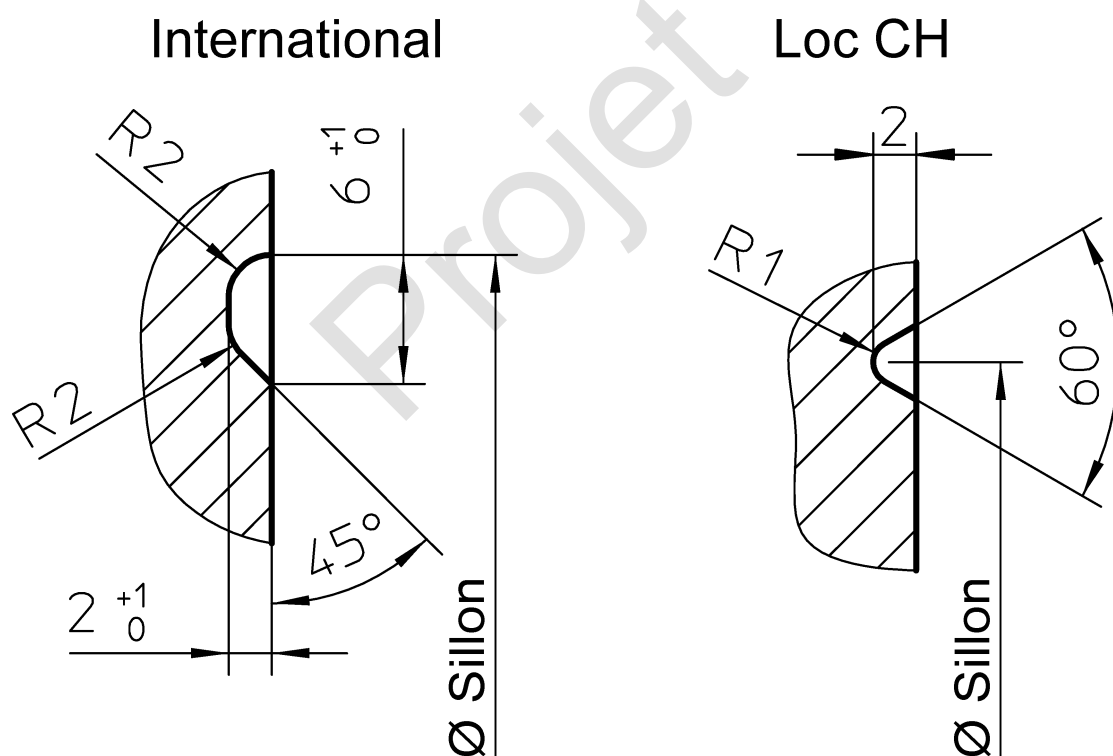


Figure 6-38: formes de sillons limites

L'intégralité du sillon limite doit être visible tant que l'essieu est en exploitation car il est important de ne pas négliger l'impact d'un écrasement. Le sillon limite correspondant à la forme utilisée sur les locomotives circulant en Suisse est tout particulièrement concerné par ce problème d'écrasement si le diamètre minimal est atteint. À ce stade, l'état d'usure du diamètre de la roue ne peut être déterminé que par une mesure.

Si un reprofilage des roues est réalisé à proximité du diamètre minimal, on veillera à ce que le chanfrein 5x45° ne dépasse pas le sillon limite. Les roues dont le sillon limite n'est pas préservé, comme on peut le voir sur la Figure 6-39, ne doivent plus être utilisées (à l'exception des véhicules moteurs et des rames automotrices, cf. le kilométrage restant décrit ci-dessus).

Afin d'optimiser le kilométrage de la roue après le dernier reprofilage, le chanfrein peut être réduit à la cote 3x45°.

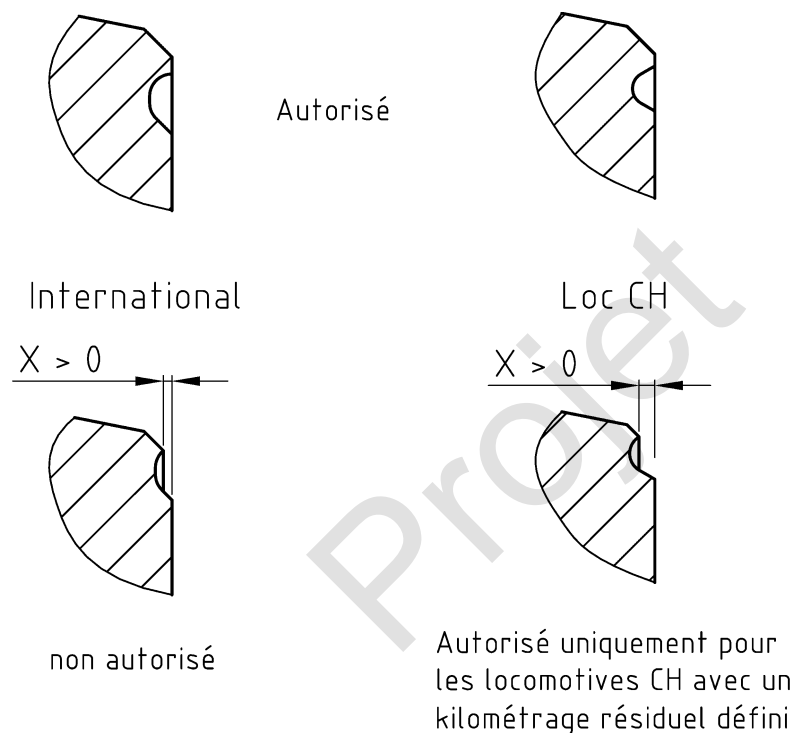


Figure 6-39: évaluation des sillons limites

6.6 Critères d'évaluation

Les essieux, et en particulier leur profil de roue et leur table de roulement, sont régulièrement évalués ou mesurés dans le cadre des opérations d'inspection et de maintenance (pour en savoir plus, se reporter aux recommandations du chapitre 8). Les résultats sont comparés aux valeurs limites et la poursuite de leur utilisation est évaluée. Les valeurs limites applicables sont dérivées des normes en vigueur ou de la démonstration de résistance ou peuvent être déterminées en s'appuyant sur l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation. Selon leur origine et leur nature, on les appelle différemment, comme indiqué ci-après.

Limite d'avertissement ou cote limite d'atelier

Les limites d'avertissement et les cotes limites d'atelier sont des valeurs tirées de l'expérience de l'exploitant. Une remise en état doit être planifiée pour les roues ayant atteint cette limite. Ces roues peuvent encore être utilisées pendant une période définie (p. ex. 12'500 à 20'000 km ou 10 à 20 jours d'utilisation) jusqu'à la remise en état. Le détenteur des véhicules peut aussi procéder au remplacement immédiat des essieux.

Exemple: limite inférieure $q_R < 7.0$ mm

Cote limite de service (limite d'intervention)

La cote limite de service est la cote limite tirée d'une norme ou de la démonstration de résistance. Les roues franchissant cette limite doivent être remises en état (reprofilage ou changement de roue) après une très courte période (p. ex. 6'250 km ou 5 jours d'utilisation).

Exemple: limite inférieure $q_R < 6.7$ mm, limite supérieure de l'écartement d'essieu $\leq 1'425.5$ mm

Cote limite de service (seuil d'intervention immédiate)

La cote limite de service est la cote limite tirée d'une norme ou de la démonstration de résistance. Les roues franchissant cette limite doivent être remises en état immédiatement, sans délai supplémentaire (reprofilage ou changement de l'essieu).

Exemple: limite inférieure $q_R < 6.5$ mm, limite supérieure de l'écartement d'essieu $\leq 1'426$ mm

Le seuil d'intervention immédiate correspond en général à la valeur limite prévue par la loi ou par le référentiel normatif et est critique pour la sécurité (p. ex. $q_R < 6.5$ mm).

La limite d'intervention est le stade précédant le seuil d'intervention immédiate. Ces valeurs sont moins critiques pour la sécurité et doivent être déterminées en fonction des valeurs prescrites par les normes ou par la loi ou en fonction de l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation.

La limite d'avertissement et la cote limite d'atelier doivent être définies en fonction de l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation.

Cette distinction permet d'identifier rapidement les roues avant qu'elles atteignent la cote limite de service. Cela permet de planifier une maintenance curative et donc d'améliorer la disponibilité des véhicules.

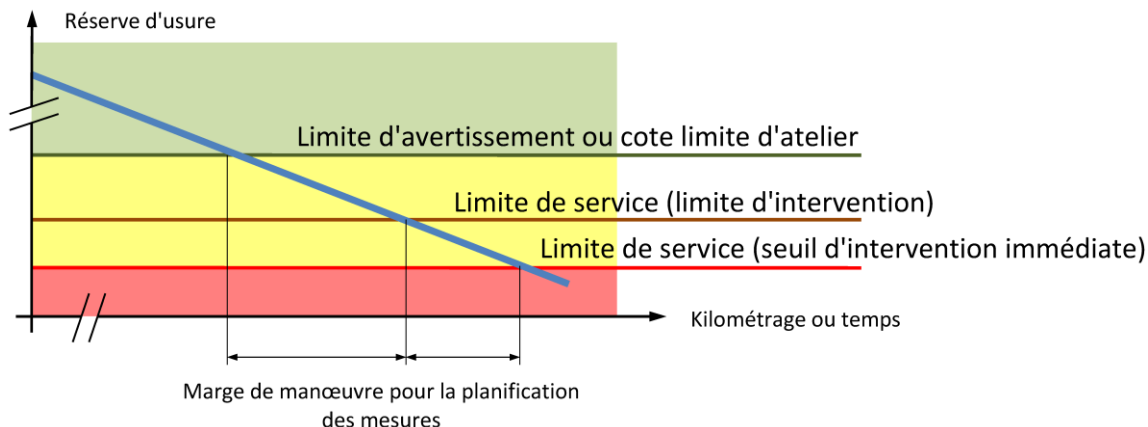


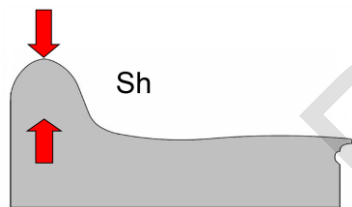
Figure 6-40: limite d'avertissement et limite de service

6.6.1 Critères d'évaluation du profil de roue

Les différents ouvrages de référence et normes en vigueur n'indiquent pas toujours les mêmes cotes limites (Sh , Sd et q_R , A_R , S_R , etc.). On trouvera ci-après les prescriptions du présent ouvrage de référence et la recommandation générale qui en est dérivée pour les véhicules qui circulent en Suisse.

Les valeurs indiquées pour la limite d'avertissement sont des valeurs indicatives et peuvent être adaptées par le détenteur des véhicules en fonction du délai d'utilisation supplémentaire souhaité.

6.6.1.1 Hauteur du boudin Sh

Figure 6-41: hauteur du boudin Sh

Diamètre de roue D [mm] Cote nominale		En général	$D \geq 760$	$760 > D \geq 630$	$760 \geq D \geq 680$	$760 \geq D \geq 330$	$D \leq 680$	$D \leq 630$	$630 > D \geq 330$
SN EN 15313	min.	–	27.5	29.5	–	–	–	31.5	–
	nominal	–	28	30	–	–	–	32	–
	max.	–	36	36	–	–	–	36	–
STI	min.	–	27.5	30	–	–	–	–	32
	max.	–	36	36	–	–	–	–	36
CFF BCA 20059323	min.	–	28	–	30	–	32	–	–
	max. (national)	–	38	–	38	–	38	–	–
	max. (internat.)	–	36	–	36	–	36	–	–

Tableau 6-2: hauteur du boudin Sh [mm] prescrite selon les différentes sources

Les valeurs de hauteur de boudin Sh suivantes, dérivées des prescriptions ci-dessus, sont prescrites pour l'exploitation. La cote limite de service et la cote à l'état neuf sont obligatoires, les autres indications de cotes étant des recommandations:

Diamètre de roue $D \geq 760$ mm

	min.	nominal	max.
Cote à neuf ^{c)}	27.5 mm	28 mm	–
Cote limite de service Sh (seuil d'intervention immédiate)	25 mm	–	36 mm essieu porteur ^{a)} 38 mm essieu moteur ^{b)}
Cote limite de service Sh (limite d'intervention)	–	–	35.5 mm essieu porteur ^{a)} 37.5 mm essieu moteur ^{b)}
Limite d'avertissement Sh	–	–	35 mm essieu porteur ^{a)} 37 mm essieu moteur ^{b)}

Diamètre de roue $760 > D > 680$ mm

	min.	nominal	max.
Cote à neuf ^{c)}	29.5 mm	30 mm	–
Cote limite de service Sh (seuil d'intervention immédiate)	25 mm		36 mm essieu porteur ^{a)} 38 mm essieu moteur ^{b)}
Cote limite de service Sh (limite d'intervention)	–		35.5 mm essieu porteur ^{a)} 37.5 mm essieu moteur ^{b)}
Limite d'avertissement Sh	–		35 mm essieu porteur ^{a)} 37 mm essieu moteur ^{b)}

Diamètre de roue $680 \geq D \geq 330$ mm

	min.	nominal	max.
Cote à neuf ^{c)}	31.5 mm	32 mm	–
Cote limite de service Sh (seuil d'intervention immédiate)	25 mm		36 mm essieu porteur ^{a)} 38 mm essieu moteur ^{b)}
Cote limite de service Sh (limite d'intervention)	–		35.5 mm essieu porteur ^{d)} 37.5 mm essieu moteur ^{d)}
Limite d'avertissement Sh	–		35 mm essieu porteur ^{d)} 37 mm essieu moteur ^{d)}

Tableau 6-3: hauteurs de boudin Sh prescrites

- a) Valeur limite obligatoire dans le cadre d'une exploitation internationale pour les essieux porteurs et les essieux moteurs; valable dans le cadre d'une exploitation en Suisse pour les véhicules équipés uniquement d'essieux porteurs.
- b) Valeur limite en vigueur dans le cadre d'une exploitation en Suisse pour les essieux moteurs et les essieux porteurs des trains articulés.
- c) La hauteur de boudin à l'état neuf est généralement déterminée par le profil de roue à tourner.
- d) La valeur peut être adaptée par l'exploitant en fonction de l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation.

6.6.1.2 Épaisseur du boudin Sd

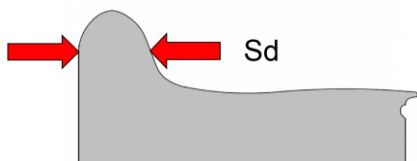


Figure 6-42: épaisseur du boudin Sd

Diamètre de roue D [mm] Cote nominale		En général	D ≥ 840	D ≥ 840 c)	D ≤ 840	840 ≥ D ≥ 760	840 > D ≥ 330	D ≤ 760
SN EN 15313	min.	—	22	—	—	25 ^{a)}	—	27.5
	max.	—	33	—	—	33	—	33
STI	min.	—	22	—	—	—	27.5	—
	max.	—	33	—	—	—	33	—
CFF BCA 20059323	min.	—	22	—	27.5	—	—	—
	max.	33	—	—	—	—	—	—

Tableau 6-4: épaisseur du boudin Sd [mm] prescrite selon les différentes sources

- a) L'accord du gestionnaire de l'infrastructure est nécessaire pour pouvoir utiliser la valeur 25 mm.
- b) Valable jusqu'à un diamètre de roue minimal de 330 mm
- c) Valable pour un trafic transfrontalier
- d) Les valeurs limites d'épaisseur du boudin ne s'appliquent pas aux essieux qui ne participent pas au guidage et sur lesquels les boudins sont usés ou manquants (cf. aussi la section 6.6.1.6).

Dans la pratique, on applique d'ores et déjà un seuil d'intervention immédiate de 33.5 mm. Les valeurs d'épaisseur de boudin Sd suivantes, dérivées des prescriptions ci-dessus, sont prescrites pour l'exploitation. La cote limite de service (seuil d'intervention immédiate) et la cote à l'état neuf sont obligatoires, les autres indications de cotes étant des recommandations:

Diamètre de roue $D \geq 840$ mm

	min.	neuf	max.
Cote à neuf ^{b)}	28.5 mm	32.5 mm	32.7 mm
Cote limite de service Sd (seuil d'intervention immédiate)	22 mm		33.5 mm
Cote limite de service Sd (limite d'intervention)	22.5 mm		33 mm ^{d)}
Limite d'avertissement Sd	23.0 mm		—

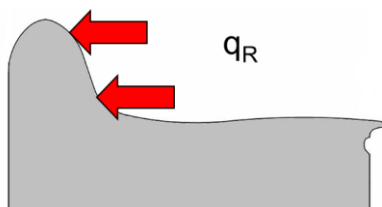
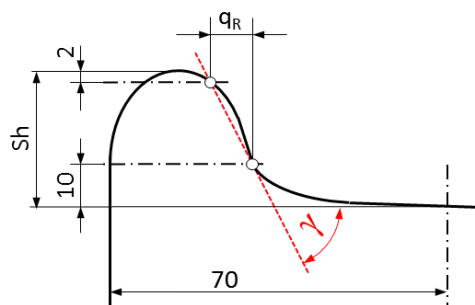
Diamètre de roue $D < 840$ mm

	min.	neuf	max.
Cote à neuf ^{b)}	28.5 mm	32.5 mm	32.7 mm
Cote limite de service Sd (seuil d'intervention immédiate)	27 mm (25 mm ^{a)})		33.5 mm
Cote limite de service Sd (limite d'intervention)	27.5 mm ^{c)}		33 mm ^{d)}
Limite d'avertissement Sd	28.0 mm		—

Tableau 6-5: épaisseurs de boudin Sd prescrites

- a) Utilisé uniquement si la stabilité de roulement est suffisante, avant le remplacement de la roue monobloc, pour des roues d'un diamètre minimal de 760 mm; son utilisation pour des essieux avant le reprofilage n'est normalement pas économique (enlèvement de copeaux excessif).
- b) L'épaisseur de boudin à l'état neuf est généralement déterminée par le profil de roue à tourner.
- c) La cote 27.5 mm est le seuil d'intervention immédiate pour les véhicules circulant en-dehors de la Suisse.
- d) La cote 33 mm est le seuil d'intervention immédiate pour les véhicules circulant en-dehors de la Suisse.

L'épaisseur de boudin limite ne peut être utilisée que si l'écartement extérieur du boudin est respecté (cf. section 6.6.1.6).

6.6.1.3 Cote q_R Figure 6-43: cote q_R Figure 6-44: caractéristiques géométriques pour q_R

La cote q_R décrit la pente du flanc du boudin et représente donc une cote de substitution pour l'angle du flanc du boudin γ .

	SN EN 15313	CFF BCA 20059323
Diamètre de roue D	min.	min.
En général	6.5	6.5

Tableau 6-6: cote q_R [mm] prescrite selon les différentes sources

Les valeurs de q_R suivantes, dérivées des prescriptions ci-dessus, sont prescrites pour l'exploitation. La cote limite de service (seuil d'intervention immédiate) et la cote à l'état neuf sont obligatoires, les autres indications de cotes étant des recommandations:

Cotes q_R prescrites

	min.	nominal	max.
Cote limite de service q_R (seuil d'intervention immédiate)	6.5 mm		—
Cote limite de service q_R (limite d'intervention)	6.7 mm		—
Limite d'avertissement q_R	7 mm		—
Cote à neuf	—	11 mm ^{a)}	—

Tableau 6-7: cotes q_R prescrites

a) La cote q_R à neuf est déterminée par l'angle du flanc du boudin du profil de roue à tourner.

Sur les locomotives à châssis équipées de plus de deux essieux, les essieux du milieu peuvent être usinés avec des épaisseurs de boudins réduites. Même si ces essieux ne participent pas au guidage, les valeurs limites de la cote q_R minimale ne peuvent pas être dépassées.

6.6.1.4 Écrasement et largeur de roue

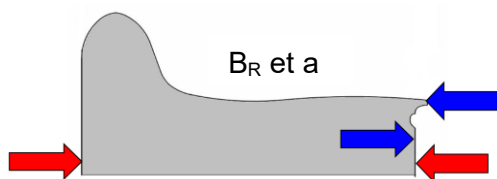


Figure 6-45: écrasement et largeur de roue

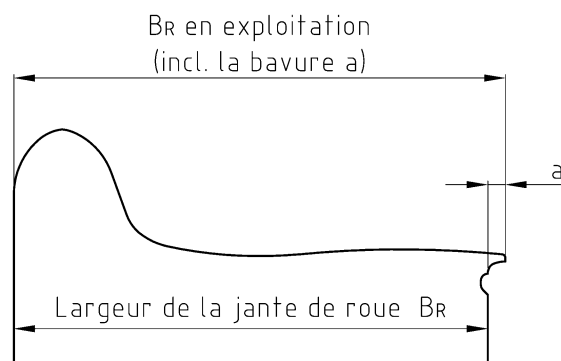


Figure 6-46: caractéristiques géométriques pour l'écrasement et la largeur de roue

À l'état neuf, la jante possède une largeur de base B_R . Dans le cadre de l'exploitation, il est possible d'observer un déplacement du matériau de la table de roulement au niveau du bord de la jante. On parle alors d'écrasement. Ce dépassement au-delà du bord de la jante est la cote a . La largeur de jante B_R doit toujours être mesurée et surveillée en cours d'exploitation en tenant compte de l'écrasement a . L'état n'est considéré conforme que si a et B_R sont conformes aux valeurs limites admissibles.

Pour la largeur de roue B_R , on considère les cotes suivantes, conformément aux différents ouvrages de référence et normes applicables:

		B_R en général	B_R à neuf 135	B_R à neuf 140	B_R pour les wagons/voitures	B_R pour les véhicules moteurs	Écrasement a
SN EN 15313 ^{b)}	min.	–	133	138	–	–	–
	neuf	–	135	140	–	–	0
	max.	–	140 ^{a)}	145 ^{a)}	–	–	≤ 5
STI (pour un Ø de roue > 330 mm)	min.	133	–	–	–	–	–
	max.	145 ^{a)}	–	–	–	–	≤ 5
CFF BCA 20059323	min.	–	–	–	133	139	–
	neuf	–	–	–	135	140	–
	max.	–	–	–	140	150	–

Tableau 6-8: largeur de base de la jante B_R [mm] et écrasement a [mm] prescrits selon les différentes sources

- a) La cote s'applique à B_R incluant l'écrasement a.
b) D'autres largeurs normalisées peuvent être utilisées pour le trafic en Suisse; des écarts sont possibles en Suisse.

Les valeurs limites d'écrasement a suivantes doivent être appliquées:

	Internat.	National essieu porteur	National essieu moteur	Remarque
Cote limite de service a (seuil d'intervention immédiate)	≤ 5 mm	≤ 5 mm	≤ 6 mm	La largeur de roue B _R doit être respectée
Limite d'avertissement a	≥ 4 mm	≥ 4 mm	≥ 5 mm	

Tableau 6-9: valeurs limites à appliquer au cours de l'exploitation pour l'écrasement a

Les valeurs de la largeur de base de la jante B_R suivantes, incluant l'écrasement a et dérivées des prescriptions ci-dessus, sont prescrites pour l'exploitation. La cote limite de service (seuil d'intervention immédiate) est obligatoire, les autres indications de cotes étant des recommandations:

Largeur de base de la jante B_R 135 mm pour les essieux porteurs

	International	National	Remarque
Cote limite de service B_R (seuil d'intervention immédiate)	140 mm	140 mm	Mesurée avec l'écrasement a
Limite d'avertissement B_R	≥ 139 mm	≥ 139 mm	

Largeur de base de la jante B_R 135 mm pour les essieux moteurs

	International	National	Remarque
Cote limite de service B_R (seuil d'intervention immédiate)	140 mm	142 mm	Mesurée avec l'écrasement a
Limite d'avertissement B_R	≥ 139 mm	≥ 141 mm	

Largeur de base de la jante B_R 140 mm pour les essieux moteurs

	International	National	Remarque
Cote limite de service B_R (seuil d'intervention immédiate)	150 mm	150 mm	Mesurée avec l'écrasement a
Limite d'avertissement B_R	≥ 148 mm	≥ 148 mm	

Tableau 6-10: valeurs limites à appliquer au cours de l'exploitation pour la largeur de base de la jante B_R incluant l'écrasement a

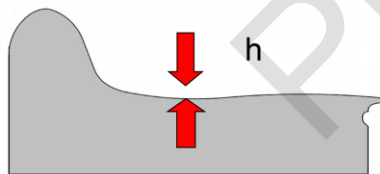
6.6.1.5 Usure concave

Figure 6-47: usure concave

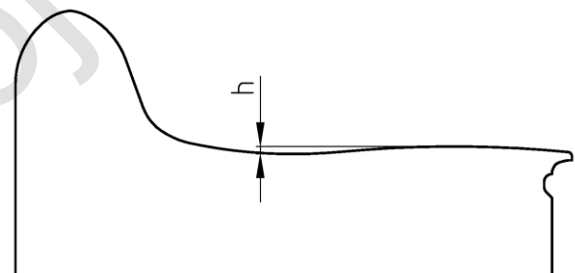


Figure 6-48: caractéristique géométrique de l'usure concave

L'usure concave d'une roue est mesurée en appliquant une méthode de mesure électronique ou en déterminant le dépassement positif ou négatif de la valeur limite au moyen d'un gabarit.

L'usure concave h désigne la différence entre le point le plus haut et le point le plus bas de la table de roulement lorsque cette dernière est usée. Le point le plus bas se trouve généralement près du niveau du cercle de mesure, tandis que le point le plus haut est proche du centre, entre le niveau du cercle de mesure et le bord extérieur de la jante.

La cote exacte de l'usure concave ne doit donc pas être mesurée au niveau du cercle de mesure, mais au point le plus bas de la table de roulement. En revanche, pour procéder à une évaluation en cours d'exploitation, un gabarit de contrôle capable de déterminer l'usure concave au niveau du cercle de mesure suffit (cf. section 14.2.6).

Les valeurs limites d'usure concave pour le trafic international ne sont pas définies. En Suisse, les valeurs suivantes s'appliquent:

	International	National
Cote limite de service (seuil d'intervention immédiate)	–	$h \leq 2.2 \text{ mm}$
Limite d'avertissement	–	$h \geq 1.7 \text{ mm}$

Tableau 6-11: valeurs d'usure concave admissibles

Si la cote limite de service est atteinte, l'essieu doit être immédiatement traité. Aucun délai supplémentaire n'est admis. Dès l'atteinte de cette valeur, le véhicule est retiré du service.

L'ancienne limite d'intervention de 2 mm pour l'usure concave peut être conservée en interne si le détenteur des véhicules le souhaite. Le retrait immédiat d'un véhicule n'est pas forcément obligatoire avec une usure concave de 2 mm.

Projet

6.6.1.6 Écartement extérieur des boudins S_R

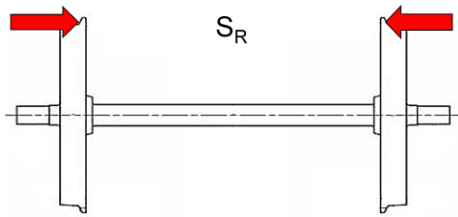


Figure 6-49: écartement extérieur des boudins S_R

Les valeurs limites de l'écartement extérieur du boudin S_R sont les suivantes:

	SN EN 15313		CFF BCA 20059323		UIC 510-2		STI		CUU Appendice 10	
Diamètre de roue D	min. ^{a)}	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
En général	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1'000 ≥ D ≥ 840 mm	–	–	–	–	1'410	1'426	–	–	–	–
D ≥ 840 mm	–	–	1'410	1'426	–	–	1'410	1'426	1'410	1'426
D ≤ 840 mm	–	–	1'415	1'426	–	–	–	–	1'415	1'426
Essieux intermédiaires			1'405	1'426			–	–	–	–
840 ≥ D ≥ 760 mm	1'412 ^{b)}	1'426	–	–	–	–	–	–	–	–
D ≤ 760 mm	1'415	1'426	–	–	–	–	–	–	–	–
840 ≥ D ≥ 330 mm	–	–	–	–	1'415	1'426	1'415	1'426	–	–
D > 840 mm	1'410	1'426	–	–	–	–	–	–	–	–
Wagons de marchandises à 2 essieux avec un poids par essieu de 22.5 t, des roues ≥ 840 mm et un empattement supérieur à 8 m, $v_{max} = 100$ km/h (régime S)									1'418	1'426
Wagons de marchandises à 2 essieux avec un poids par essieu de 22.5 t	–	–	–	–	1'418	1'426	–	–	–	–
Wagons de marchandises à 2 essieux avec un poids par essieu de 22.5 t v_{max} jusqu'à 120 km/h (régime S et SS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tableau 6-12: écartements extérieurs S_R [mm] prescrits selon les différentes normes

- a) Ces valeurs ne s'appliquent pas aux essieux qui ne participent pas au guidage ou qui présentent des boudins réduits ou manquants.
- b) D'autres valeurs peuvent s'appliquer au trafic national.

Cotes S_R prescrites

Diamètre du cercle de roulement D [mm] (valeur réelle)	Écartement extérieur des boudins S_R [mm]	
	Cote minimale ^{a), b)}	Cote maximale ^{a)}
$D \leq 760$	1'415	1'426
$760 < D \leq 840$	1'412 ^{d)}	1'426
$D > 840$	1'410 ^{d)}	1'426
Wagons de marchandises à 2 essieux	1'418 ^{c)}	1'426

Tableau 6-13: cotes S_R prescrites

- a) La cote minimale et la cote maximale doivent être considérées comme des seuils d'intervention immédiate.
- b) Sur les essieux ne participant pas au guidage et présentant une réduction du boudin, la cote minimale peut être réduite à 1'395 mm.
- c) S'applique uniquement aux diamètres de roue supérieurs à 840 mm avec deux essieux et un double anneau de suspension, un entraxe des essieux ≥ 8 m, jusqu'à 100 km/h, et un poids par essieu de 22.5 t.
- d) D'autres valeurs de S_R peuvent s'appliquer pour le trafic national.

L'écartement extérieur du boudin S_R peut être calculé par ajout de la cote A_R et des épaisseurs de boudin, où:

$$S_R = A_R + S_{d_{\text{gauche}}} + S_{d_{\text{droite}}}$$

Formule 6-1: calcul de l'écartement extérieur des boudins S_R

Les limites de l'écartement extérieur du boudin doivent être respectées quel que soit l'état de chargement, que les essieux soient montés ou démontés.

Lorsqu'un essai de marche est réalisé sur des véhicules neufs, il est recommandé de procéder à la démonstration de la stabilité de roulement pour des profils de roue avec un S_R de 1'420 mm et un S_R de 1'425 mm. Selon le comportement des boudins (augmentation ou réduction de l'épaisseur en cours d'exploitation), il est possible de tourner le profil sans que cela induise des problèmes pour l'homologation. Les conicités équivalentes prescrites dans la norme SN EN 14363 doivent être respectées.

6.6.1.7 Écartement des faces internes de l'essieu A_R

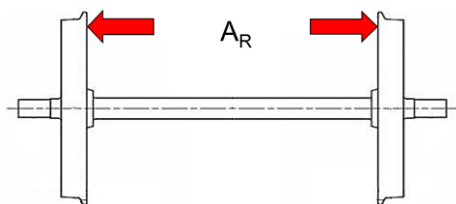


Figure 6-50: écartement des faces internes de l'essieu A_R

L'écartement des faces internes de l'essieu doit être mesuré sur des essieux démontés, en trois endroits de l'essieu décalés de 120° , 60 mm en-dessous de l'arête supérieure du boudin (mesure en trois points). La norme SN EN 15313 recommande de réaliser la mesure 10 mm à l'extérieur du cercle de roulement, ce qui est équivalent au niveau supérieur du rail. L'utilisateur est libre de choisir le point de mesure (cf. aussi la section 14.3.1). Il est important de vérifier que les points de mesure sont propres.

Lorsqu'il s'agit de mesures de contrôle normales réalisées sur des essieux montés en cours d'exploitation, une mesure par essieu suffit. La position de la mesure doit être au plus près du point de contact entre la roue et le rail.

Après un déraillement, l'essieu concerné doit être mesuré à l'état monté. La cote A_R doit alors être mesurée au niveau de trois endroits décalés de 120° . Le déplacement du véhicule permet de s'assurer que la mesure est toujours réalisée dans la même position de mesure, de préférence au plus près du point de contact entre la roue et le rail.

Diamètre de roue D [mm] Cote nominale		En général	$1'000 \geq D \geq 840$	$D \geq 840$	$D \leq 840$	$840 \geq D > 760$	$D \leq 760$	$840 \geq D \geq 330$	$D > 840$
SN EN 15313	min.	—	—	—	—	1'358	1'359	—	1'357
	max.	—	—	—	—	1'363	1'363	—	1'363
STI	min.	—	—	1'357	—	—	—	1'359	—
	max.	—	—	1'363	—	—	—	1'363	—
CFF BCA 20059323	min.	—	—	1'357	1'359	—	—	—	—
	max.	—	—	1'363	1'363	—	—	—	—
UIC 510-2	min.	—	1'357	—	—	—	—	1'359	—
	max.	—	1'363	—	—	—	—	1'363	—

Tableau 6-14: cotes A_R [mm] prescrites selon les différentes normes

Cotes A_R prescrites

Diamètre du cercle de roulement D [mm] (valeur réelle)	État	Cote A_R [mm] ^{d)}	
		Cote minimale	Cote maximale
$330 \leq D \leq 760$	Essieu démonté, boîte extérieure	1'360	1'361
	Essieu démonté, boîte intérieure	1'358	1'360
	Essieu monté ^{a)}	1'359/1'358 ^{c)}	1'363
$760 < D \leq 840$	Essieu démonté, boîte extérieure	1'360	1'361
	Essieu démonté, boîte intérieure	1'358	1'360
	Essieu monté ^{a)}	1'358 ^{c)}	1'363
$D > 840$	Essieu démonté, boîte extérieure	1'360 ^{b)}	1'362 ^{b)}
	Essieu démonté, boîte intérieure	1'358	1'360
	Essieu monté ^{a)}	1'357	1'363

Tableau 6-15: cotes A_R prescrites

- a) Indépendant de l'état de chargement
b) Valeurs limites selon VPI 04: minimum 1'359 mm, maximum 1'361 mm.
c) L'accord du gestionnaire de l'infrastructure est nécessaire pour pouvoir utiliser la valeur 1'358 mm.
d) Les écarts de cote admissibles sur un essieu lors d'une mesure en trois points sont définis par le critère de battement (cf. section 6.6.2.2). Après un déraillement, les essieux présentant des écarts de cote A_R sur un essieu ne dépassant pas 2.0 mm peuvent être maintenus sur le véhicule pour le cheminement.

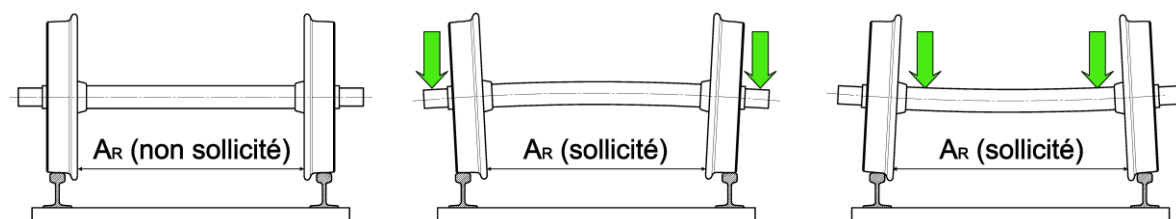
Les valeurs A_R indiquées pour l'essieu démonté servent aussi de valeurs indicatives pour la tolérance de montage lors de l'assemblage des essieux si aucune autre valeur de tolérance n'est précisée sur les dessins des essieux.

Le serrage sur le tour en fosse pour les essieux peut entraîner jusqu'à 3 mm d'augmentation de l'écartement des faces internes de l'essieu A_R . Cette augmentation dépend du diamètre de la roue, des dimensions de l'essieu-axe, des rouleaux de guidage et de la force des appuis de boîtes.

Les valeurs A_R mesurées avec un tour en fosse ne sont donc pas suffisamment précises pour évaluer la cote A_R . Par conséquent, la cote A_R doit toujours être mesurée lorsque le véhicule se trouve sur les rails, en état de fonctionner.

Sur les véhicules à gros chargement, le chargement est lui aussi important. Il doit donc être pris en compte et noté lors de la mesure de la cote A_R .

Il est interdit de laisser en service un essieu dont l'écartement des faces internes de l'essieu A_R n'est pas conforme à cette valeur. La cote minimale et la cote maximale doivent être considérées comme des seuils d'intervention immédiate.

Figure 6-51: écartement des faces internes de l'essieu A_R à l'état chargé et non chargé, boîte extérieure et intérieure

6.6.1.8 Épaisseur du bandage b

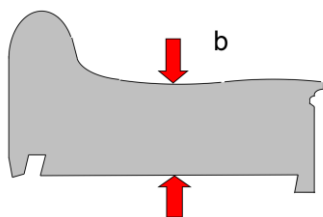


Figure 6-52: épaisseur du bandage b

L'épaisseur du bandage est généralement mesurée sur la table de roulement avec un écartement des faces internes de l'essieu d'env. 80 mm (cf. section 14.4.3.4).

Les valeurs limites d'épaisseur de bandage minimale admissible en exploitation sont les suivantes (seuil d'intervention immédiate):

Véhicule	Vitesse max.	Épaisseur de bandage min. admissible b
Voitures D ≥ 330 mm	v > 160 km/h	non autorisé
	v ≤ 160 km/h	35 mm
Wagons de marchandises et wagons de service D ≥ 330 mm	v > 120 km/h	non autorisé
	v ≤ 120 km/h	35 mm
	v ≤ 100 km/h	30 mm ^{a)}
Locomotives, autres véhicules	Selon les directives du fabricant ou du détenteur de véhicules	

Tableau 6-16: valeur limite d'épaisseur de bandage minimale admissible en exploitation

a) Autorisé jusqu'à 120 km/h à l'état non chargé (marquage **SS** ou ★★)

La mesure de l'épaisseur du bandage avec des instruments de mesure mécaniques n'étant possible qu'avec une tolérance relativement grande, il est recommandé de définir non pas l'épaisseur de bandage admissible pour le modèle d'essieu correspondant, mais plutôt le diamètre minimal basé sur l'épaisseur de bandage minimale et le diamètre nominal du corps de roue. L'épaisseur du bandage peut aussi être mesurée avec des instruments de mesure d'épaisseur des parois par ultrasons adaptés.

6.6.2 Critères d'évaluation des essieux en général

Pour évaluer le bon fonctionnement d'un essieu, il convient de vérifier en premier lieu diverses valeurs géométriques de l'essieu et de réaliser une évaluation visuelle. Cela implique le contrôle des écarts par rapport à la forme géométrique idéale, mais aussi le contrôle des balourds, des écarts de cote et de l'état général des différentes pièces de fonction, notamment la table de roulement.

Doivent aussi être évalués:

- le respect de toutes les autres valeurs limites admissibles (cf. la section précédente)
- le respect du diamètre de roue minimal admissible en tenant compte de l'usure au niveau de la table de roulement
- la présence des marquages sur l'essieu et des pièces conformément à la documentation technique
- la présence d'une protection adéquate contre la corrosion
- la présence de marquages de position adéquats sur le bandage et le corps de roue

6.6.2.1 Battement radial h

Le battement radial doit être mesuré après l'usinage de l'essieu par enlèvement de copeaux et après la pose de nouvelles roues monoblocs reprofilées.

Le battement maximal admissible recommandé, mesuré au niveau du cercle de roulement en appliquant une méthode adaptée selon la section 14.4, est le suivant selon le tableau ci-après:

	Battement radial max. admissible h [mm] ^{b)}			
	après le reprofilage	admissible en exploitation (SN EN 15313:2016, annexe G)		
Diamètre de roue [mm] Plage de vitesse [km/h]	Quelconque	D > 840	360 < D ≤ 840	D ≤ 360
$v_{\max} \leq 60$	0.5 ^{a), d)}	1.5	0.7	0.3
$60 < v_{\max} \leq 120$	0.5 ^{a), d)}	1.0	0.7	0.3
$120 < v_{\max} \leq 160$	0.3 ^{a), d)}	1.0	0.7	0.3
$160 < v_{\max} \leq 200$	0.3 ^{a)}	0.7	0.7	—
$v_{\max} > 200$	0.3 ^{a), c)}	0.5	0.5	—

Tableau 6-17: battement radial maximal admissible

- a) Il est recommandé de viser une valeur de battement radial maximal après reprofilage de 0.2 mm, indépendamment du champ d'application de l'essieu. Pour ce faire, la valeur de référence doit être le corps de la boîte d'essieu sollicité et non le centrage de l'essieu-axe. Cette valeur s'appuie sur l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation et est nettement plus restrictive que les prescriptions généralement en vigueur.
- b) Pour les roues bandagées élastiques, on applique le critère de l'écart par rapport à la forme du cercle de la table de roulement.
- c) La tolérance doit être définie lors de la demande et de l'attribution du mandat.
- d) Pour les roues dont le diamètre est inférieur ou égal à 360 mm, les valeurs prescrites par le détenteur des véhicules s'appliquent.

Ces valeurs peuvent être revues à la baisse par le détenteur afin d'améliorer le confort de roulement et diminuer le bruit. Les roues avec du faux-rond dégradent le confort de roulement et augmentent la sollicitation du véhicule et de la voie.

Un essieu qui dépasse les valeurs prescrites en exploitation, doit être reprofilé.

Les essieux qui circulent sur des lignes dont le tracé est particulier, p. ex. des lignes comportant des rayons de courbe étroits, risquent de voir se développer un faux-rond de la roue en-dehors du cercle de mesure. Il est possible d'observer une dégradation moins importante au niveau du cercle de mesure qu'en-dehors de celui-ci. Par conséquent, les valeurs indiquées ci-dessus doivent aussi être appliquées lorsque l'ovalisation se trouve en-dehors du cercle de mesure.

6.6.2.1.1 Formes de battement radial

On distingue plusieurs formes d'apparition du battement radial ou de faux-rond des roues en exploitation:

- les faux-ronds périodiques
 - polygones (axe d'une longueur supérieure à 80 mm)
 - cannelures (axe d'une longueur inférieure à 80 mm)
- les faux-ronds non périodiques
 - méplats
 - aplatissement singulier

Les faux-ronds périodiques apparaissent sous l'effet d'un usinage non centré, de défauts d'un traitement thermique, de méplats qui servent de déclencheurs, de glissements de longue durée lors du freinage, de points de rigidité provoqués par un court glissement lors du freinage, de l'oscillation des disques et de frottements lors du franchissement de courbes, ou d'autres influences.

Les polygones et les cannelures apparaissent et s'amplifient sous l'effet d'une usure naturelle. L'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation peut dans une certaine mesure anticiper une telle amplification et permettre la mise en œuvre de mesures en temps opportun. La forme des polygones est généralement spécifique aux véhicules.

Les faux-ronds non périodiques surviennent généralement à la suite de glissements lors du freinage (méplats) ou sous l'effet d'un matériau non homogène de la roue (aplatissement singulier). Il est impossible d'anticiper ce type de dommages.

6.6.2.2 Battement latéral g

Le battement latéral g prescrit admissible pour chaque roue d'un essieu en exploitation ou après sa fabrication est le suivant:

Plage de vitesse [km/h]	Battement latéral max. admissible g [mm]	
	après le reprofilage (SN EN 13260)	admissible en exploitation (SN EN 15313)
$v_{\max} \leq 120$	0.8	1.0
$120 < v_{\max} \leq 160$	0.5	0.8
$160 < v_{\max} \leq 200$	0.5	0.5
$v_{\max} > 200$	0.3 ^{a)}	0.3

Tableau 6-18: battement latéral maximal prescrit admissible

a) La tolérance doit être définie lors de la demande et de l'attribution du mandat.

Le battement latéral est mesuré 10 mm en-dessous du point d'appui de la roue, conformément aux prescriptions décrites à la section 14.3.6.

Une voilure excessive entraîne des oscillations et un roulement de mauvaise qualité. Un essieu qui dépasse les valeurs limites de voilure prescrites doit être remplacé et révisé.

6.6.2.3 Différence de diamètre

La différence de diamètre maximale entre les deux niveaux du cercle de roulement d'un essieu ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

Plage de vitesse [km/h]	Différence de diamètre max. admissible [mm]	
	Après le reprofilage	Admissible en service ^{b)}
$v_{\max} \leq 200$	0.5	selon l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation
$v_{\max} > 200$	0.3 ^{a)}	selon l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation

Tableau 6-19: différence de diamètre maximale admissible

- a) La tolérance doit être définie lors de la demande et de l'attribution du mandat.
b) Une différence de diamètre maximale de 2 mm est recommandée. Cette valeur ne constitue cependant pas une cote limite de service.

Il est recommandé de viser une différence de diamètre maximale de 0.2 mm lors du reprofilage. Toute différence de diamètre sur les roues entraîne un désalignement et donc une augmentation de l'usure et de la résistance au roulement. En outre, les boîtes d'essieu sont particulièrement sollicitées d'un côté, ce qui génère un frottement et donc une défaillance anticipée.

La différence de diamètre admissible entre plusieurs essieux d'un véhicule ou d'un bogie dépend directement de la structure mécanique, du type d'entraînement, de l'anti-enrayage et de l'anti-patinage.

Ces valeurs doivent être indiquées par le fabricant des véhicules.

Les valeurs ci-après peuvent servir de valeurs indicatives pour la différence de diamètre maximale entre les essieux d'un véhicule ou d'un bogie.

Essieux moteurs

- Transmission par bielle ou à cardan, 0.5 à 1.5 mm
- Couplage électrique, 3 à 5 mm
- Transmission individuelle, électriquement séparés, 15 mm à quelconque

Essieux porteurs

- 2 axes avec ressorts à lames, 20 mm à quelconque (attention à la hauteur des tampons)
- Bogies de wagons de marchandises de type Y25, 18 à 20 mm
- Bogies de wagons de marchandises avec ressorts à lames, 18 à 20 mm
- Bogies en général, diamètre de roue > 760 mm, 15 à 20 mm
- Bogies en général, diamètre de roue < 760 mm, 10 à 20 mm

Ces valeurs sont de simples valeurs indicatives et doivent être convenues dans tous les cas pour chaque type de véhicule concerné. Si le fabricant a fourni des indications, il convient d'en tenir compte.

6.6.2.4 Balourd

6.6.2.4.1 Valeurs dynamiques admissibles

Le balourd est mesuré au niveau du cercle de mesure, sur un essieu entièrement monté et usiné. Le balourd doit être obligatoirement mesuré sur les essieux qui viennent d'être assemblés, bandagés ou équipés de nouvelles roues. En revanche, la mesure du balourd n'est pas obligatoire après un reprofilage.

Plage de vitesse [km/h]	Balourd dynamique max. admissible [gm]	Symboles
$v_{\max} \leq 120$	125	E3
$120 < v_{\max} \leq 200$	75	E2
$200 < v_{\max} \leq 250$	50	E1

Tableau 6-20: balourd dynamique maximal admissible selon la norme SN EN 13262

Pour les essieux moteurs, les valeurs de balourd dynamique peuvent être définies lors de la demande et de l'attribution du mandat. À noter cependant que tous les modèles d'essieux moteurs ne peuvent pas être soumis à un équilibre dynamique.

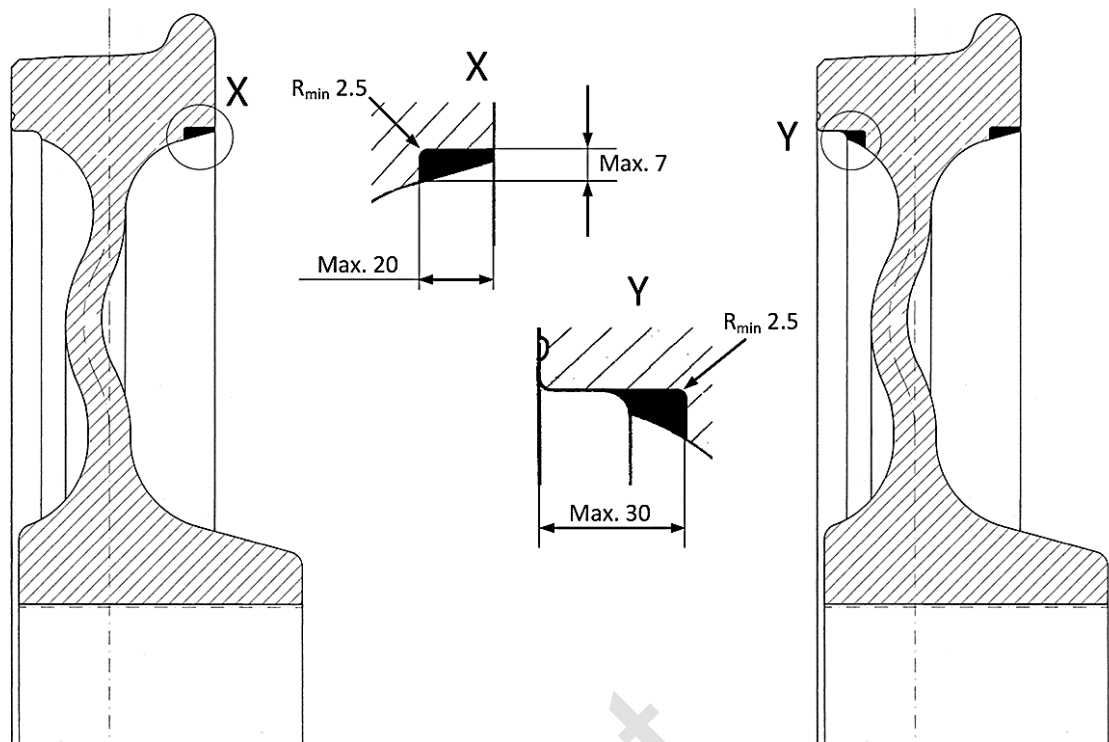
Les valeurs de balourd statique peuvent aussi être définies lors de la demande ou de l'attribution du mandat. Pour les essieux porteurs, la valeur du balourd statique de l'essieu ne doit cependant pas dépasser le double des valeurs de balourd dynamique indiquées ci-dessus. Si la mesure du balourd donne des valeurs supérieures aux valeurs limites prédéfinies, l'essieu doit être équilibré.

En principe, le balourd doit être le plus réduit possible. Cela réduit les oscillations à grande vitesse et la formation de faux-rond, ce qui améliore le confort de roulement et la sollicitation du véhicule et de la voie.

6.6.2.4.2 Élimination du balourd

D'après les prescriptions en vigueur, il est possible d'appliquer les méthodes suivantes pour équilibrer l'essieu:

- Enlèvement de matière sur le voile de roue de roues monoblocs par fraisage ou alésage excentrique: il est important dans ce cas de vérifier que les raccords sont bien arrondis et qu'ils ne présentent pas d'entaille.
- Soudage de masses d'équilibrage sur l'agrafe de bandage des roues bandagées: cette méthode exige l'accord du détenteur de véhicules et implique des instructions de soudage spéciales. Les prescriptions de la série de normes SN EN 15085 concernant le soudage doivent être respectées. Les masses d'équilibrage sont soudées directement sur l'agrafe de bandage et non fixées à d'autres masses d'équilibrage.
- Pose partielle de revêtements de surface de grande épaisseur: on utilise généralement des peintures spéciales à forte teneur métallique.



Équilibrage par enlèvement de matière à l'intérieur dans le cas de valeurs de balourd normales

Équilibrage par enlèvement de matière à l'intérieur et à l'extérieur dans le cas de très grandes valeurs de balourd

Figure 6-53: équilibrage par enlèvement de matière sur des roues monoblocs



Figure 6-54: masse soudée sur l'agrafe de bandage

Il est interdit de coller des masses d'équilibrage sur la roue ou d'enlever de la matière par un alésage sur la face avant ou la face interne du bandage ou de la roue monobloc. En cas de collage, le raccord risque de se détacher; les alésages sur le bandage et la roue monobloc constituent des points vulnérables et risquent de favoriser l'apparition de fissures.

Les essieux présentant déjà des alésages d'équilibrage peuvent être maintenus en exploitation après une évaluation du personnel spécialisé et avec l'accord du détenteur des véhicules. Ce cas est principalement rencontré sur des véhicules historiques et des véhicules présentant un très faible kilométrage. Il est recommandé de réaliser régulièrement un contrôle par ultrasons pour détecter d'éventuelles fissures.



Figure 6-55: rupture du bandage due à un trou d'équilibrage

6.6.2.5 Méplats et dépôt de matière

Méplats

Les méplats apparaissent sous l'effet du glissement de la roue sur le rail. Cela se produit généralement à cause d'un frein serré, d'un défaut de l'anti-enrayage, d'un frein à main serré ou de freinages au moyen d'un sabot d'arrêt.

La table de roulement est aplatie à cet endroit. On y observe généralement une surface ovale. Un raccord lisse, sans arête, peut se trouver au bord du méplat. Les méplats peuvent apparaître de manière isolée ou en groupe sur le pourtour de la roue, généralement en vis-à-vis sur les deux roues de l'essieu.

Les méplats ne doivent pas être confondus avec de l'excoriation (cf. section 6.6.2.6).

Dépôt de matière

Le dépôt de matière se produit suite à l'enrayage de la roue sur le rail (p. ex. glissement, rotation saccadée ou lente), suite à la surchauffe, suivie de l'enlèvement de matière sur la roue ou sur la semelle de frein provoquant des soudures par point à des endroits localement touchés par une surchauffe de la table de roulement, suite à l'écoulement de matière de la roue sous l'effet du freinage, et suite à des irrégularités du système de freinage.

La table de roulement présente une accumulation de matière sous la forme de soudures ou de frittage de la matière de la semelle de frein ou du rail. Le dépôt de matière peut être isolé ou groupé (souvent à distance équivalente) sur la table de roulement. Le dépôt de matière peut se former en écailles et indique systématiquement une sollicitation thermique excessive des roues.



Figure 6-56: méplats



Figure 6-57: méplats



Figure 6-58: méplat avec dépôt de matière



Figure 6-59: méplat avec dépôt de matière

Les valeurs limites suivantes s'appliquent aux méplats et au dépôt de matière. L'évaluation porte sur la longueur du méplat.

Les méplats et les dépôts de matière qui dépassent les valeurs indiquées ci-après ne sont pas admissibles dans le cadre de l'exploitation.

Longueur de méplat maximale prescrite admissible en exploitation selon différentes sources:

Type de véhicule	Poids par essieu admissible m [t]	m ≤ 18		18 < m ≤ 20			20 < m ≤ 22.5			Source
	v [km/h]	v ≤ 160	160 < v ≤ 200	v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	
	Ø de roue [mm]									
Tous	1'000 < d	80	60	80	60	50	80	60	50	SN EN 15313
	840 < d ≤ 1'000	60	50	60	50	35	60	50	35	SN EN 15313
	630 < d ≤ 840	40	30	40	30	25	40	30	25	SN EN 15313
	550 < d ≤ 630	35	25	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
	d < 550	30	–	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
Wagons de marchandises	840 ≤ d	60	–	60	–	–	60	–	–	CUU
	630 < d ≤ 840	40	–	40	–	–	40			CUU
	d < 630	35	–	35	–	–	35	–	–	CUU

Tableau 6-21: longueur de méplat [mm] maximale admissible en service selon différentes sources

–: aucune application connue

Valeurs limites prescrites pour les méplats:

Type de véhicule	Diamètre de roue d [mm]	Longueur max. admissible L [mm] ^{a)}	Vitesse max. admissible
Wagons de marchandises	840 ≤ d	60	–
	630 < D ≤ 840	40	–
	d < 630	35	–
Voitures	–	60	v ≤ 160 km/h
	–	30	v > 160 km/h

Tableau 6-22: valeurs limites prescrites pour les méplats

a) Le détenteur des véhicules peut définir des valeurs plus faibles pour les méplats admissibles en exploitation.

Les méplats et les dépôts de matière dégradent le confort de roulement et augmentent la sollicitation du véhicule et de la voie. Un essieu qui dépasse les valeurs prescrites doit être remis en état.

Les valeurs limites proposées s'appuient sur les valeurs limites actuelles du catalogue des anomalies de l'OFT. Si ces valeurs sont dépassées, l'infrastructure et le véhicule risquent d'être endommagés.

L'impact sur le confort de roulement n'est pas pris en compte dans les valeurs limites selon le Tableau 6-21 et le Tableau 6-22. Selon le type de véhicule, des dommages même mineurs suffisent à réduire le confort de roulement. Dans la pratique, on n'accepte donc guère des méplats de 60 mm de longueur sur les voitures et les véhicules moteurs en exploitation. Il est recommandé que le détenteur des véhicules définisse des valeurs limites et des délais supplémentaires adaptés à la pratique et inférieurs aux prescriptions citées-dessus. Quelles que soient les dimensions d'un méplat ou d'un dépôt de matière, ce type de dommage doit être traité au plus vite, car l'utilisation prolongée de ces essieux risque d'entraîner des dommages consécutifs sur la boîte d'essieu et la suspension.

6.6.2.6 Excoriations

Les excoriations apparaissent après une sollicitation thermique ou mécanique, souvent par un cumul des deux types de sollicitation.

Une sollicitation thermique excessive est généralement provoquée par un freinage excessif, un glissement, un patinage qui s'accompagnent d'une transformation du matériau, avec la formation d'un effet maillé sur la table de roulement.

Une sollicitation mécanique excessive peut avoir diverses causes et se caractérise souvent par un effet d'arêtes de poisson sur la table de roulement.



Figure 6-60: effet d'arêtes de poisson (ligne rouge: diamètre du cercle de mesure, hauteur de l'image env. 70 mm)

Lors d'une excoriation, des particules de matière se détachent de la table de roulement. Les bords sont généralement à vif sur la table de roulement. Les excoriations se produisent principalement dans la zone centrale de la table de roulement et peuvent être isolées ou groupées sur le pourtour de la table de roulement.

Les excoriations ne doivent pas être confondues avec les méplats (cf. section 6.6.2.5).



Figure 6-61: excoriation



Figure 6-62: excoriation

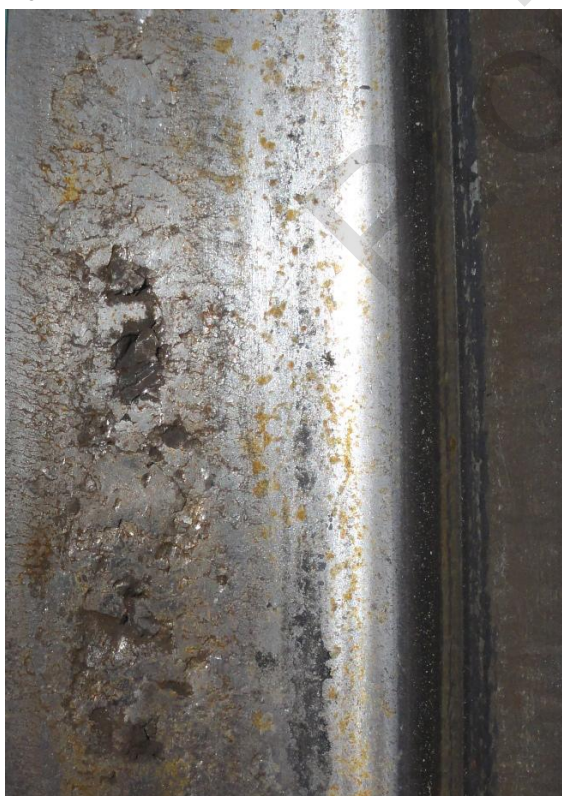


Figure 6-63: excoriation



Figure 6-64: excoriation

L'évaluation porte sur la longueur de l'excoriation. Les excoriations qui dépassent les valeurs indiquées ci-après ne sont pas admissibles dans le cadre de l'exploitation:

Type de véhicule	Poids par essieu admissible m [t]	m ≤ 18		18 < m ≤ 20			20 < m ≤ 22.5			Source
	v [km/h]	v ≤ 160	160 < v ≤ 200	v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	
	Rad-Ø [mm]									
Tous	1'000 < d	80	60	80	60	50	80	60	50	SN EN 15313
	840 < d ≤ 1'000	60	50	60	50	35	60	50	35	SN EN 15313
	630 < d ≤ 840	40	30	40	30	25	40	30	25	SN EN 15313
	550 < d ≤ 630	35	25	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
	d < 550	30	–	–	–	–	–	–	–	SN EN 15313
Wagons de marchandises	840 ≤ d	60	–	60	60	–	60	60	–	CUU
	630 < d ≤ 840	40	–	40	40	–	40	40	–	CUU
	d < 630	35	–	35	35	–	35	35	–	CUU

Tableau 6-23: longueur d'excoriation [mm] maximale admissible en exploitation selon différentes sources

–: aucune application connue

Valeurs limites prescrites pour les excoriations

Type de véhicule	Diamètre de roue d [mm]	Longueur max. admissible L [mm] ^{a)}	Dimensions max. autorisées profondeur x largeur [mm]
Wagons de marchandises	840 ≤ d	60	2x20
	630 < d ≤ 840	40	2x15
	d < 630	35	2x15
Voitures	–	60	–

Tableau 6-24: valeurs limites prescrites pour les excoriations

a) Le détenteur des véhicules peut définir des valeurs plus faibles pour les excoriations admissibles en exploitation.

Les valeurs limites proposées s'appuient sur les valeurs limites actuelles du catalogue des anomalies de l'OFT. Si ces valeurs sont dépassées, l'infrastructure et le véhicule risquent d'être endommagés.

L'impact sur le confort de roulement n'est pas pris en compte. Selon le type de véhicule, des dommages même mineurs suffisent à réduire le confort de roulement. Dans la pratique, on n'accepte donc guère des excoriations de 60 mm de longueur sur les voitures et les véhicules moteurs en exploitation. Il est recommandé que le détenteur des véhicules définisse des valeurs limites adaptées à la pratique et inférieures aux prescriptions citées-dessus. Quelles que soient les dimensions d'une excoriation, ce type de dommage doit être traité au plus vite, car l'utilisation prolongée de ces essieux risque d'entraîner des dommages consécutifs sur la boîte d'essieu et la suspension.

6.6.2.7 Sommet du boudin

Les défauts de géométrie, tels que les déplacements de matière ou les défauts de matière, identifiés dans la zone du sommet du boudin doivent faire l'objet d'une évaluation.

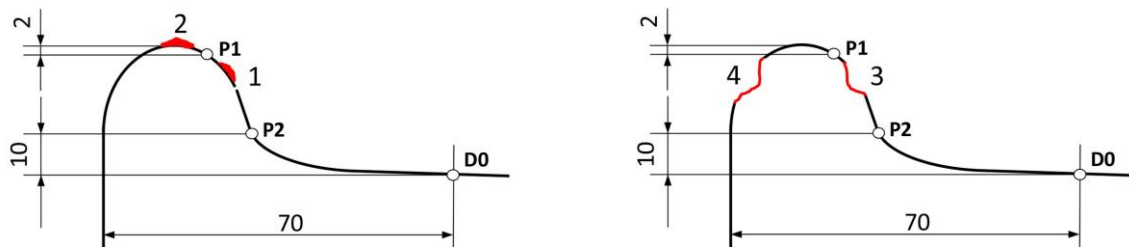


Figure 6-65: défaut sur le boudin

Déplacements de matière

Les déplacements de matière au-dessus du point de mesure P1 pour la cote q_R sont autorisés à condition que la cote q_R soit supérieure à 6.5 (Figure 6-65, point 2).

Les déplacements de matière dans l'espace de mesure P1-P2 pour la cote q_R ne sont autorisés que s'ils n'impactent pas la mesure de la cote q_R (Figure 6-65, point 1).

Si la mesure de q_R est impactée, le déplacement de matière doit être éliminé localement, p. ex. au moyen d'une lime, et la cote q_R mesurée. Si la cote q_R est suffisamment grande, un kilométrage résiduel, qu'il convient de définir, peut être accordé au véhicule jusqu'à la prochaine R0.

Défauts de matière

Aucun éclat de matière n'est autorisé sur le boudin (Figure 6-65, points 3 et 4).

6.6.2.8 Évaluation de la table de roulement des essieux

Avec une certaine expérience, l'évaluation visuelle de la table de roulement permet à elle seule d'avoir une indication de la durée d'utilisation restante de la roue. Cette évaluation dépend néanmoins du type de véhicule, du matériau utilisé pour l'essieu et de l'utilisation du véhicule. Une grande expérience est nécessaire pour établir un pronostic fiable et précis. Il est important de procéder avec grand soin à l'évaluation car dans certaines circonstances, une erreur d'évaluation est susceptible de causer des dommages importants à l'essieu s'il est maintenu en exploitation.

Les considérations suivantes sont fournies afin de faciliter l'évaluation et donnent des repères pour identifier toute singularité sur la table de roulement. Ces considérations ne sont cependant pas exhaustives.

Pour évaluer les méplats et les excoriations et en déduire le degré de fiabilité pour l'exploitation, se reporter aux sections 6.6.2.5 et 6.6.2.6.

Quel que soit le défaut, méplat, excoriation ou fissure par fatigue de contact de roulement (fissures RCF) sur la table de roulement, il est préférable de l'éliminer rapidement en effectuant un reprofilage, qu'une cote limite de service soit atteinte ou non. Tous ces défauts entraînent généralement une déformation de la circularité de la roue, ce qui induit sous l'effet des forces dynamiques en exploitation une dégradation de l'état, une amplification du dommage sur la table de roulement et une perte de confort.

6.6.2.8.1 Fissures RCF («Rolling Contact Fatigue» ou arêtes de poisson)

L'introduction d'essieux équipés de freins à disque a augmenté la fréquence d'apparition de petites fissures sur la table de roulement, qui se présentent sous l'aspect d'arêtes de poisson. Contrairement aux fissures habituellement constatées sur les roues équipées de sabot de freinage («peau de crapaud»), sur lesquelles les fissures apparaissent sous l'effet d'un échauffement, les fissures en arêtes de poisson indiquent un matériau «fatigué» qui est laminé et n'est pas meulé par les sabots comme sur les roues à sabot de freinage.

Puisqu'il s'agit ici d'une fatigue du matériau par contact de roulement sur le rail, on parle d'une fatigue de contact de roulement («Rolling Contact Fatigue» en anglais, abrégé «RCF»).

L'apparition de fissures RCF sur la table de roulement n'est pas problématique en principe, tant qu'il n'y a pas également des traces d'excoriation. Des fissures RCF accompagnées d'excoriation surviennent principalement lorsque des fissures RCF étaient déjà présentes dans la zone la plus sollicitée de la table de roulement (niveau du cercle de mesure). Sur une table de roulement présentant des fissures RCF en-dehors du niveau du cercle de mesure, l'usure normale du diamètre de la roue est suffisante pour éliminer les fissures RCF existantes. L'apparition de fissures RCF est classée dans différentes zones pour aider à déterminer le comportement au roulement de l'essieu concerné (cf. Figure 6-68).

Les fissures RCF avancées, accompagnées d'une excoriation, entraînent une ovalisation et en fin de compte un effritement de plus en plus grand du matériau. Un usinage précoce du matériau endommagé peut prévenir l'effritement.

Si les fissures s'amplifient en profondeur, le voile de la roue ou le bandage peut parfois se rompre.



Figure 6-66: fissure RCF



Figure 6-67: peau de crapaud

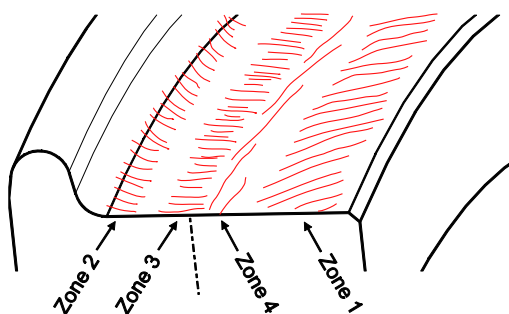


Figure 6-68: répartition des zones RCF sur la table de roulement

6.6.2.8.2 Essieux équipés de disques de frein

Dans le cas des essieux équipés de disques de frein, on voit apparaître sur la table de roulement des défauts dont l'aspect est différent des défauts qui apparaissent sur les essieux équipés de sabots de freinage.



Essieu porteur équipé d'un frein à disques

Fissures RCF sur la table de roulement

L'essieu peut parfaitement rester en exploitation. L'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation permet de déterminer si un reprofilage préventif est nécessaire.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-69: essieu porteur équipé d'un frein à disques: fissures RCF sur la table de roulement



Essieu porteur équipé d'un frein à disques

Table de roulement en parfait état, sans dommage visible

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-70: essieu porteur équipé d'un frein à disques: table de roulement en parfait état, sans dommage visible



Essieu porteur équipé d'un frein à disques

Fissure RCF sur la table de roulement avec un début d'excoriation du matériau laminé

L'essieu peut rester en exploitation, mais le kilométrage est limité.
Un reprofilage peut être décidé pour enlever le matériau endommagé.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation
- planifier un reprofilage selon l'expérience

Figure 6-71: essieu porteur équipé d'un frein à disques: fissure RCF sur la table de roulement avec un début d'excoriation du matériau laminé



Essieu porteur équipé d'un frein à disques

Excoriation par formation de martensite après un glissement lors du freinage

L'essieu peut rester en exploitation si l'excoriation n'a pas d'impact négatif sur le confort de roulement.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-72: essieu porteur équipé d'un frein à disques: excoriation par formation de martensite après un glissement lors du freinage



Essieu porteur équipé d'un frein à disques

Empreintes importantes, probablement causées par le franchissement de chantiers provoquant la projection de pierres ou de ballast

L'essieu doit être reprofilé en fonction de l'utilisation du véhicule.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation
- planifier un reprofilage

Figure 6-73: essieu porteur équipé d'un frein à disques: empreintes importantes, probablement causées par le franchissement de chantiers provoquant la projection de pierres ou de ballast



Essieu moteur équipé d'un frein à disques

Aspect d'un «ciel étoilé» sur la table de roulement (empreintes provoquées par du sable)

L'essieu peut parfaitement rester en exploitation.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-74: essieu moteur équipé d'un frein à disques: aspect d'un «ciel étoilé» sur la table de roulement (empreintes provoquées par du sable)



Essieu moteur équipé d'un frein à disques

Petites stries linéaires causées par le sable et le glissement de la roue

L'essieu peut parfaitement rester en exploitation.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-75: essieu moteur équipé d'un frein à disques: petites stries linéaires causées par le sable et le glissement de la roue



Essieu moteur équipé d'un frein à disques

Excoriation causée par des fissures RCF

L'essieu doit être reprofilé sous peu.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation si c'est possible au regard du confort de roulement et si aucune cote limite de service n'est dépassée pour l'excoriation
- planifier un reprofilage prochainement

Figure 6-76: essieu moteur équipé d'un frein à disques: excoriation causée par des fissures RCF

**Essieu porteur équipé de freins à disques**

Essieu porteur avec un poids par essieu élevé (grue sur rails). De la matière laminée se détache sous forme de pellicule en raison de fissures RCF avancées et annonce une prochaine excoriation.

L'essieu doit être reprofilé sous peu.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation
- planifier un reprofilage prochainement

Figure 6-77: essieu porteur équipé de freins à disques: essieu porteur avec un poids par essieu élevé (grue sur rails)

**Essieu porteur équipé de freins à disques**

Dépôt de matière causé par un frein serré pendant la marche

L'essieu doit être usiné.

Mesures:

- reprofiler l'essieu

Figure 6-78: essieu porteur équipé de freins à disques: dépôt de matière causé par un frein serré pendant la marche

6.6.2.8.3 Essieux équipés d'un sabot de freinage avec des semelles en fonte grise



Essieu porteur équipé de semelles de frein en fonte grise
Table de roulement en parfait état, sans dommage visible

L'essieu peut parfaitement rester en exploitation.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-79: essieu porteur équipé de semelles de frein en fonte grise: table de roulement en parfait état, sans dommage visible



Essieu moteur avec des semelles en fonte

Fissures thermiques sur les freins et déplacement de matière sous l'effet des efforts de traction, un début de polygonisation est visible (motif tacheté)

L'essieu peut rester en exploitation; un reprofilage préventif est déterminé selon l'expérience et le kilométrage déjà réalisé.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation
- planifier un reprofilage selon l'expérience

Figure 6-80: essieu moteur avec des semelles en fonte: fissures thermiques sur les freins et déplacement de matière sous l'effet des efforts de traction, un début de polygonisation est visible (motif tacheté)



Figure 6-81: essieu moteur avec des semelles en fonte: fissures et excoriations dues à la fatigue du matériau

Essieu moteur avec des semelles en fonte

Fissures et excoriations dues à la fatigue du matériau et éventuellement taches de freinage

L'essieu doit être reprofilé sous peu.

Mesures:

- si c'est possible au regard du confort de roulement et si aucune cote limite de service n'est dépassée pour l'excoriation, courte poursuite de l'exploitation (env. 1 semaine)
- planifier un reprofilage prochainement ou immédiatement

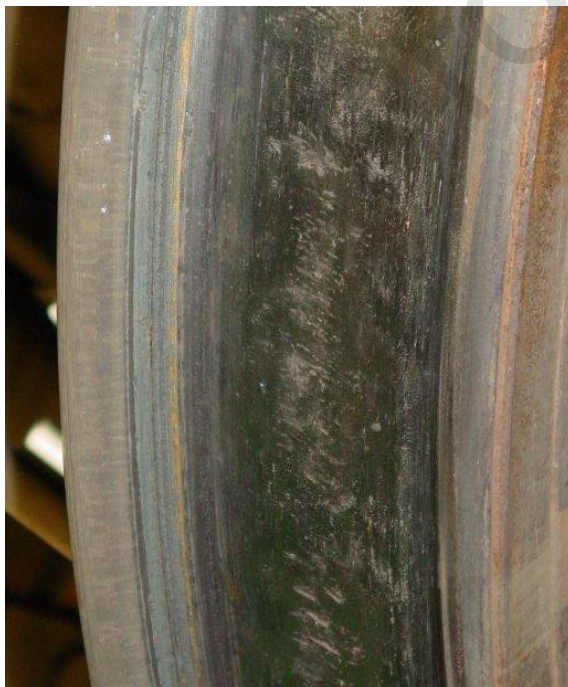


Figure 6-82: essieu moteur avec des semelles en fonte: fissures transversales sur la table de roulement sous l'effet d'efforts de traction et de freinage

Essieu moteur avec des semelles en fonte

Fissures transversales sur la table de roulement sous l'effet d'efforts de traction et de freinage

Selon l'évaluation des fissures, l'essieu doit être tourné ou peut être remis en exploitation comme tel.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation
- planifier un reprofilage selon l'expérience



Essieu moteur avec des semelles en fonte

Motif tacheté apparu sous l'effet d'un début de polygonisation provoquant un défaut de la semelle de frein qui n'est plus complète

L'essieu peut parfaitement rester en exploitation.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

gure 6-83: essieu moteur avec des semelles en fonte: motif tacheté apparu sous l'effet d'un début de polygonisation provoquant un défaut de la semelle de frein qui n'est plus complète

6.6.2.8.4 Essieux équipés d'un sabot de freinage avec des semelles en matériau composite



Essieu moteur avec des semelles en matériau composite

Légère empreinte avec des traces de frottement de la semelle en matériau composite

La table de roulement est en parfait état.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

gure 6-84: essieu moteur avec des semelles en matériau composite: légère empreinte avec des traces de frottement de la semelle en matériau composite



Essieu porteur avec des semelles en matériau composite
Fissures RCF et excoriation
causées par un dévoiement suite
à un glissement

Mesures:

- évaluer l'excoriation
- reprofiler l'essieu

Figure 6-85: essieu porteur avec des semelles en matériau composite: fissures RCF et excoriation causées par un dévoiement suite à un glissement



Essieu porteur avec des semelles en matériau composite

Traces d'usure (creux) dues aux semelles en matériau composite (au niveau des flèches rouges)

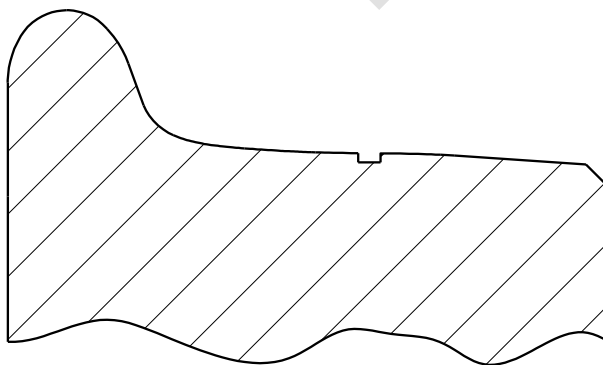
Mesures:

- évaluer les traces d'usure, poursuivre l'exploitation
- contrôler la surface de frottement des semelles en matériau composite, égaliser ou remplacer le cas échéant
- si les traces d'usure sont importantes, reprofiler l'essieu (profondeur du creux > 2 mm)

Figure 6-86: essieu porteur avec des semelles en matériau composite: traces d'usure (sillons) des semelles en matériau composite

Ce type d'usure ne concerne pas à ce jour les essieux équipés d'un sabot de freinage en matériau composite. Il s'agit ici de la formation de sillons et de creux sur la table de roulement.

La formation de sillons est principalement liée à l'inclusion de corps étrangers dans la semelle du frein, tandis que la formation de creux s'explique par les bordures des semelles de frein qui résistent mieux à l'abrasion. On utilisera le catalogue de dommages de la directive UIC pour les semelles de frein composites afin d'évaluer les semelles de frein.



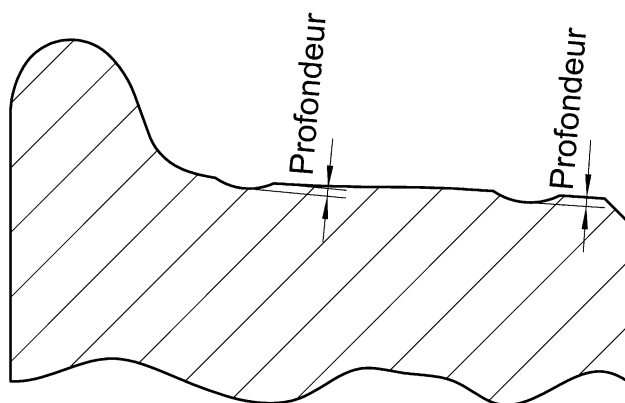
Tout essieu équipé de semelles en matériau composite

La table de roulement présente un ou plusieurs sillons avec des raccords à arêtes vives. Les sillons apparaissent sur tout le pourtour de la roue et peuvent être observés sur toute la largeur de la table de roulement.

Mesures:

- reprofiler l'essieu
- contrôler la surface de frottement des semelles en matériau composite, égaliser ou remplacer le cas échéant

Figure 6-87: essieu porteur avec des semelles en matériau composite: formation de sillons sur la table de roulement de la roue



Tout essieu équipé de semelles en matériau composite

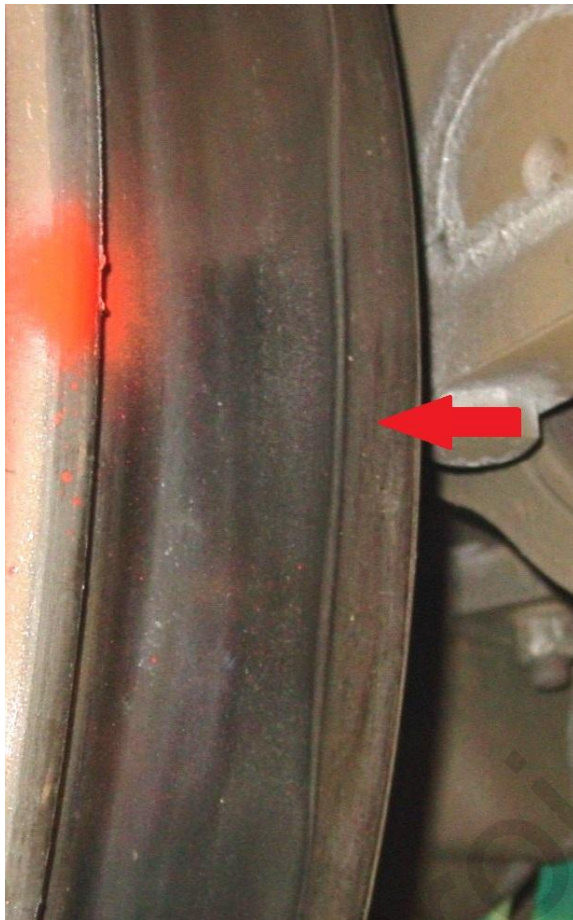
La table de roulement présente un ou plusieurs creux au contour arrondi, sans raccords à arêtes vives. Les creux apparaissent sur tout le pourtour de la roue et en partie sur la largeur de la table de roulement. Un creux ne dépasse généralement pas 40 à 50 mm de largeur.

Mesures:

- évaluer la profondeur du creux
- profondeur du creux supérieure à 2 mm: reprofiler l'essieu
- profondeur du creux inférieure à 2 mm: poursuivre l'exploitation

Figure 6-88: essieu porteur avec des semelles en matériau composite: formation de creux sur la table de roulement de la roue

6.6.2.8.5 Autres défauts de la table de roulement



Tout essieu

Aplatissement singulier (au niveau de la flèche rouge) causé par un défaut du matériau. Le matériau est mou en un endroit, une sorte de méplat se forme, mais sans enlèvement de matière.

Mesures:

- si des dommages sont identifiés sur la boîte d'essieu et le côté primaire et sont causés par l'aplatissement singulier (p. ex. vis desserrées, amortisseur hydraulique avec fuite, ressorts cassés, roulement en caoutchouc fondu), l'essieu doit être démonté et soumis à une remise à neuf (au moins IS 1 avec un essai de dureté)

Si aucun autre dommage hormis l'aplatissement singulier n'est observé:

- reprofiler l'essieu
- réaliser un essai de dureté
- le cas échéant, l'ensemble du bandage ou la roue monobloc doit être changé(e)

Figure 6-89: aplatissement singulier causé par un défaut du matériau

**Tout essieu**

Aplatissement singulier avec une excoriation causée par un défaut du matériau (la ligne rouge correspond au contour d'origine). Le matériau est mou en un endroit et se déforme plastiquement contre la face avant. Un élargissement de la roue se produit à cet endroit.

Mesures:

- reprofiler l'essieu
- réaliser un essai de dureté
- le cas échéant, l'ensemble du bandage ou la roue monobloc doit être changé(e)

Figure 6-90: aplatissement singulier avec une excoriation causée par un défaut du matériau



Essieu moteur équipé de freins à disques

Formation manifeste de faux-ronds réguliers (formation de polygones) à l'extérieur du diamètre du cercle de roulement, p. ex. en raison de courbes étroites

Mesures:

- poursuivre l'exploitation
- reprofiler l'essieu si l'évaluation du confort de roulement l'exige

Figure 6-91: essieu moteur équipé de freins à disques: formation manifeste de faux-ronds réguliers (formation de polygones) à l'extérieur du diamètre du cercle de roulement

6.6.2.8.6 État de la face interne de la roue

Certaines formes d'usure peuvent apparaître sur la face interne de la roue sous l'effet du passage des aiguilles et donc du contact avec le contre-rail. En général, le dos de la roue possède une surface très rugueuse par frottement sec d'un métal contre un autre métal. Les contre-rails, en particulier ceux des traversées, sont susceptibles de causer des traces d'usure sur toute la surface interne de la roue.

Dans la mesure où cela n'occasionne pas d'entailles à arêtes vives au sommet du boudin ou sur la face interne de la roue, l'essieu peut rester en exploitation sans aucune restriction. Si une usure excessive est présumée, il convient de contrôler la cote A_R .



Figure 6-92: usure couvrant la moitié de la face interne sur une rame automotrice



Figure 6-93: usure couvrant l'intégralité de la face interne sur une locomotive de manœuvre



Figure 6-94: entailles sur la face interne, causées par des défauts de la voie (p. ex. contre-rails). Les entailles représentées sur la figure sont autorisées car elles ne présentent pas d'arêtes vives.

6.6.2.9 État de l'essieu-axe

Les essieux-axes doivent être contrôlés visuellement à intervalles prédéfinis, à l'occasion des activités de contrôle, afin de garantir la sûreté de l'exploitation. La présente section est un guide d'évaluation qui s'appuie sur le catalogue EVIC pour les essieux des wagons de marchandises ou la norme SN EN 15313, mais applicable à tous les types d'essieux. Lors de l'évaluation visuelle, on veillera à inspecter la surface des essieux-axes avec le meilleur éclairage possible.

Si une irrégularité est constatée, quatre actions sont possibles:

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement
- Ⓑ Traiter l'essieu en atelier dans les 14 jours qui suivent, le détenteur des véhicules peut définir un délai différent en s'appuyant sur son expérience et sur le kilométrage
- Ⓒ L'essieu reste en exploitation jusqu'à la prochaine révision ou les irrégularités sont réparées sur place dans un atelier
- Ⓓ L'essieu reste en exploitation sans consignes

Le catalogue de défauts suivant présente des exemples de dommages et les décisions afférentes adaptées. Ce catalogue ne se prétend pas exhaustif et ne présente aucune sécurité juridique.

6.6.2.9.1 Courbe de raccordement

En principe, on ne doit constater aucun défaut mécanique dans le matériau de base de la zone d'une courbe de raccordement entre le corps de l'axe et la portée de calage de la roue (cf. Figure 9-1, zone A). Les entailles, les stries circulaires et les fissures sont interdites. Un essieu présentant des dommages mécaniques dans la courbe de raccordement doit être immédiatement mis hors service.

6.6.2.9.2 Aucun défaut ou défauts autorisés sur la surface de l'axe – léger écaillage

Les écaillages peuvent être partiellement ou entièrement circulaires et se caractérisent par des transitions non abruptes, sans arêtes vives. Ce type de creux peut apparaître dans le cadre de travaux de maintenance. Le revêtement n'est pas endommagé.

Décision: Les essieux-axes grainés dont le revêtement n'est pas endommagé peuvent rester en exploitation sur le véhicule.

- Ⓓ L'essieu reste en exploitation sans consignes.

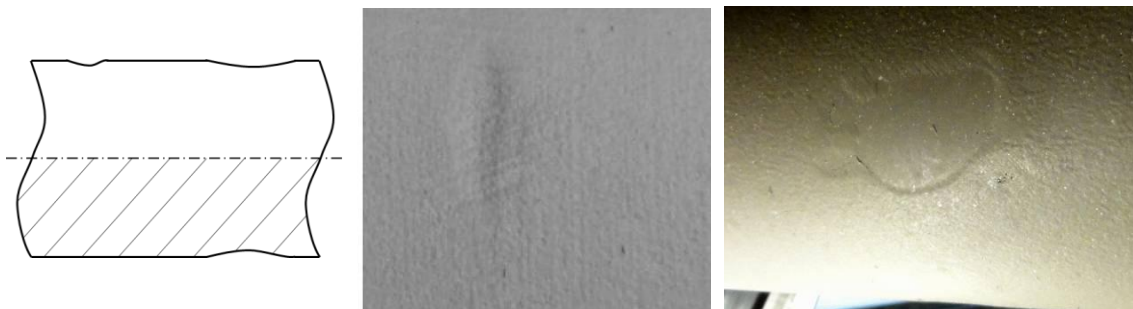


Figure 6-95: essieux-axes écaillés dont le revêtement n'est pas endommagé

6.6.2.9.3 Dommages mécaniques – sillons circonférentiels à arêtes vives

Les sillons se caractérisent par des transitions à arêtes vives. Le matériau de base ne doit pas présenter de dommages mécaniques sous la forme de sillons.

Décision: Vérifier les causes de ce dommage sur le véhicule et procéder à la réparation. Mettre l'essieu hors service.

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement.



Figure 6-96: dommages mécaniques – sillons circonférentiels à arêtes vives

6.6.2.9.4 Dommages mécaniques – creux circulaires avec des transitions non abruptes

Ces creux se caractérisent par des transitions non abruptes sur les bords. Les écailles qui se forment en cours d'exploitation (p. ex. en lien avec l'organe de liaison de la timonerie de frein) endommagent le revêtement.

Décision: Vérifier les causes de ce dommage sur le véhicule et procéder à la réparation.

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement si la profondeur d'endommagement du matériau de base est supérieure à 1 mm.
- Ⓑ Traiter l'essieu en atelier dans un délai de 14 jours si la profondeur d'endommagement est inférieure à celle du cas Ⓐ. Le détenteur des véhicules peut définir un délai différent en s'appuyant sur son expérience et sur le kilométrage.



Figure 6-97: dommages mécaniques – creux circulaires avec des transitions non abruptes

6.6.2.9.5 Dommages mécaniques – entailles à arêtes vives

Les entailles à arêtes vives se forment localement et se caractérisent par des transitions à arêtes vives. La projection de ballast est généralement la cause de ces entailles. Les dommages mécaniques du matériau de base sous forme d'entailles ne sont pas autorisés.

Décision: Mettre l'essieu hors service.

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement si la profondeur d'endommagement du matériau de base est supérieure à 1 mm.
- Ⓑ Traiter l'essieu en atelier dans un délai de 14 jours si la profondeur d'endommagement est inférieure à celle du cas Ⓐ. Le détenteur des véhicules peut définir un délai différent en s'appuyant sur son expérience et sur le kilométrage



Figure 6-98: dommages mécaniques – entailles à arêtes vives

6.6.2.9.6 Dommages mécaniques – fissures

Les fissures apparaissent localement sur le matériau du corps (pas sur le revêtement) et se présentent sous la forme de fines lignes. Le matériau de base ne doit pas présenter de dommages mécaniques sous la forme de fissures.

Décision: Mettre l'essieu hors service.

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement.



Figure 6-99: dommages mécaniques – fissures

6.6.2.9.7 Dommages de surface – zones de grande surface, fortement corrodées

La surface est fortement corrodée. Le revêtement est attaqué par la rouille et s'écaille ou est enflé. Les zones de grande surface ainsi corrodées ne sont pas autorisées.

Décision: Traiter l'essieu le plus rapidement possible ou le mettre hors service.

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement si la corrosion occupe une très grande surface et si elle est avancée (surface corrodée supérieure à 30 % de la surface du corps).
- Ⓑ Traiter l'essieu en atelier dans un délai de 14 jours si les dommages peuvent être corrigés à l'état monté. Le détenteur des véhicules peut définir un délai différent en s'appuyant sur son expérience et sur le kilométrage.



Figure 6-100: dommages de surface – zones de grande surface, fortement corrodées

6.6.2.9.8 Défauts de revêtement – avec et sans corrosion

Défauts de revêtement mineurs, avec et sans corrosion, causés par la projection de ballast, par un revêtement écaillé ou d'autres influences mécaniques.

Décision: Laisser l'essieu en exploitation et corriger les défauts sur place, essieu monté, dans la mesure du possible.

- Ⓑ Traiter l'essieu en atelier dans un délai de 14 jours si le cumul de toutes les zones endommagées représente plus de 30 % de la surface du corps. Le détenteur des véhicules peut définir un délai différent en s'appuyant sur son expérience et sur le kilométrage.
- Ⓒ L'essieu reste en exploitation jusqu'à la prochaine révision ou les irrégularités sont réparées sur place dans un atelier.



Figure 6-101: défauts de revêtement – avec et sans corrosion

6.6.2.9.9 Dommages de surface – piqûres de corrosion profondes et isolées

Domage de surface sur le matériau de base sous la forme de piqûres de corrosion locales prononcées, causées p. ex. par des influences chimiques.

Décision: Traiter l'essieu le plus rapidement possible ou le mettre hors service.

- Ⓐ Mettre l'essieu hors service immédiatement si la profondeur de la piqûre de corrosion est supérieure à 1 mm.
- Ⓑ Traiter l'essieu en atelier dans un délai de 14 jours si les dommages sont inférieurs à ceux du cas Ⓐ. Le détenteur des véhicules peut définir un délai différent en s'appuyant sur son expérience et sur le kilométrage.



Figure 6-102: dommages de surface – piqûres de corrosion profondes et isolées

6.6.2.10 Fixation solide du bandage et de l'agrafe du bandage

Le contrôle visuel de l'essieu est l'occasion de s'assurer sur les roues bandagées que le bandage est correctement monté et solidement fixé à la jante. L'évaluation d'un éventuel déplacement des bandages doit s'accompagner d'une analyse technique réalisée par le détenteur des véhicules.

Les bandages sans agrafe de montage ne doivent pas être utilisés. Les roues de ce type ne sont utilisées que sur les chemins de fer à voie étroite.

L'agrafe de bandage doit être entièrement laminée et la partie laminée du bandage ne doit présenter aucune fissure. L'agrafe de bandage doit être parfaitement continue et reposer correctement au fond de l'encoche du bandage. L'espace se formant dans l'agrafe du bandage au moment du montage doit être obturé et rendu étanche avant le sertissage en utilisant une portion adaptée du profil de l'agrafe du bandage, que l'on appelle raccord d'agrafe. Le raccord d'agrafe doit être constitué d'une seule pièce adaptée à l'espace à combler et non de plusieurs petites portions. La longueur du raccord d'agrafe doit être limitée à 30 mm maximum.



Figure 6-103: agrafe de bandage avec un raccord d'agrafe correctement placé

Les essieux sur lesquels il manque le raccord d'agrafe peuvent rester en exploitation jusqu'à nouvel ordre. Ils doivent néanmoins être contrôlés à l'occasion de chaque entretien afin de vérifier que l'agrafe de bandage est solidement fixée. Lorsqu'il manque un raccord d'agrafe sur un essieu, une annonce de défaut doit être créée (entrée dans la base de données de la maintenance).

La zone laminée de l'agrafe de bandage doit être soumise à un contrôle visuel dans le cadre de l'exploitation afin de vérifier l'absence de fissures. La présence de fissures peut indiquer une encoche d'agrafe dont les dimensions ne sont pas conformes ou un profil d'agrafe qui n'est pas adapté. Si des fissures apparaissent dans cette zone, le détenteur des véhicules ou le fabricant est tenu de procéder à une évaluation.

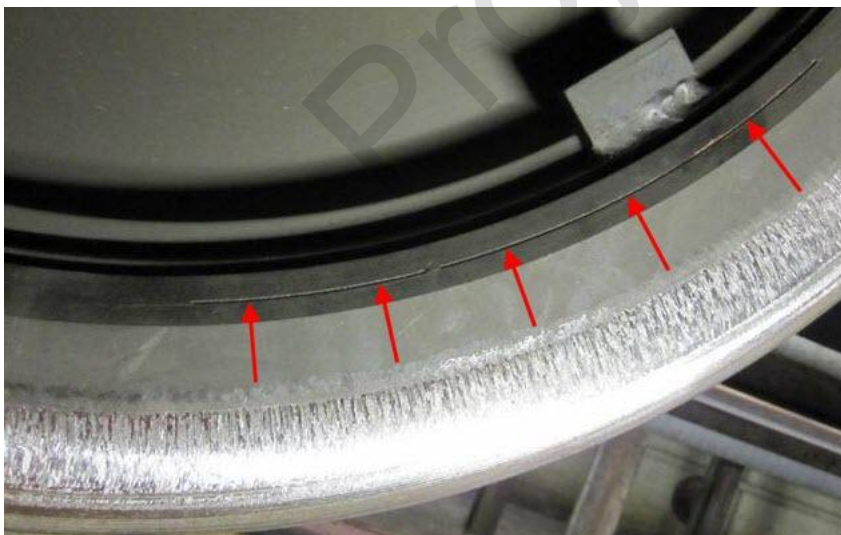


Figure 6-104: fissures dans la zone laminée causées par une encoche d'agrafe aux dimensions non conformes

Malgré un montage correct, il est possible que les bandages tournent par rapport à la jante. Pour détecter ce problème, des marquages de contrôle doivent être réalisés après le montage de sorte qu'au moins une marque soit bien visible de l'extérieur lorsque l'essieu est monté, quelle que soit d'ailleurs sa position. Deux à quatre marquages doivent être apposés sur le pourtour face avant, à intervalles réguliers sur chaque bandage.

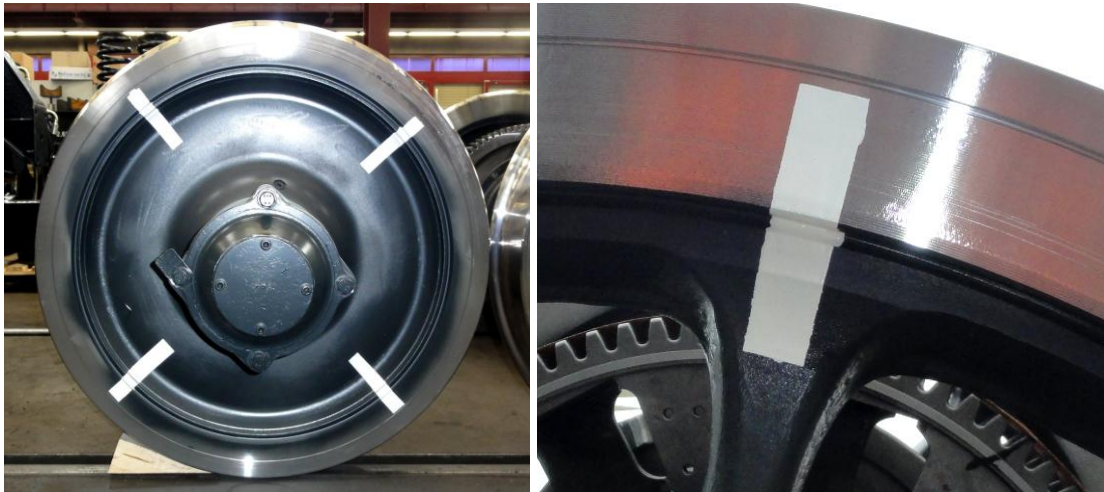


Figure 6-105: marquages sur le bandage



Figure 6-106: exemple de marquage chez des chemins de fer internationaux (ČD).

Les essieux moteurs et porteurs ne doivent pas être traités de la même façon au moment d'évaluer le déplacement du bandage. Sur les essieux moteurs, tous les efforts de traction et, selon le type de frein, une partie des efforts de freinage sont transmis par la liaison freinée entre le corps de la roue et le bandage. Sur les essieux porteurs en revanche, les liaisons freinées ne sont sollicitées que par les efforts de freinage, selon le type de frein.

Pour qu'un bandage tourne sur un essieu porteur, la liaison freinée doit donc être beaucoup plus affaiblie que sur un essieu moteur.

On peut par conséquent supposer que si un bandage d'un essieu porteur s'est déplacé, la liaison freinée s'est considérablement affaiblie et contrairement à un essieu moteur, cela a endommagé le bandage de manière permanente.

Remarque: d'un point de vue théorique, selon le retrait en excès, un bandage freiné perd sa force de précontrainte lorsque l'écart de température par rapport au corps de la roue est compris entre env. 90° C (retrait en excès de 1.0 ‰) et 160° C (retrait en excès de 1.8 ‰).

Essieux moteurs

Selon l'expérience acquise par le détenteur des véhicules dans le cadre de l'exploitation, le déplacement des bandages sur des essieux moteurs est autorisé dans certaines limites. Aucune valeur limite générale de déplacement maximal ne peut être fournie.

Sur certaines séries de locomotives, la liaison frettée est réalisée en tournant légèrement le bandage de quelque degrés (env. 1° à 2°) sur des roues au bandage neuf, ce qui n'est pas problématique.

Afin de faciliter l'identification des bandages ayant subi plusieurs déplacements, un marquage de différentes couleurs doit être réalisé en fonction de l'état du bandage.

Exemple possible:

- Bandage neuf:
marquage BLANC.
- Premier déplacement du bandage:
le bandage s'est déplacé. Le marquage blanc présente donc un décalage. Le marquage blanc n'est ni renouvelé, ni supprimé. Un nouveau marquage JAUNE est appliqué si l'essieu reste en exploitation.
- Deuxième déplacement du bandage:
le bandage s'est déplacé. Le marquage jaune présente donc un décalage. Le marquage jaune n'est ni renouvelé, ni supprimé. Un nouveau marquage ROUGE est appliqué si l'essieu reste en exploitation.
- Troisième déplacement du bandage:
le bandage est considéré définitivement desserré et doit être remplacé. L'essieu doit être mis hors service.

Essieux porteurs

Tout essieu porteur présentant un déplacement du bandage doit aussitôt être retiré de l'exploitation. Le véhicule concerné doit être différé et l'essieu changé. L'essieu défectueux doit être examiné dans un atelier homologué et être traité ou mis au rebut.

Pour les wagons de marchandises utilisés à des fins commerciales, il est recommandé de ne plus utiliser des roues bandagées et de mettre au rebut les roues bandagées encore en exploitation une fois l'usure minimale atteinte, et de les remplacer par des roues monoblocs.

Les essieux porteurs bandagés non freinés, qui servent p. ex. d'essieux avant sur les véhicules historiques, ne sont pas pourvus de marquages de position.

En général

Autres caractéristiques du contrôle de fixation du bandage:

- son incohérent lorsqu'un coup léger est donné au bandage avec un marteau en acier
Remarques sur le contrôle du son (cf. également la section 6.6.2.14):
 - son clair, nettement métallique = le bandage est solidement fixé
 - son mat = le bandage est desserré
- fixation de l'agrafe de bandage
- traces de rouille sur plus d'un tiers du pourtour du bandage
- dommages sur l'agrafe de bandage, p. ex. fissures, ruptures
- fissures, ruptures ou dommages visibles sur le bandage

Si malgré des marquages de position corrects, sans indication de déplacement, au moins deux critères ci-dessus sont vérifiés lors du contrôle de fixation du bandage, l'essieu en question doit être immédiatement traité comme le serait un essieu présentant manifestement un bandage desserré et être retiré.

Qu'il s'agisse d'un essieu porteur ou moteur, les soudures sur le bandage et la fixation du bandage au corps de la roue par soudage sont interdites.



Figure 6-107: formation d'éclats sur l'agrafe de bandage, causés par le déplacement du bandage



Figure 6-108: déplacement du bandage, se reconnaît à la position des marquages

6.6.2.11 Fixation solide de la roue sur l'essieu-axe

La fixation de la roue sur l'essieu-axe est généralement évaluée en réalisant un contrôle visuel des points de contact du moyeu de la roue. Aucun marquage spécial n'est à prévoir.

La présence de rouille sur le moyeu de la roue indique des problèmes au niveau des points de contact. Un essieu présentant de telles caractéristiques doit être mis hors service et être remis à neuf.

Exceptionnellement, il est possible que le voile de roue se décale sur le moyeu de la roue en cours d'exploitation. Si c'est le cas, diverses instances peuvent ordonner la réalisation de marquages de position entre l'essieu-axe et le voile de roue sur les modèles d'essieux concernés ou sur la flotte de véhicules. Ces marquages de position doivent être peints et contrôlés visuellement comme c'est le cas pour les bandages. Un essieu présentant une toile de roue décalée doit être mis hors service et remis à neuf. Tout déplacement, aussi minime soit-il, est interdit.

Ces marquages sont exceptionnels et ne doivent pas être généralisés.



Figure 6-109: exemple de marquage de position sur un essieu de wagon de marchandises (coté corps de l'axe, avec un ruban non autorisé)



Figure 6-110: exemple de marquage de position sur l'essieu d'une locomotive (côté boîte d'essieu)

6.6.2.12 Évaluation d'éventuels débordements de graisse sur la boîte d'essieu

Il est possible de constater sur les boîtes d'essieu un débordement de graisse dont l'ampleur peut varier. Lorsque le débordement de graisse atteint certaines proportions, la boîte d'essieu doit être contrôlée. Il n'existe pas de limites clairement définies en matière de débordement de graisse. Les images suivantes sont proposées afin de faciliter l'évaluation. Les paliers lisses ne sont pas pris en compte dans cette évaluation.

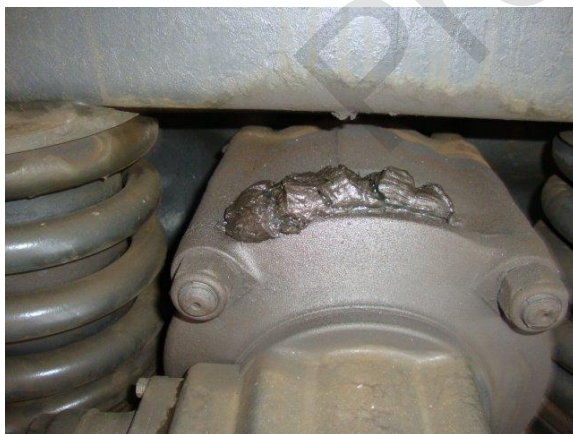


Figure 6-111: débordement de graisse sur la boîte d'essieu

Tout essieu

Boudin de graisse ayant débordé sur le couvercle du roulement en raison d'un défaut de montage

L'essieu peut rester en exploitation.

Mesures:

- enlever le débordement de graisse, nettoyer la zone
- poursuivre l'exploitation



Roulement cartouche
Léger débordement de graisse au niveau de l'orifice de purge du roulement Tarol

L'essieu peut rester en exploitation.

Mesures:

- poursuivre l'exploitation

Figure 6-112: léger débordement de graisse au niveau de l'orifice de purge du roulement cartouche

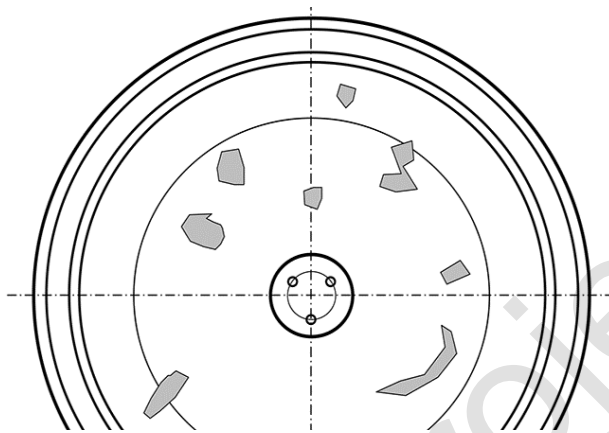


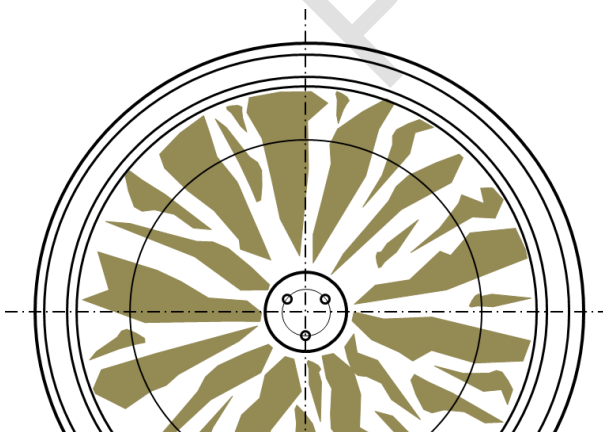
Figure 6-113: traces de graisses isolées sur le voile de roue

Tout essieu
Traces de graisses isolées sur le voile de roue

L'essieu peut rester en exploitation.

Mesures:

- éliminer les traces de graisse
- poursuivre l'exploitation



Tout essieu
Traces d'huile sur le voile de roue. L'huile provient du corps de la boîte d'essieu.

L'essieu doit être mis hors service.

Mesures:

- contrôle visuel de la graisse du roulement; si de la graisse de roulement s'est écoulée, démonter l'essieu et le remettre à neuf

Les méplats et les aplatissements singuliers peuvent provoquer d'importantes accélérations et donc un écoulement de la graisse du roulement.

Figure 6-114: traces d'huile sur le voile de roue en provenance du moyeu

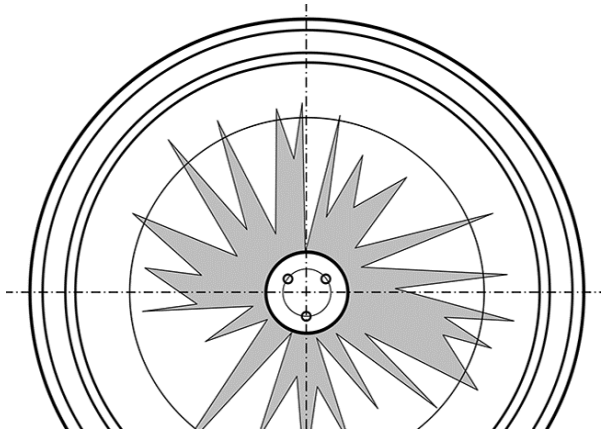


Figure 6-115: traces de graisse diffuses sur le voile de roue avec propagation en forme d'étoile depuis le moyeu

Tout essieu

Traces de graisse diffuses sur le voile de roue avec propagation en forme d'étoile depuis le moyeu

L'essieu doit être mis hors service.

Mesures:

- démonter l'essieu et procéder à une remise à neuf



Figure 6-116: coulée et expulsion de graisse à travers le couvercle non étanche du roulement

Tout essieu

Coulée et expulsion de graisse à travers le couvercle non étanche du roulement

L'essieu doit être mis hors service.

Mesures:

- démonter l'essieu et procéder à une remise à neuf



Figure 6-117: coulée et expulsion de graisse à travers le couvercle non étanche du roulement

Tout essieu

Coulée et expulsion de graisse à travers le couvercle du roulement côté roue

L'essieu doit être mis hors service.

Mesures:

- démonter l'essieu et procéder à une remise à neuf



Figure 6-118: boîte chaude avec débordement de graisse

Tout essieu

Boîte chaude avec débordement de graisse, voile de la roue très huileux

L'essieu doit être mis hors service.

Mesures:

- démonter l'essieu et procéder à une remise à neuf

6.6.2.13 Décoloration et dommage thermique des roues monoblocs équipées d'un dispositif de freinage à sabot

Se reporter à la section 15.2 pour connaître l'intérêt de cette caractéristique de contrôle sur le plan technique. La terminologie afférente («sa», âme de roue incurvée, âme de roue rectiligne) est expliquée au chapitre 6 et à la section 15.2.1.

Les roues monoblocs présentant un dommage thermique sur des essieux équipés d'un frein à sabots peuvent être identifiées par une décoloration. La décoloration commence toujours au niveau du raccord entre la jante et l'âme du voile de roue. Plus la température est chaude lors de la surchauffe, plus la décoloration est profonde dans l'âme du voile de roue et plus la contrainte thermique est grande sur la roue.



Figure 6-119: décoloration sur le voile de roue

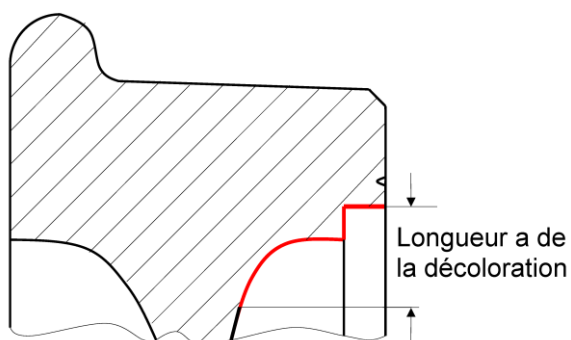


Figure 6-120: définition de la profondeur de la décoloration a

6.6.2.13.1 Roues monoblocs à faible contrainte interne (sa) et roues avec âme de roue incurvée

Locomotives et voitures

Indépendamment de l'ampleur du dommage (profondeur de la décoloration), les véhicules sur lesquels des roues monoblocs présentent un dommage thermique doivent être mis hors service dans un délai raisonnable. Selon la situation, l'identification du dommage implique les mesures suivantes:

Situation	Profondeur de la décoloration a	Mesure
Le véhicule se trouve dans une installation d'entretien ou de garage	$a > 0 \text{ mm}$	Le véhicule doit être mis hors service; changement de l'essieu
Le véhicule est en cours de contrôle (p. ex. vérification par un contrôleur après une alarme frein serré ICT)	$a \leq 25^{\text{a)}} \text{ mm}$	Préannoncer le changement d'essieu sur le véhicule à la prochaine occasion possible
Le véhicule est en cours de contrôle (p. ex. vérification par un contrôleur après une alarme frein serré ICT)	$a > 25^{\text{a)}} \text{ mm}$	Mettre le véhicule hors service rapidement (au plus tard dans les 24 h qui suivent); changement de l'essieu
Contrôle du véhicule après une alarme frein serré ICT	Pas de décoloration	Aucune mesure nécessaire sur les essieux

Tableau 6-25: mesures à prendre en cas de décoloration sur le voile de roue sur des locomotives et des voitures

- a) Au lieu de mesurer la longueur de la zone décolorée qui n'est pas mesurable avec précision, il est également possible d'évaluer visuellement cette décoloration. Une «décoloration nette» correspond à une valeur $a > 25 \text{ mm}$.

L'essieu concerné doit être remplacé et soumis à une maintenance lourde. Il doit recevoir un marquage adapté dès le traitement du véhicule dans une installation d'entretien, dans tous les cas lors du changement d'essieu au plus tard. Le traitement réalisé dans le cadre de la maintenance lourde est expliqué à la section 15.2.2.

Remarque

Auparavant, les décolorations sur les roues monoblocs à faible contrainte interne (sa) étaient autorisées et aucune mesure n'était nécessaire. Afin de réduire les risques et étant donné la faible quantité de véhicules et d'essieux concernés et l'ampleur possible des dommages, il est expressément recommandé de procéder à un contrôle et à une élimination du défaut, même sur les modèles de roues à faible contrainte interne, en cas de dommages thermiques.

Wagon de marchandises

Les roues monoblocs à faible contrainte interne (roues «sa», reconnaissables au marquage sur le corps de la boîte d'essieu, cf. section 12.3.3) peuvent rester en exploitation après une surcharge thermique. L'ECM 2 prévoit des mesures adaptées en fonction du type de dommage, une évaluation conformément au Tableau 6-25 étant recommandée. En cas de doute, il convient toujours de procéder à des opérations de maintenance de l'essieu une fois celui-ci démonté. La peinture décolorée ne peut être renouvelée qu'avec l'accord du détenteur (ECM 1) (CUU 2026, annexe 10, section 1.18).

Les roues monoblocs ne portant pas le marquage «sa» doivent être immédiatement remplacées et être soumises à des opérations de maintenance lourde.

6.6.2.13.2 Roues monobloc avec âme de roue rectiligne

En cas de surcharge thermique, les roues monoblocs avec une âme de roue rectiligne présentent un haut risque de déjettement et d'amplification de la cote A_R . L'identification et le traitement de ces cas particuliers doivent donc se dérouler selon des critères plus stricts que pour les roues monoblocs à faible contrainte interne ou pour les roues monoblocs avec âme de roue incurvée, comme indiqué à la section 6.6.2.12.1.

En cas d'annonce ICT (frein serré) ou d'avis de mécanicien correspondant (dérangement du calculateur de freinage, frein non déclenché, dégagement de fumée), le temps qu'un examen précis puisse être réalisé, on considère que les roues ayant une âme de roue rectiligne présentent un dommage thermique, même si aucune caractéristique visuelle typique n'est identifiée.

Situation	Profondeur de la décoloration a	Mesure immédiate	Suite du traitement
Le véhicule se trouve dans une installation d'entretien ou de garage	$a > 0 \text{ mm}$	Le véhicule est mis hors service, la cote A_R est mesurée ^{a)} , la contrainte résiduelle est mesurée	Changement de l'essieu lorsque la cote A_R ou la contrainte résiduelle n'est pas comprise dans les limites de tolérance
Le véhicule est en cours de contrôle (p. ex. vérification par un contrôleur après une alarme frein serré ICT)	$a > 0 \text{ mm}$	Mettre le véhicule hors service immédiatement; au plus tard au prochain point d'exploitation permettant le garage à la $v_{\max}$ de 80 km/h, mesurer la cote A_R ^{a)}	Changement de l'essieu lorsque la cote A_R n'est pas comprise dans les limites de tolérance, mesurer et évaluer la contrainte résiduelle
Le véhicule ne présente pas de caractéristiques visuelles, mais existence d'une alarme frein serré ICT ou d'un avis au mécanicien	Pas de décoloration	Mettre hors service au plus tard à la gare de rebroussement ou à la gare de destination et mesurer la cote A_R ^{a)}	Changement de l'essieu lorsque la cote A_R n'est pas comprise dans les limites de tolérance, mesurer et évaluer la contrainte résiduelle

Tableau 6-26: mesures à prendre en cas de décoloration sur le voile de roue de wagons de marchandises

- a) La cote A_R ne doit être mesurée sur site qu'en un point, le plus près possible du niveau supérieur du rail. Il n'est pas nécessaire de réaliser les mesures en trois points habituelles.

L'essieu concerné doit être remplacé et soumis à une maintenance lourde. Il doit recevoir un marquage adapté dès le traitement du véhicule dans une installation d'entretien, dans tous les cas lors du changement d'essieu au plus tard. Le traitement réalisé dans le cadre de la maintenance lourde est expliqué à la section 15.2.2.

Wagon de marchandises

En cas de suspicion de sollicitation thermique excessive, il convient de procéder à un essai des freins et de suivre les instructions de l'ECM 1 concernant des contrôles supplémentaires à réaliser:

- mesure de la contrainte résiduelle ¹⁾
- mesure de la distance entre les faces frontales intérieures des jantes
- reprofilage
- essai non destructif de la bande de roulement ¹⁾

En l'absence d'instructions de l'ECM 1, l'essieu concerné doit être remplacé (CUU 2026, annexe 10, section 1.18).

Pour les roues présentant des signes d'une sollicitation thermique excessive et qui ne sont pas identifiées comme pouvant supporter de fortes contraintes thermiques,

- la cote A_R doit être déterminée à l'aide d'une mesure en trois points décalés de 120° au niveau du point d'appui de la roue et
- un contrôle visant à détecter d'éventuelles fissures transversales isolées sur la table de roulement doit être effectué.

Remarque

Si la cote A_R n'est pas comprise dans les tolérances, un spécialiste des essieux doit évaluer la possibilité d'acheminer le véhicule. Il convient de noter que l'écartement extérieur du boudin S_R et la cote de guidage (la cote de guidage est égale à la cote A_R à laquelle on ajoute l'épaisseur de boudin à gauche ou à droite) des essieux concernés peuvent entraîner un déraillement s'ils sont trop importants.

1) Alternative: reprofilage systématique avec une grande profondeur de passe au niveau du diamètre et contrôle visuel de la bande de roulement en fonction de l'expérience.

6.6.2.14 Fissures dans les roues monobloc équipées d'un dispositif de freinage à sabot – contrôle du son

Sous l'effet thermique des freins à sabot, des fissures peuvent se former sur les roues monobloc dans certaines conditions. Certains types d'essieux de wagons de marchandises dont le diamètre du cercle de roulement se situe dans la partie inférieure de la réserve d'usure sont particulièrement concernés.

La bande de roulement et la jante de roue n'étant pas entièrement visibles lorsque l'essieu est monté, il n'est pas possible de procéder à un contrôle visuel complet pour détecter des fissures. Le contrôle du son, qui permet d'identifier la présence de dommages à un voile de roue, est une autre méthode possible de contrôle.

Indépendamment du modèle d'essieu et de l'état des roues, ce contrôle du son doit généralement être réalisé lors du remplacement des semelles de frein, mais peut aussi être effectué à des intervalles plus courts si l'occasion s'y prête. Le contrôle du son permet d'obtenir un résultat significatif moyennant un minimum d'effort et des moyens très simples.

Marche à suivre pour effectuer le contrôle du son:

- Desserrer complètement le frein.
- Frapper légèrement la roue avec un marteau en acier sur la table de roulement ou sur la face extérieure de la jante, au niveau de la circonférence, dans les secteurs compris entre 2 h et 5 h ou entre 7 h et 11 h. La roue résonne; le son alors émis fournit une indication sur son état:
 - son clair et pur: la roue est en ordre
 - son sourd: examiner de plus près l'ensemble de la roue pour détecter d'éventuelles fissures

Résultats de tests trompeurs

Un test réalisé sur la position 12 heures (position supérieure de la roue) produit toujours un son étouffé. Les essieux équipés de sabots de frein serrés ou pas entièrement desserrés produisent également un son sourd ou étouffé. Dans ce cas, il faut vérifier si les sabots de frein sont complètement desserrés.

Si la roue produit un son sourd, il est toujours nécessaire d'inspecter l'ensemble de la roue à l'aide de méthodes appropriées afin de détecter d'éventuelles fissures. Pour ce faire, il convient, en règle générale, de démonter l'essieu.

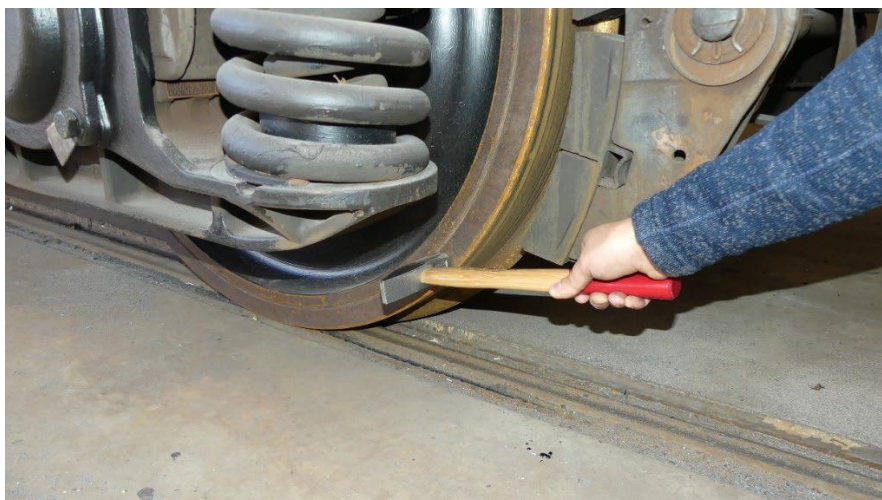


Figure 6-121: contrôle du son sur un essieu monté [Procédure normale JNS «Accident du tunnel de base du Saint-Gothard – ruptures de roue», rapport final]

7 Essais non destructifs

Un essai non destructif (END) est réalisé selon diverses méthodes dans le but d'identifier plus particulièrement des défauts du matériau et des dommages à un stade précoce sans modifier les pièces contrôlées. Les procédés d'essai non destructif sont donc plutôt assimilés à des essais de pièce.

7.1 Méthodes d'essai non destructif

Si l'on se réfère aux méthodes appliquées, les procédés d'essai techniques peuvent être classés dans quatre groupes différents:

- procédés capillaires
- procédés magnétiques et inductifs
- procédés acoustiques
- procédés par rayonnement

Le contrôle visuel n'est pas inclus dans les procédés d'essai techniques, mais il constitue néanmoins un essai non destructif. La terminologie liée aux essais non destructifs est définie en détail dans la norme SN EN 1330-1.

7.1.1 Procédés capillaires

Les **procédés capillaires (procédés par ressuage)** reposent sur la propriété des liquides connue sous le nom de capillarité. On utilise pour ce faire des liquides présentant une faible tension superficielle et une viscosité aussi basse que possible. On utilise généralement une peinture rouge très fluide. La pièce est aspergée de ce liquide qui pénètre profondément par les fentes, les pores et les fissures sous l'effet de l'action capillaire. La peinture qui adhère à la surface est ensuite retirée et la pièce est soumise à l'action d'un révélateur. Dans ce révélateur, la peinture qui se trouve encore dans les défauts de surface pénètre sous l'effet de l'action capillaire, mettant ainsi en évidence les défauts sur la surface blanche du révélateur. Ce procédé permet même d'identifier les micro-fissures.

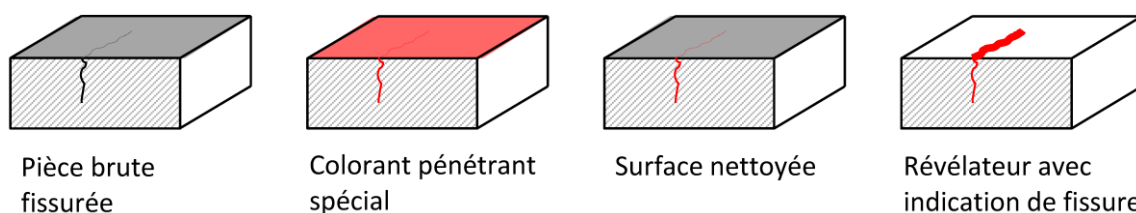


Figure 7-1: fonctionnement du procédé capillaire

Le procédé capillaire est appliqué au contrôle des pièces des essieux de préférence pour permettre un contrôle rapide de l'essieu monté.

7.1.2 Procédés magnétiques et inductifs

Ces méthodes impliquent l'utilisation de champs magnétiques pour identifier les défauts. On distingue dans cette catégorie les procédés par flux de fuite magnétiques et les procédés inductifs.

Le **procédé par flux de fuite magnétique (contrôle magnétoscopique)** permet de visualiser directement des macrodéfauts à la surface et en profondeur. Lors de ce contrôle, le tracé des lignes de force d'un champ magnétique est perturbé de sorte que les lignes émergent de la surface de la pièce contrôlée et qu'un flux de fuite se forme. Si la surface est revêtue de particules ferromagnétiques, généralement sous la forme d'une suspension à base d'huile et de poudre, ces dernières se disposent le long des lignes de force en fuite et reproduisent la forme du défaut à la surface.

Pour permettre l'émergence des lignes de force du défaut, le sens longitudinal du défaut doit être le plus perpendiculaire possible aux lignes de force du champ magnétique. Afin d'identifier les fissures longitudinales et transversales, deux champs magnétiques différents doivent être générés par polarisation et par un flux de courant.

Le procédé par flux de fuite magnétique ne convient qu'aux matériaux ferromagnétiques.

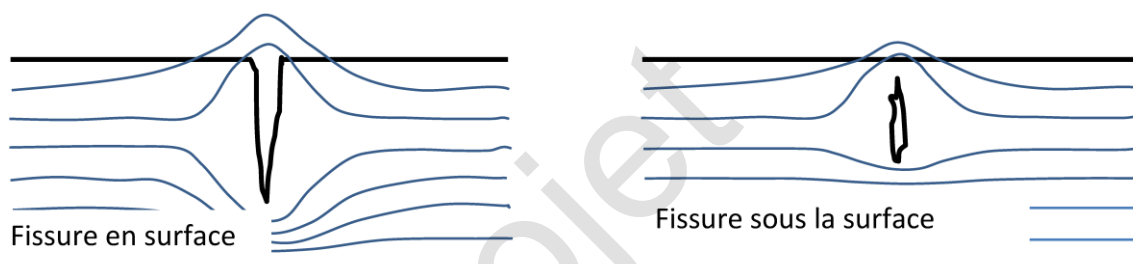


Figure 7-2: perturbation des lignes de force magnétiques à travers des fissures

Ce procédé est privilégié pour le contrôle de pièces d'essieux démontés, et plus particulièrement pour les axes pleins et les voiles de roue.

Le **procédé inductif (procédé utilisant les courants de Foucault)** permet uniquement une visualisation indirecte des défauts. Dans un système d'excitation, on génère des champs magnétiques variables dans le temps qui produisent des courants de Foucault dans les bordures de l'échantillon. De leur côté, les courants de Foucault induisent un champ magnétique qui se superpose au champ exciteur. Un système de mesure transforme le champ entier en signal de mesure. Si la pièce est défectueuse, la superposition est différente de celle observée sur une pièce sans défaut. Les défauts ne peuvent donc être identifiés que si le système de mesure a été étalonné avec une pièce sans défaut. En règle générale, le signal de mesure ne permet pas de déterminer la nature du défaut.

Ce procédé est utilisé de préférence pour contrôler les revêtements de surface (épaisseur de la couche).

7.1.3 Procédés acoustiques

Lorsque des pièces sont soumises à un essai non destructif par ondes sonores, la méthode généralement appliquée est celle de l'**essai par ultrasons**. Pour contrôler des pièces métalliques, on travaille principalement avec des fréquences comprises entre 0.5 et 10 MHz. Plus la fréquence est élevée, plus il est facile de concentrer le faisceau sonore et donc d'identifier des micro-défauts. La taille minimale théorique d'un défaut identifiable dépend de la fréquence et de la vitesse du son dans le matériau contrôlé.

On utilise le plus souvent le procédé par écho-impulsion. Dans le cadre de ce procédé, le son est réfléchi à l'interface de deux milieux, p. ex. métal-air. Il s'y produit en pratique une réflexion totale lorsque l'entrefer est supérieur à $10 \cdot 10^{-6}$ mm.

Pour permettre à l'impulsion sonore de passer du transducteur à la pièce, il faut un liquide de liaison entre le transducteur et la pièce (p. ex. de l'huile). L'impulsion d'émission et son écho sont reproduits sur l'écran sous la forme d'un réflectogramme.

Lorsqu'il s'agit de pièces sans défaut, on obtient uniquement un écho de fond ou un écho de forme qui dépend de la forme géométrique. Si une autre interface de séparation se trouve entre la surface et le fond, un écho intermédiaire ou un écho de défaut peut se former. Si l'interface de séparation est à peu près perpendiculaire au faisceau sonore, un écho de défaut net se forme. Le plus souvent cependant, le défaut ne peut être identifié qu'avec une atténuation ou la disparition de l'écho de fond.

L'utilisation de ce procédé et l'interprétation des réflectogrammes requièrent une certaine expérience même si la manipulation est facile. Les défauts vérifiables avec certitude sont nettement plus grands que la taille minimale identifiable avec la fréquence d'essai.

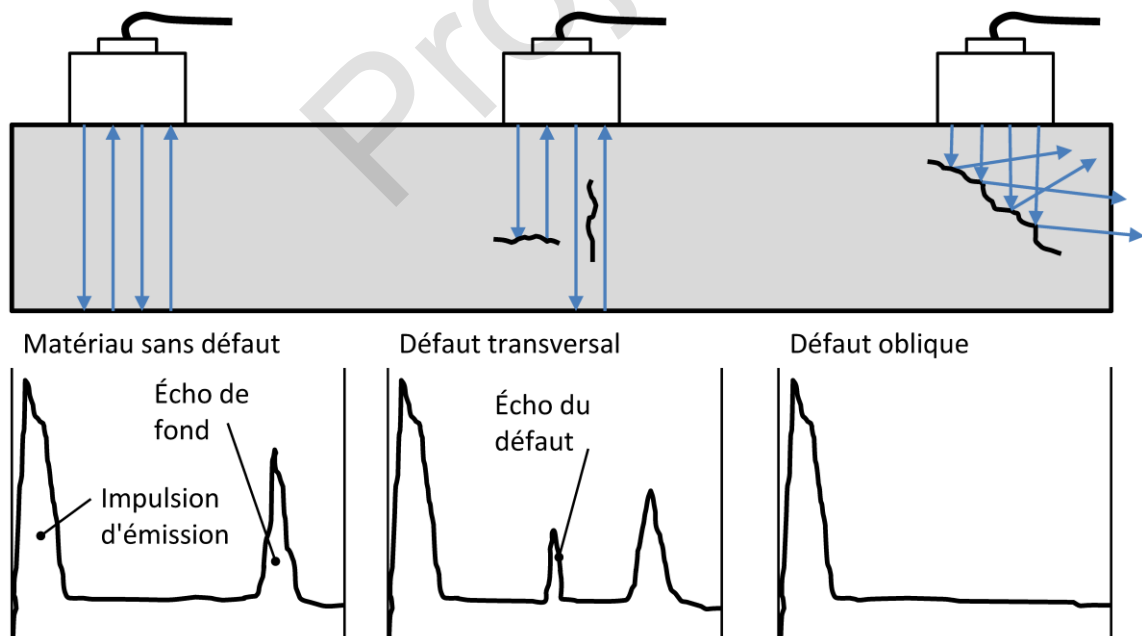


Figure 7-3: trajectoire du rayon et réflexion lors de l'essai par ultrasons

Ce procédé est utilisé de préférence pour contrôler les essieux-axes et les jantes.

7.1.4 Procédés par rayonnement

Les rayons électromagnétiques à ondes courtes (rayons X, rayons gamma) pénètrent également les pièces métalliques. Les rayons s'affaiblissent en fonction du matériau, de l'épaisseur de la pièce et de la longueur d'onde. Le rayonnement résiduel derrière la pièce est enregistré sur du matériel photo. Pour faciliter l'identification des défauts, il est important de coordonner l'intensité du rayonnement, la longueur d'onde, l'épaisseur de la pièce et le temps d'éclairage. De nombreuses règles de protection contre le rayonnement doivent être respectées lors de la réalisation des essais aux rayons X ou aux rayons gamma.

Ce type de contrôle n'est pas déterminant pour la maintenance des essieux.

7.1.5 Procédés d'essai appliqués aux essieux

On applique généralement les procédés d'essai suivants lorsqu'on souhaite soumettre des essieux et leurs pièces à un essai non destructif:

- UT: essais par ultrasons (UT = Ultrasonic Testing)

L'essai UT est un procédé d'essai volumétrique qui permet de connaître le volume entier de la matière de la pièce contrôlée.

- MT: contrôle magnétoscopique (MT = Magnetic Testing)
- PT: essai par ressuage (PT = Penetration Testing)
- VT: contrôle visuel (VT = Visual Testing)
- ET: contrôle utilisant les courants de Foucault (ET = Eddy current-Testing)

Les quatre procédés d'essai susmentionnés permettent d'identifier uniquement les défauts à la surface de la pièce et, sous conditions, des défauts directement sous la surface de la pièce.

7.1.6 Exigences relatives au personnel en charge des essais

Le personnel en charge des essais non destructifs doit posséder une qualification de niveau 1 valable et spécifique à ce procédé, conformément à la norme SN EN ISO 9712. Le domaine des essieux-axes et des roues monoblocs étant un domaine d'activité très spécial, en particulier pour les essais par ultrasons, le personnel qui réalise les essais non destructifs doit recevoir une formation spécifique aux techniques ferroviaires afin d'acquérir les connaissances spécialisées nécessaires.

L'élaboration des instructions d'essai et l'évaluation des cas particuliers doivent être confiées à du personnel de niveau 2, conformément à la norme SN EN ISO 9712. La supervision des essais et la validation des instructions d'essai relèvent quant à elles des compétences du personnel de niveau 3, conformément à la norme SN EN ISO 9712. Les tâches incombant au personnel des niveaux 2 et 3 peuvent aussi être confiées à des partenaires externes.

Les essais non destructifs incluent également un contrôle purement visuel de l'essieu monté dans le cadre de la maintenance préventive sur le véhicule (correspond au contrôle C1 selon le chapitre 8). Le personnel doit y être formé, mais pas qualifié au sens de la norme SN EN ISO 9712. Les résultats obtenus lors du contrôle C1 doivent être évalués par un spécialiste des contrôles visuels de niveau 1.

7.2 Intervalles des essais non destructifs

Un essai non destructif (contrôle des fissures) doit être réalisé sur les composants de l'essieu démonté («maintenance lourde») lors de la remise à neuf de l'essieu. L'ensemble des essieux-axes (axes creux et axes pleins) doit être contrôlé avant le montage des nouvelles roues monoblocs et des nouveaux bandages en utilisant des instruments et des procédés adaptés (cf. aussi la section 7.3). Un contrôle des jantes est obligatoire sur les essieux uniquement soumis à un reprofilage lors de la maintenance lourde. Les intervalles de révision des véhicules doivent être coordonnés avec ces exigences si le fabricant ou les autorités prescrivent un intervalle de contrôle pour un modèle d'essieu en particulier.

Il est également possible de réaliser un contrôle dans le cadre de la maintenance légère afin de respecter les intervalles de contrôle définis (contrôle des essieux lorsqu'ils sont montés). C'est plus particulièrement utile pour les axes creux dont l'accès pour l'essai par ultrasons est très facile en démontant le couvercle de la boîte d'essieu. Les axes pleins peuvent néanmoins être eux aussi vérifiés dans des zones critiques lorsque l'essieu est monté. Pour les véhicules très sollicités ou les véhicules circulant à grande vitesse, il est également recommandé de contrôler les jantes après le reprofilage des essieux et que ce contrôle soit réalisé essieux montés.

Les situations motivant un essai non destructif à l'occasion de la maintenance légère sont les suivantes:

- prescriptions du fabricant, des autorités supérieures ou de l'ECM 2 (intervalles de contrôle prédéfinis plus courts que les intervalles de la maintenance lourde)
- cas particuliers (utilisation d'aciers fortement alliés, matériaux spéciaux, événements spéciaux, changement des conditions d'utilisation, etc.)
- exigences résultant de l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation

Les intervalles de contrôle doivent être déterminés sur la base des principes suivants:

- prescriptions du fabricant, des autorités supérieures ou de l'ECM 2
- expérience acquise dans le cadre de l'exploitation (après quelle durée d'utilisation a-t-on constaté l'apparition de fissures, quelle était la profondeur de ces fissures?)
- limite de détection du procédé d'essai servant de base pour la vérification de la durée de vie selon les principes mécaniques de rupture, en y intégrant un collectif de charges réel mesuré

Pour les essieux des wagons de marchandises, on applique les prescriptions figurant au chapitre 10.

7.3 Marche à suivre et activités

Contrôle des fissures sur les axes creux, essieux démontés

À titre de préparation et selon le type d'essai non destructif réalisé, la peinture doit être enlevée aux endroits qui seront contrôlés (se reporter aux sections 12.1.1 et 12.1.2 concernant les méthodes de nettoyage et les standards de nettoyage en vigueur).

- Tous les axes creux sont contrôlés en réalisant des essais UT et/ou MT.
- L'essai est réalisé sur toute la longueur de l'axe creux.

Contrôle des fissures sur les axes pleins, essieux démontés

À titre de préparation et selon le type d'essai non destructif réalisé, la peinture doit être enlevée aux endroits qui seront contrôlés (se reporter aux sections 12.1.1 et 12.1.2 concernant les méthodes de nettoyage et les standards de nettoyage en vigueur).

- Contrôle de l'axe plein, essieu entièrement démonté, de préférence en appliquant un procédé MT sur toute la zone
- Roue et disque de frein montés/démontés:
selon l'équipement de mesure et l'expérience de l'unité qui réalise la maintenance, UT ou MT ou une combinaison des deux

Contrôle des fissures sur les axes creux, essieux montés

- Contrôler les essieux par procédé UT selon les intervalles de contrôle exigés.

L'essai est réalisé sur toute la longueur de l'axe creux.

Contrôle des fissures sur les axes pleins, essieux montés

À titre de préparation et selon le type d'essai non destructif réalisé, la peinture doit être enlevée aux endroits qui seront contrôlés (se reporter aux sections 12.1.1 et 12.1.2 concernant les méthodes de nettoyage et les standards de nettoyage en vigueur).

- Contrôle de l'axe plein par procédé UT sur une partie de la zone, selon les intervalles de contrôle exigés

Contrôle des fissures sur le corps de roue

Essai UT sur la table de roulement après un reprofilage, essieu monté, dans le cadre d'une révision ou lorsqu'il est prévu de monter l'essieu sur un véhicule révisé, conformément à l'état actuel de la technique. Si l'essieu est traité avec un tour en fosse et s'il est reprofilé au cours d'un intervalle de révision du véhicule, il est recommandé de réaliser un essai UT sur la table de roulement.

Des zones définies du voile de roue (âme) doivent être soumises à un essai MT ou UT selon l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation.

Contrôle des fissures sur la couronne d'entraînement

- Contrôle des zones définies de la couronne d'entraînement si nécessaire

Contrôle des fissures sur les disques de frein

- Contrôle des disques de frein par contrôle visuel uniquement (indications selon le fabricant)

Contrôle de la peinture/protection anticorrosion

- Contrôle visuel des éventuels dommages, chutes de pierres, entailles, etc.

Les essieux des wagons de marchandises sont soumis aux prescriptions du chapitre 10 (IS 0 à IS 3).

7.4 Essai UT

L'essai UT requiert un **ajustement de la sensibilité de contrôle** du système d'essai utilisé pour chaque type de pièce et chaque taille. La sensibilité doit être ajustée avant chaque tour de travail ou chaque contrôle de pièces. Les instruments suivants peuvent être utilisés pour procéder à l'ajustement:

- **un étalon** (de la même forme que la pièce contrôlée) **avec des coups de scie** (modèles de défaut) dans les différentes zones contrôlées. Les coups de scie simulent des fissures et doivent être placés à une profondeur permettant au système d'essai de les identifier à peine. La sensibilité de contrôle qui en résulte représente la limite de détection du système d'essai.
- **des indications géométriques des corps de référence** dont la différence avec les diverses zones et les divers modèles de défaut de la pièce contrôlée est connue.
- **des indications géométriques des pièces contrôlées** dont la géométrie est connue. La sensibilité dans les différentes zones contrôlées est définie comme la différence avec l'indication géométrique correspondante.

Des critères d'acceptation doivent être définis pour évaluer les indications d'un essai de pièce. Ces derniers précisent quelles indications sont autorisées ou pas pour la sensibilité ajustée.

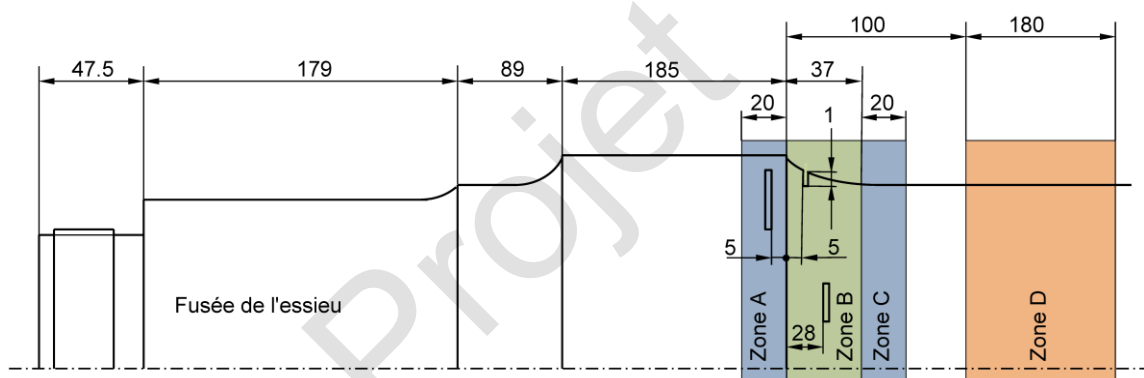
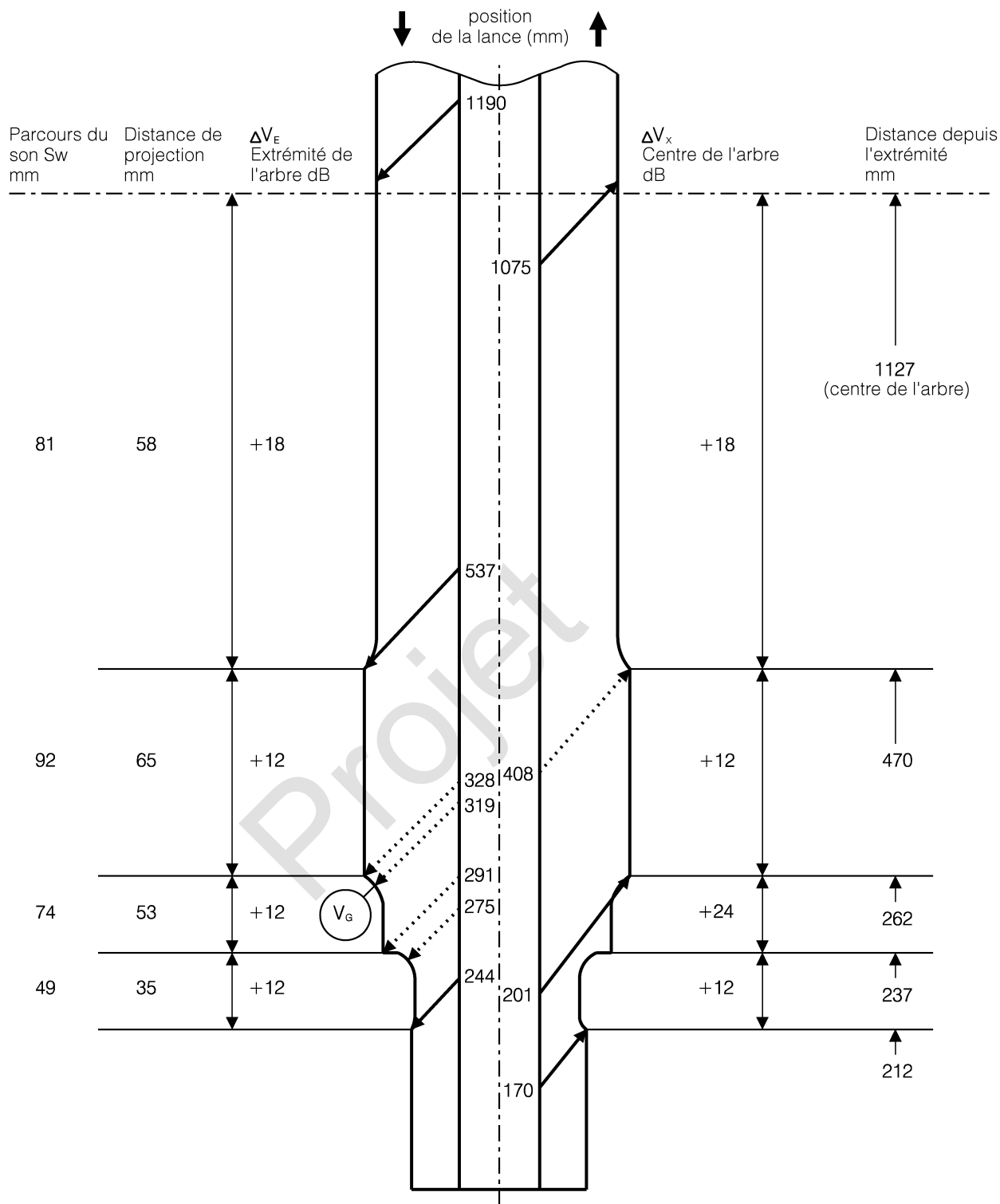


Figure 7-4: croquis d'un essieu-axe avec des zones de contrôle définies A à D et modèles de défaut, exemple d'un essai UT manuel simple



V_G = Réflecteur d'ajustement pour l'amplification de base ➔ Echo de forme attendu

ΔV = Amplification supplémentaire pour l'ajustement de la sensibilité

➔ Pas d'écho de forme attendu

Figure 7-5: croquis du contrôle d'un axe creux; l'axe entier est contrôlé. Exemple d'essai complexe (manuel ou automatisé). L'écho de forme en position V_G sert d'indication pour l'ajustement de la sensibilité. La valeur ΔV sert pour l'évaluation de l'indication dans la zone correspondante.

Les équipements d'essai utilisés peuvent être des traducteurs à ultrasons courants fonctionnant sous des fréquences comprises entre 1 et 5 MHz. Il est possible d'utiliser des traducteurs à un ou plusieurs transducteurs. Un modèle de traducteur spécial, nommé traducteur d'axe creux, a été conçu pour contrôler les axes creux. Ce dernier est monté sur une lance qui permet de déplacer et de positionner le traducteur dans l'alésage de l'axe creux.

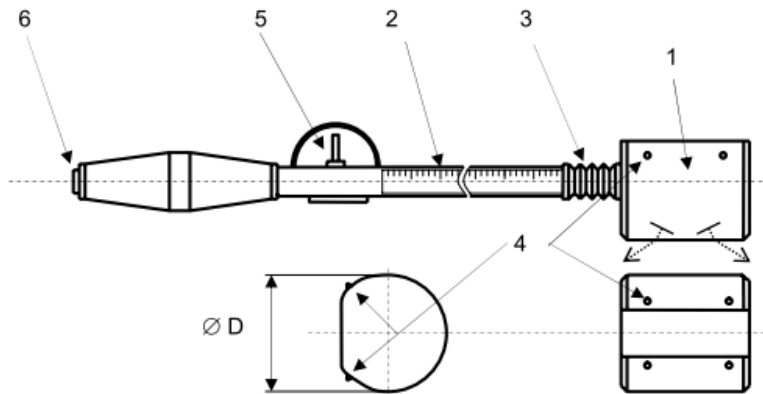


Figure 7-6: croquis d'une lance d'essai pour axes creux

Légende de la Figure 7-6:

- 1 Support pour deux traducteurs d'angle
- 2 Lance avec une graduation pour chaque traducteur
- 3 Raccord mobile entre la lance et le support à traducteurs
- 4 Pièce d'appui dans le support à traducteurs pour le contact
- 5 Sélecteur pour la sélection des traducteurs
- 6 Prise monocanal pour le raccordement de l'équipement d'essai

Il est possible de suivre les standards de l'industrie lorsqu'il s'agit d'essais manuels simples. Pour les essais complexes en revanche, des appareils spécifiques ont été développés:

- systèmes d'essai automatisés pour axes creux
- systèmes d'essai des jantes pour une utilisation en fosse ou au-dessus du sol

Ces systèmes garantissent une plus grande fiabilité et une meilleure reproductibilité de l'essai, ainsi qu'une meilleure documentation des résultats de l'essai dans la plupart des cas.



Figure 7-7: système d'essai automatisé pour axes creux: à droite le corps de référence (en bleu) avec des modèles de défaut pour l'ajustement du système, à gauche l'unité d'avance du support des transducteurs



Figure 7-8: support des transducteurs d'un système d'essai pour axes creux



Figure 7-9: système d'essai mobile pour axes creux



Figure 7-10: système d'essai automatisé pour axes pleins



Figure 7-11: système d'essai automatisé pour jantes



Figure 7 -12: support à transducteurs d'un système d'essai automatisé pour jantes

7.5 Essai MT

Il est possible d'appliquer les standards de l'industrie et les normes en vigueur pour la réalisation des essais sur des pièces spécifiques au chemin de fer et aux essieux (p. ex. selon la série de normes SN EN ISO 9934 ou SN EN 1369). Le matériel d'essai (p. ex. aimant en fer à cheval ou banc d'essai), les produits indicateurs (produits fluorescents ou produits d'utilisation de la lumière du jour) et les outils d'aide sont très similaires à ceux qui sont employés pour d'autres applications industrielles.

Une taille d'indication admissible doit être définie pour les échantillons. Les catégories de taille des indications s'appuient sur les standards courants de l'industrie pour les essais MT. Dans le domaine des essieux, on ne tolère généralement que de très petites indications, en particulier dans les zones extrêmement sollicitées comme les transitions de rayon (p. ex. longueur d'indication < 1.5 ou 0.3 mm selon la catégorie définie dans la norme).

Il est important de tenir compte des exigences environnementales lors de la réalisation des essais MT (conditions d'éclairage). Elles sont rarement satisfaites dans les ateliers des chemins de fer, ce qui exige l'utilisation de moyens d'obscurcissement pour évaluer correctement les indications.

7.6 Essai ET

Ce procédé d'essai peut être utilisé en complément à l'essai UT pour contrôler la table de roulement au niveau des jantes dans le cadre de méthodes d'essai automatisées ou semi-automatisées.

8 Planification de la maintenance et intervalles de maintenance

8.1 Nomenclature des intervalles de maintenance

En principe, les activités de maintenance sont sensiblement les mêmes pour tous les essieux. Du fait de l'utilisation différente des véhicules, un système spécifique a été développé pour les wagons de marchandises et les wagons de service car la planification ne prévoit pas d'amener les essieux de ces véhicules à intervalles réduits dans les ateliers du détenteur de véhicules. Les différences de cette nomenclature sont représentées dans la Figure 8-1 suivante.

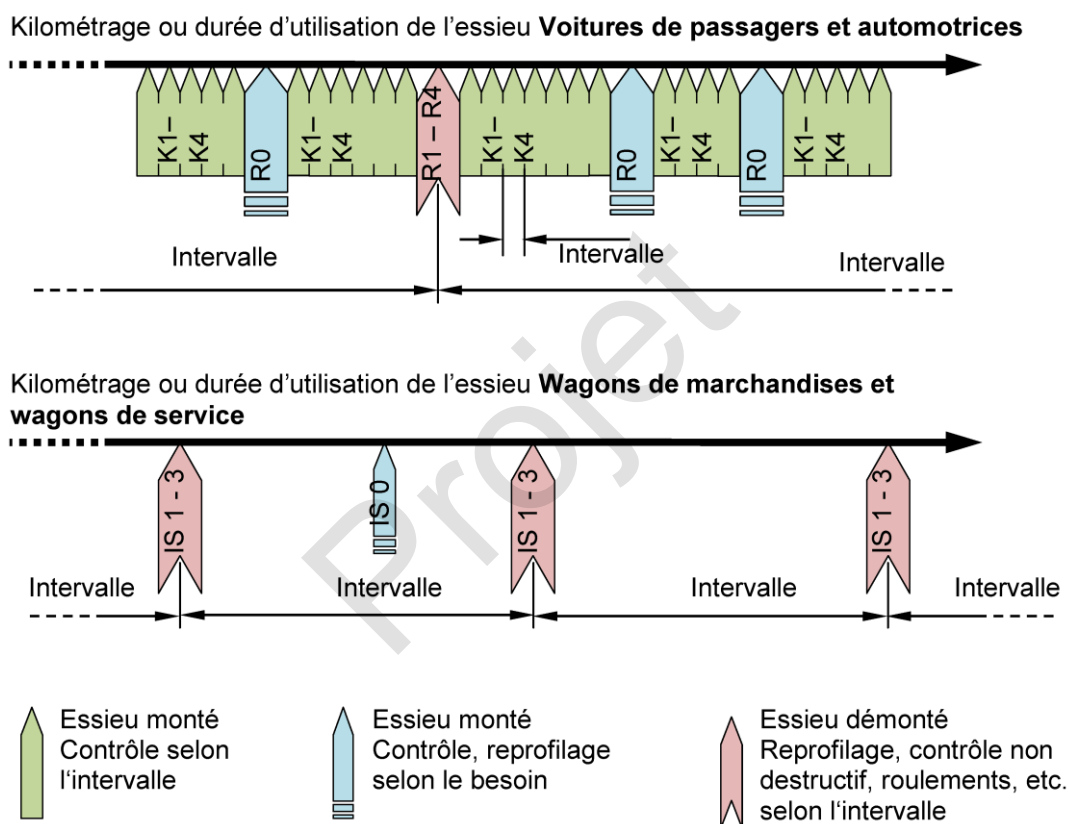


Figure 8-1: différences de la nomenclature de la maintenance entre les essieux de voitures/locomotives et les essieux de wagons de marchandises

Il est important de noter que certaines catégories de maintenance ne peuvent pas être planifiées à l'avance car les opérations de maintenance en question doivent être réalisées sur la base des constatations effectuées. Cette flexibilité est nécessaire et doit être prise en compte lors de la planification.

Le contenu de la maintenance peut aussi varier selon qu'il s'agit d'essieux de voitures/locomotives ou d'essieux de wagons de marchandises/de service.

Principe

Des travaux de maintenance doivent être mis en œuvre afin de s'assurer que l'essieu est conforme à toutes les exigences de sécurité jusqu'à la prochaine maintenance prévue. Idéalement, les exigences de fiabilité, de disponibilité et de rentabilité seront également satisfaites, la priorité étant systématiquement donnée aux aspects de sécurité.

8.2 Intervalles de maintenance des essieux de voitures et de véhicules moteurs

La maintenance des essieux doit s'appuyer sur les recommandations générales des DE-OCF. Dans l'art. 13 (5.1 et 5.2), on distingue:

- les contrôles (inspection) (C1-C4) et
- les révisions (remise en état) (R0-R4).

Les intervalles des contrôles (inspection) et des révisions (remise en état) dépendent en partie du type de véhicule (groupes de véhicules définis selon les DE-OCF, ad art. 13, DE 13.3, ch. 5.1 et 5.2). Le détenteur des véhicules est néanmoins libre d'introduire d'autres contrôles et d'autres intervalles.

8.2.1 Niveaux de contrôle (inspection)

Les contrôles incluent des contrôles visuels et fonctionnels réalisés dans le cadre de la maintenance préventive. Sur les essieux, ces contrôles comprennent des activités visuelles et géométriques (en mesurant les données nécessaires). Le contenu des opérations à réaliser et les intervalles sont décrits ci-après.

8.2.1.1 Niveau de contrôle C1 en fonction du temps et du kilométrage

Les intervalles des opérations de contrôle de niveau C1 sont définis par le détenteur des véhicules. Pour cet intervalle, il est recommandé d'appliquer un intervalle d'env. 7 à 30 jours ou d'env. 5'000 à 20'000 km.

Les activités à réaliser sont les suivantes:

- contrôle visuel de l'état du profil de roue
- contrôle du diamètre de la roue par un contrôle visuel de la rainure d'usure
- contrôle géométrique avec des calibres en cas de doute après le contrôle visuel du profil de roue (q_R , usure concave, écrasement, etc.)
- contrôle visuel de la table de roulement pour identifier d'éventuels méplats, excoirations, etc.
- contrôle visuel de l'essieu-axe afin d'identifier d'éventuels dommages
- contrôle visuel du corps de la boîte d'essieu afin d'identifier d'éventuels dommages thermiques et mécaniques ou un débordement de graisse
- contrôle visuel de l'agrafe de bandage sur les essieux bandagés
- vérification des avis d'exploitation sur le roulement du véhicule (p. ex. contrôle de concentricité en cas de bruit au roulement, roulement instable)

8.2.1.2 Niveaux de contrôle C2/C3/C4 en fonction du temps et du kilométrage

Les intervalles des opérations de contrôle de niveau C2, C3 et C4 sont définis par le détenteur des véhicules. L'intervalle doit être compris entre 90 et 180 jours ou env. 20'000 et 150'000 km.

Les activités à réaliser sont les suivantes:

- tous les travaux prévus pour les contrôles de niveau C1
- contrôle géométrique et consignation des dimensions du profil de roue au moyen de dispositifs de mesure (S_d , S_h , q_R , S_R , A_R , B_R , usure concave, écrasement)
- selon l'évolution de l'usure et l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation, il est possible de vérifier certaines cotes moins souvent

La mesure du battement radial et du battement latéral à des intervalles plus courts que R0 ne s'est faite que dans des cas exceptionnels jusqu'à présent en Suisse, à la demande de l'exploitant des véhicules.

8.2.2 Niveaux de révision (remise en état)

Les révisions incluent tous les travaux nécessaires au rétablissement de l'état théorique dans le cadre de la maintenance corrective. Les niveaux de révision sont généralement désignés R0, R1, R2, R3 et R4. Si des dommages sont constatés lors de la réalisation de travaux de révision, l'essieu doit passer au niveau de révision immédiatement supérieur. Le contenu des travaux et les intervalles sont définis aux sections 8.2.2.1 et 8.2.2.2 suivantes.

8.2.2.1 R0 si nécessaire

En règle générale, il est impossible de planifier une révision R0 à long terme car, en dehors du reprofilage préventif, les critères déclencheurs sont influencés par diverses conditions d'usure. Les travaux de révision R0 sont généralement planifiés une à quatre semaines à l'avance.

Les travaux R0 réalisés sur l'essieu sont les suivants:

- reprofilage complet ou partiel du profil de roue (reprise)
- contrôle du battement radial et du battement latéral des roues

Lors de la révision R0, il convient de consigner clairement les cotes du profil de roue et le diamètre de roue avant et après le traitement. Un profil de roue tourné doit être clairement indiqué sur le procès-verbal.

8.2.2.2 R1/R2/R3/R4 en fonction du temps et du kilométrage

Les intervalles des opérations de révision de niveau R1 à R4 sont définis par le détenteur des véhicules (recommandation: env. 4 à 10 ans et kilométrage selon les indications du fabricant ou l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation). Les opérations correspondant à ces niveaux de révision sont généralement réalisées lorsque:

- le kilométrage prédéfini ou le temps d'utilisation est atteint
- la boîte d'essieu a atteint le kilométrage prédéfini
- l'essieu doit recevoir une nouvelle roue ou un nouveau bandage
- des pièces comme la boîte de transmission doivent être révisées
- l'essieu a subi des dommages (boîte chaude, déplacement du bandage, déraillement, etc.)

Les travaux R1 à R4 sont toujours réalisés sur l'essieu démonté.

Les travaux suivants doivent être réalisés en fonction du kilométrage et de l'état de l'essieu:

- essai non destructif sur l'essieu-axe et la jante des roues monoblocs (UT, MT)
- contrôle visuel de l'essieu-axe afin d'identifier d'éventuels dommages
- contrôle visuel du corps de la boîte d'essieu et des guidages
- contrôle du battement radial et du battement latéral sur les essieux-axes et les roues
- révision ou contrôle des boîtes d'essieu (attention à l'état de la graisse et à l'âge)
- reprofilage complet du profil de roue (reprise)
- remplacement de la roue monobloc ou du bandage si nécessaire
- révision ou contrôle des unités de traction
- contrôle géométrique de toutes les pièces à nu de la boîte d'essieu
- contrôle, peinture ou réparation du revêtement de la boîte d'essieu

Les travaux doivent être réalisés comme indiqué au chapitre 9.

Parallèlement à la description du contenu des travaux, les activités et les intervalles de maintenance doivent être adaptés aux conditions d'utilisation concrètes, à l'usure, à l'état technique des véhicules et éventuellement à l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation. Cette responsabilité incombe au détenteur des véhicules.

8.3 Intervalles de maintenance pour les wagons de marchandises et les wagons de service

Les travaux de maintenance doivent être réalisés en s'appuyant sur les indications des DE-OCF, sur les normes SN EN et les directives UIC actuellement en vigueur et sur les prescriptions d'entretien du fournisseur. Les directives suivantes s'appliquent en l'absence de prescriptions du fournisseur.

La maintenance des essieux utilisés dans des wagons de marchandises dans le cadre d'une exploitation internationale (TEN/RIV) doit être réalisée selon les directives des STI, ERA/COTIF et VPI et du présent règlement RTE. Si des contradictions sont identifiées dans les travaux de maintenance ou les dimensions ou cotes limites à respecter, les directives internationales prévalent.

Outre la maintenance prévue aux intervalles prédéfinis selon les sections 8.3.1 et 8.3.2, des révisions non planifiées peuvent s'avérer nécessaires dans les situations suivantes (liste non exhaustive):

- dommages au niveau de la table de roulement
- cotes géométriques non conformes aux limites de tolérance prédéfinies
- surchauffe du voile de roue
- accident du véhicule sur lequel était monté l'essieu
- boîte chaude
- roulements défectueux (bruits lors de la rotation de l'essieu)
- débordement de graisse non autorisé sur le corps de la boîte d'essieu
- écrasement
- rubans ou marques de remise en état manquants
- pièces manquantes ou dommages sur la boîte d'essieu ou le corps de la boîte d'essieu
- temps de garage/stockage de l'essieu trop long
- essieux ayant trempé dans l'eau (p. ex. crue)

En règle générale, les essieux sont amenés démontés à l'atelier de maintenance en vue des travaux de maintenance. Une révision de niveau R0 (reprofilage sur le tour en fosse) n'est pas habituelle pour les wagons de marchandises et les wagons de service.

Le détenteur des véhicules doit joindre aux essieux une feuille de diagnostic ou un rapport d'état facile à associer à l'essieu correspondant. Y seront notés les incidents, les constatations, les dommages, etc., ou le niveau de maintenance planifié.

8.3.1 Intervalles pour les essieux de wagons de marchandises dans le cadre d'une exploitation internationale

Les intervalles de maintenance des essieux de wagons de marchandises (wagons TEN ou RIV) prévus pour une exploitation internationale doivent être définis sur la base des directives internationales STI, ERA/COTIF et VPI.

Dans le cadre de la planification de la maintenance, les essieux sont classés dans les groupes d'essieux suivants:

		Examen des roulements avec un essai non destructif selon	
Groupe	Kilométrage annuel	Kilométrage max.	Temps d'utilisation max. a)
Diamètre du cercle de mesure supérieur à 840 mm			
A	< 30'000 km/an	600'000 km	16 ans
B	≥ 30'000 à < 50'000 km/an		12 ans
C	≥ 50'000 à < 80'000 km/an		8 ans
Diamètre du cercle de mesure inférieur à 840 mm b)			
C	Ne dépend pas du kilométrage	600'000 km	8 ans

Tableau 8-1: intervalles pour les essieux de wagons de marchandises dans le cadre d'une exploitation internationale

- a) Le temps d'utilisation débute avec le montage sur le wagon. Si différents modèles d'essieux sont montés, le temps d'utilisation maximal est défini séparément (cf. à ce sujet VPI 04).
- b) Pour les modèles spéciaux, les indications du fabricant doivent être respectées (p. ex. essieux pour les wagons NT RoLa).

Une fois le kilométrage maximal atteint, et au plus tard une fois le temps d'utilisation maximal du groupe d'essieux correspondant dépassé, les essieux doivent être démontés et soumis à une maintenance.

8.3.2 Intervalles pour les essieux de wagons de marchandises et de wagons de service dans le cadre d'une exploitation en Suisse

Pour pouvoir déterminer les intervalles de maintenance des essieux de wagons de marchandises et de wagons de service circulant uniquement en Suisse, les essieux sont répartis dans les groupes d'essieux suivants en fonction de leur kilométrage:

		Examen des roulements avec un essai non destructif selon	
Groupe	Kilométrage annuel moyen ^{b)}	Kilométrage max.	Temps d'utilisation max. ^{a)}
D 1	≥ 2'000 km/an	Selon la section 8.2.1	Selon la section 8.2.1
D 2	< 2'000 km/an	40'000 km	20 ans ^{c)}

Tableau 8-2: intervalles pour les essieux de wagons de marchandises et de wagons de service dans le cadre d'une exploitation en Suisse

- a) Le temps d'utilisation débute avec le montage sur le wagon. Certains modèles spéciaux sont soumis à une réglementation spécifique.
- b) Aucune distinction n'est faite entre les différents diamètres de roue.
- c) Implique une maintenance IS 0 avec un contrôle de la boîte d'essieu, essieu monté, après un temps d'utilisation de 10 ans (délai de révision maximal selon les DE-OCF pour les véhicules).

Une fois le kilométrage maximal atteint, et au plus tard une fois le temps d'utilisation maximal du groupe d'essieux correspondant dépassé, les essieux doivent être démontés et soumis à une maintenance.

Groupe d'essieux D 1

Essieux des wagons de marchandises et des wagons de service circulant uniquement en Suisse et présentant un kilométrage de plus de 2'000 km/an. La maintenance de ces essieux doit être réalisée comme pour les wagons TEN/RIV selon les directives internationales STI, ERA/COTIF et VPI. Selon le kilométrage, ils sont classés dans le groupe d'essieux A à C du Tableau 8-1.

Groupe d'essieux D 2

Essieux des wagons de marchandises et des wagons de service circulant uniquement en Suisse et présentant un kilométrage de moins de 2'000 km/an. La maintenance des essieux de wagons de marchandises et de wagons de service de cette catégorie peut être réalisée selon les recommandations du présent règlement RTE (cf. Tableau 8-2). Il convient de s'assurer que l'essieu est soumis au moins à une maintenance de niveau IS 2 après un temps d'utilisation de 20 ans.

8.3.3 Différences d'intervalle entre l'exploitation internationale et l'exploitation en Suisse

Le complément apporté aux intervalles de la maintenance planifiable à l'international pour les essieux circulant en Suisse permet aux détenteurs suisses de véhicules à très faible kilométrage de réaliser une maintenance moins stricte que la maintenance prévue par les directives internationales. D'autres délais de révision sont définis afin de garantir la sécurité de l'exploitation.

Les facteurs déterminants à cet égard sont entre autres:

- une réduction de la sollicitation mécanique de l'essieu au cours de l'intervalle si le kilométrage est peu important
- une réduction de l'usure liée au kilométrage, en particulier l'usure de la table de roulement
- la prévention des perturbations de l'exploitation par des essieux endommagés susceptibles de causer un arrêt

Les intervalles à respecter sont représentés dans la figure suivante.

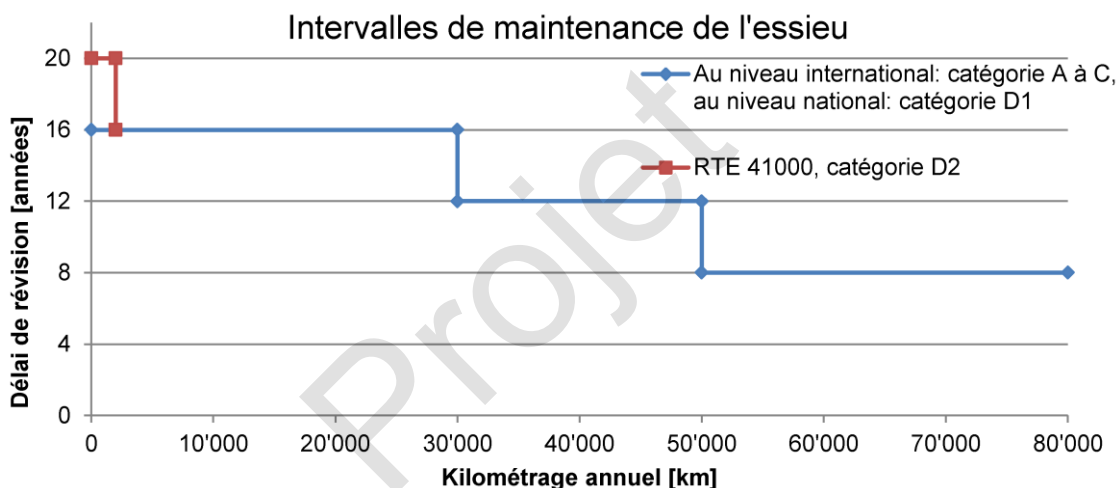


Figure 8 -2: intervalles de maintenance des différentes catégories d'essieux

8.3.4 Niveau de maintenance IS 0 (inspection)

Aucun niveau de contrôle régulier n'est prévu pour les essieux de wagons de marchandises et de wagons de service. La surveillance s'effectue ponctuellement en cours d'exploitation par des visiteurs et au moyen d'équipements de voie (p. ex. détecteurs de boîtes d'essieux chaudes), ou à l'occasion d'un arrêt du wagon dans un atelier pour diverses autres raisons.

Il est cependant recommandé de procéder à un contrôle visuel des essieux une fois par an ou tous les deux ans, en particulier sur les wagons de marchandises présentant un important kilométrage ou sur les wagons de service présentant très peu de kilométrage et donc un grand intervalle de révision. Les activités qui doivent être réalisées à cette occasion sont les suivantes:

- contrôle visuel et, le cas échéant, contrôle géométrique du profil de roue
- contrôle du diamètre de la roue par un contrôle visuel de la rainure d'usure
- contrôle visuel de la table de roulement
- contrôle visuel de l'essieu-axe afin d'identifier d'éventuels dommages
- contrôle visuel du corps de la boîte d'essieu afin d'identifier d'éventuels dommages thermiques et mécaniques ou un débordement de graisse
- contrôle visuel de l'agrafe de bandage sur les essieux bandagés

Sur les essieux des catégories A à C, on observera également les points supplémentaires suivants:

- contrôle visuel du ruban ou du marquage de remise en état de l'essieu
- mesure de l'écartement extérieur des boudins S_R , de l'écartement des faces internes de l'essieu A_R , de la hauteur du boudin Sh , de l'épaisseur du boudin Sd et de la cote q_R

Ces contrôles doivent également être réalisés à l'entrée d'un wagon dans un atelier. Le fabricant des essieux ou le détenteur peut définir des travaux supplémentaires.

Tout défaut constaté doit être corrigé. S'il est impossible de corriger les défauts lorsque l'essieu est monté, il convient de démonter l'essieu afin de procéder à sa remise en état.

8.3.5 Niveau de maintenance IS 1

Usinage du profil, essieu démonté, avec un contrôle de la boîte d'essieu et un essai non destructif sur la table de roulement, ainsi qu'une mesure de la contrainte résiduelle par ultrasons sur les jantes des roues monoblocs.

Les différents travaux sont présentés à la section 10.3.

8.3.6 Niveau de maintenance IS 2

IS 1 avec un examen des roulements et un essai non destructif approfondi.

Les différents travaux sont présentés à la section 10.4.

8.3.7 Niveau de maintenance IS 3

Changement des axes, changement des disques avec le niveau de maintenance IS 2, le cas échéant sans reprofilage, examen des essieux et essai non destructif approfondi.

Les différents travaux sont présentés à la section 10.5.

8.3.8 Niveau de maintenance IL

Le niveau de maintenance IL porte sur l'examen de la boîte d'essieu. Il est généralement réalisé indépendamment et uniquement en cas de suspicion de dommages sur les roulements. Autrement, une maintenance de niveau IL est réalisée en combinaison avec une maintenance de niveau IS 2 ou IS 3.

Globalement, les travaux prévus dans le cadre d'une maintenance IL sont les suivants:

- démontage du corps de la boîte d'essieu et de la boîte de l'essieu
- nettoyage, désassemblage et contrôle de la boîte d'essieu
- selon le résultat du contrôle, remise en état de la boîte d'essieu ou mise au rebut, graissage
- contrôle du corps de la boîte d'essieu, correction des défauts
- montage de la boîte d'essieu et du corps de la boîte d'essieu
- documentation des travaux réalisés

Sur les essieux des catégories A à C, on observera également les points supplémentaires suivants:

- compléter le marquage sur le ruban ou la marque de remise en état sur l'essieu
- compléter la documentation en fonction des directives du détenteur des véhicules (fiche de remise en état des essieux)

8.4 Caractéristiques d'usure sur les essieux

Pour planifier la maintenance, il peut être utile d'avoir des informations sur l'usure des essieux. Le kilométrage prévu est particulièrement important dans ce contexte pour pouvoir déterminer la prochaine échéance pour le traitement de l'essieu. Les cotes utiles sont le diamètre de roue, les cotes de profil S_d , S_h et q_R , l'usure concave h et l'écrasement a .

Lors de l'évaluation, il est important d'étudier un nombre d'essieux suffisant pour constituer une base de données solide. À noter également que l'utilisation des véhicules ou la rotation des véhicules peut considérablement influencer l'usure.

Avant de calculer les caractéristiques d'usure, il est donc important de définir avec précision quels essieux parmi ceux d'une flotte doivent être intégrés à l'évaluation.

8.4.1 Caractéristiques d'usure du diamètre de la roue

Il existe deux approches concernant l'usure du diamètre de roue:

- l'usure purement liée au kilométrage, qui porte uniquement sur le kilométrage
- l'usure totale, qui porte sur le kilométrage et inclut la perte de matériau causée par les reprofilages

L'usure liée au kilométrage est relativement probante et intéressante pour l'exploitation. Ces valeurs peuvent être calculées avec une précision relativement assez élevée.

L'usure totale individuelle d'un essieu peut considérablement varier d'un essieu à l'autre au sein de la flotte car le nombre de reprofilages et leur profondeur de passe peuvent être différents en fonction de l'aspect et de la raison pour laquelle le reprofilage a été réalisé.

8.4.1.1 Usure liée au kilométrage

L'usure liée au kilométrage est calculée comme la différence entre le diamètre de la roue après l'usinage du profil et le diamètre de la roue avant le prochain traitement et le kilométrage parcouru entre-temps. Cela inclut toutes les usures résultant uniquement du contact entre la roue et le rail.

Ce facteur d'usure permet de prédire avec une relative précision le moment où une roue atteindra une certaine valeur de diamètre. C'est particulièrement utile pour déterminer le kilométrage restant des essieux dont le diamètre de roue est proche de la cote limite de service.

Pour obtenir un facteur d'usure probant, il est recommandé d'intégrer à l'évaluation un nombre suffisamment important d'essieux présentant des valeurs exploitables. La nature de l'évaluation n'est pas davantage détaillée. La figure suivante représente une évaluation graphique. Des outils statistiques doivent être utilisés pour plus de précisions.

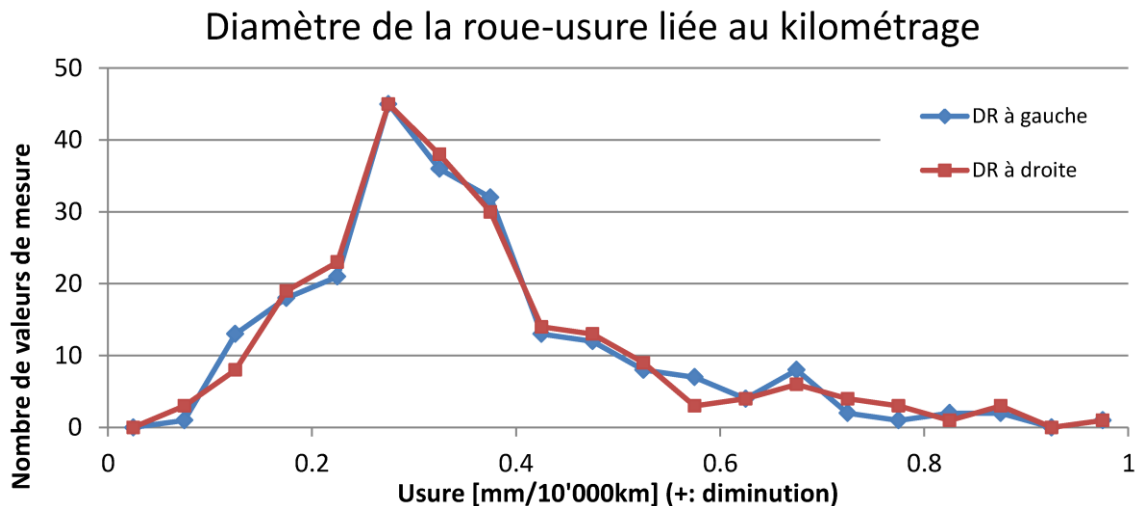


Figure 8 -3: usure du diamètre de la roue d'une flotte liée au kilométrage

Une valeur correspondant à la flotte est utilisée pour calculer le kilométrage restant. Cette valeur doit être choisie de manière à éviter que ces calculs entraînent l'utilisation d'essieux sous-dimensionnés. La formule utilisée pour le calcul est la suivante:

$$K_{\text{Rest}} = \frac{D_{\text{réel}} - D_{\text{lite}}}{f_{\text{km}}}$$

Formule 8-1: calcul du kilométrage résiduel

où:

K_{rest} : kilométrage résiduel

$D_{\text{réel}}$: diamètre réel de la roue

D_{limite} : diamètre de la roue en tant que cote limite de service

f_{km} : facteur d'usure liée au kilométrage

Si l'on suppose p. ex. une usure liée au kilométrage d'une valeur de 0.7 mm par 10'000 km, on peut calculer qu'un essieu dont le diamètre mesuré est de 861.5 mm peut rester en exploitation env. 20'000 km avant d'atteindre sa cote limite de service de 860 mm.

8.4.1.2 Usure totale

L'usure totale du diamètre de la roue inclut non seulement l'usure liée au kilométrage, mais aussi la perte de matériau causée par les travaux de reprofilage. La perte de matériau lors du reprofilage n'étant pas uniquement influencée par l'usure du profil de roue, mais aussi par d'autres facteurs difficilement quantifiables, cette valeur n'est pas très probante. Cela concerne p. ex. les reprofilages requis par des méplats, une excoriation ou la formation de polygones.

Pour évaluer l'usure totale, il est donc important de tenir compte de la raison précise du reprofilage et, le cas échéant, de procéder à l'évaluation en utilisant uniquement des essieux dont le reprofilage n'est pas concerné par les facteurs perturbants susmentionnés.

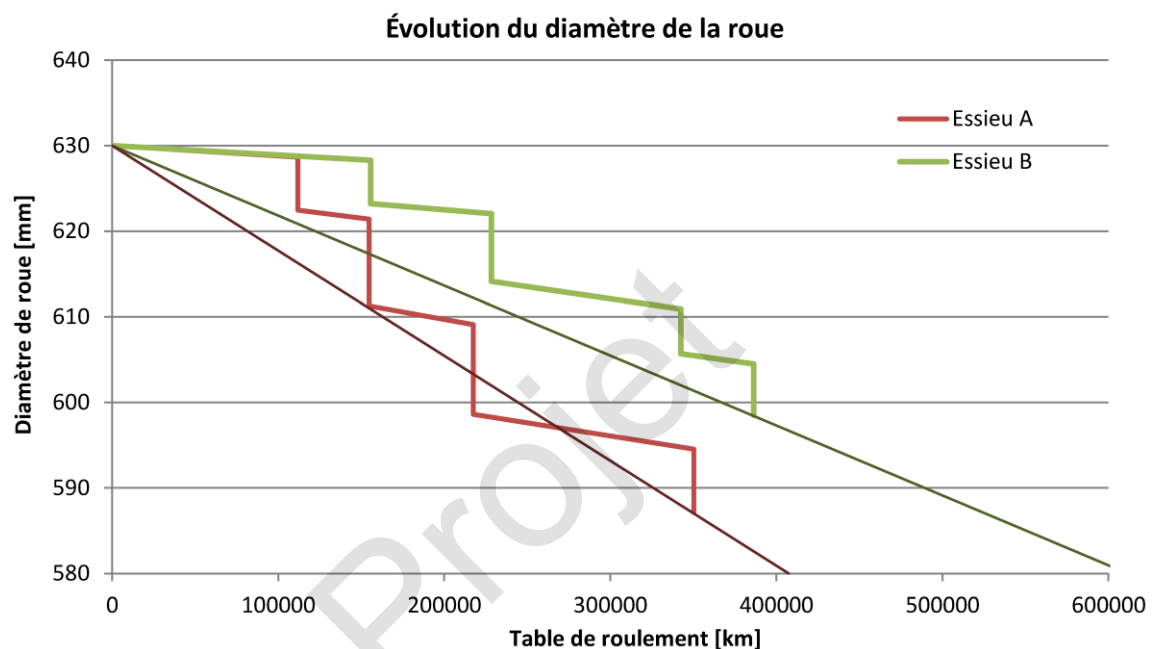


Figure 8 -4: usure totale du diamètre de roue de deux essieux

Dans la figure ci-dessus, basée sur des valeurs réelles, l'ampleur de la dispersion de l'usure totale de chaque essieu est clairement visible. Lorsque de tels écarts sont constatés au sein d'une flotte, il est nécessaire de réaliser une analyse sensible de la flotte avec une évaluation au cas par cas.

8.4.2 Caractéristiques d'usure du profil de roue

Les caractéristiques d'usure du profil de roue sont déterminées et calculées comme indiqué à la section 8.4.1.1. Étant donné que les cotes du profil de roue sont rétablies à chaque reprofilage, il n'est pas utile de considérer le kilométrage total de la roue. Le kilométrage résiduel prévu est également calculé comme indiqué à la section 8.4.1.1.

Il convient également de noter que les caractéristiques d'usure peuvent aussi être négatives pour certaines cotes, en particulier pour S_d et q_R . Si le facteur d'usure de l'épaisseur du boudin est négatif, il gagne en épaisseur au cours de l'exploitation.

Là encore, il est difficile de calculer le facteur d'usure exact. C'est ce que montre le graphique suivant. Sur toute la flotte évaluée, l'épaisseur du boudin peut augmenter d'env. 0.5 mm ou diminuer de 0.8 mm. L'épaisseur du boudin augmente légèrement pour une grande partie de la flotte.

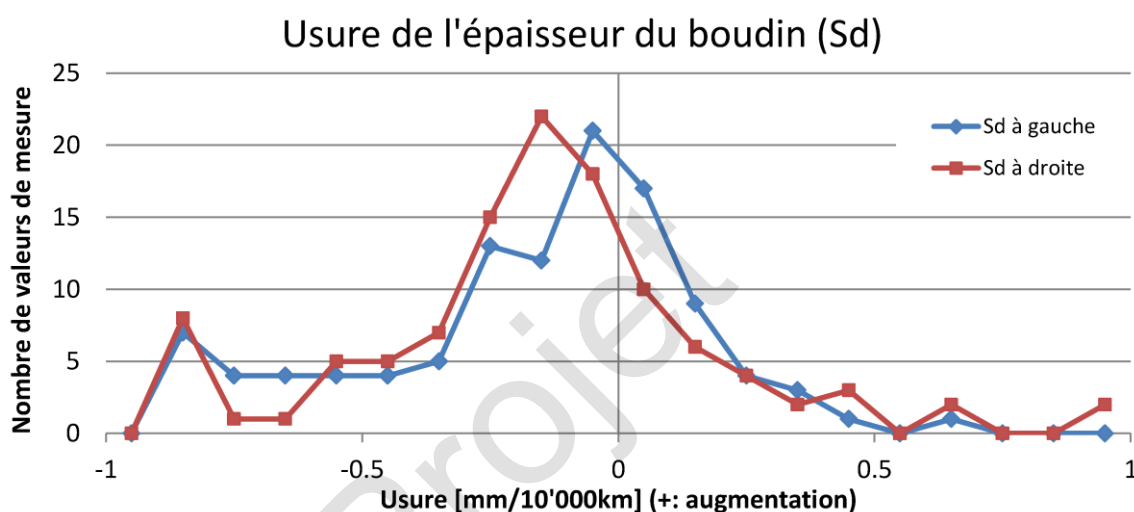


Figure 8 -5: usure du boudin dans une flotte

Face à une telle dispersion des valeurs d'usure, il est recommandé d'examiner plus en détail la base de données et d'opérer des distinctions, p. ex. une distinction par rotation de véhicule ou par emplacement de montage des essieux.

Là encore, il convient d'utiliser des méthodes statistiques pour déterminer avec précision les caractéristiques d'usure.

9 Maintenance des essieux de locomotives et de véhicules de transport de voyageurs

Les travaux de maintenance doivent être réalisés en s'appuyant sur les indications des DE-OCF, sur les normes SN EN et les directives UIC actuellement en vigueur et sur les prescriptions d'entretien du fournisseur. Les directives suivantes s'appliquent en l'absence de prescriptions du fournisseur.

Les prescriptions légales, les normes et les directives accordent souvent une marge d'appréciation pour certains types d'essieux. Dans ce cas, le détenteur des véhicules est tenu de définir la teneur des travaux, les valeurs limites et les procédés applicables au type d'essieu dans des documents de référence spécifiques (règles techniques). Il s'agit du principe de l'ECM. Ces documents de référence doivent être mis à la disposition des ateliers de maintenance. Concernant les procédés techniques applicables, il est important de noter l'interdiction du soudage sur les essieux-axes, les roues monoblocs et les bandages.

La maintenance des essieux utilisés dans des locomotives et des véhicules de transport de voyageurs (rames automotrices, voitures/voitures RIC) circulant en-dehors de la Suisse est soumise non seulement au présent règlement RTE, mais aussi aux prescriptions internationales, et aux conditions d'homologation spécifiques aux pays parcourus et aux véhicules. Si des contradictions sont identifiées dans les travaux de maintenance ou les dimensions ou cotes limites à respecter, les directives internationales prévalent.

9.1 Exigences relatives aux ateliers de maintenance

Les ateliers de maintenance qui réalisent des travaux sur les essieux doivent être autorisés par le détenteur des véhicules. Afin d'obtenir l'autorisation du détenteur des véhicules, l'atelier doit pouvoir faire la démonstration des compétences spécifiques nécessaires et posséder des équipements adaptés et modernes. Les collaborateurs de l'atelier doivent également justifier d'une pratique régulière et de connaissances et de formations spécialisées (p. ex. concernant les essais non destructifs). Ces règles s'alignent sur le principe de l'ECM pour les wagons de marchandises (cf. chapitre 10).

Les ateliers de maintenance doivent être en mesure de satisfaire l'ensemble des prescriptions techniques du détenteur des véhicules. Ils doivent pouvoir documenter les travaux réalisés sur les essieux de manière transparente et ont un devoir d'obligation d'information concernant les travaux réalisés pendant au moins une partie de la durée de vie de l'essieu (durée de vie des roues).

9.2 Niveaux de contrôle C1-C4 et R0 de la maintenance légère

Les activités listées à la section 9.2 concernent essentiellement les travaux réalisés sur l'essieu monté. Il s'agit des niveaux de contrôle, tels qu'ils sont décrits aux sections 8.2.1.1 et 8.2.1.2, et des opérations d'usinage du profil de roue suivant les indications de la section 8.2.2.1.

9.2.1 Contrôles (C1-C4) des essieux

Les travaux réalisés sont décrits aux sections 8.2.1.1 et 8.2.1.2. Tous les composants de l'essieu doivent par ailleurs être contrôlés afin de vérifier que leur revêtement est en bon état. La bonne exécution des activités doit être documentée de manière appropriée.

Un justificatif écrit (procès-verbal de mesure) est p. ex. nécessaire pour le contrôle géométrique du profil de roue des niveaux de contrôle C2/C3/C4. Si le profil de roue n'est pas satisfaisant, une réparation doit être réalisée selon la section 9.2.3 ou l'essieu doit être changé.

Les dommages constatés sur l'essieu-axe ou sur les roues et les défauts de revêtement peuvent exiger une réparation comme indiqué à la section 9.2.2.

9.2.2 Travaux de réparation autorisés sur l'essieu

Si des traces d'impact, de frottement, d'abrasion ou de corrosion sont identifiées, il est nécessaire d'enlever la peinture pour approfondir le contrôle. Dans les zones clairement établies et prédéfinies selon le Tableau 9-1, les dommages constatés sur l'essieu-axe peuvent être corrigés manuellement jusqu'à un certain point. Dans ce cas s'appliquent les principes de nettoyage des zones endommagées selon les indications de la section 12.1.1 concernant les outils à utiliser. Le revêtement doit être réalisé conformément à la section 12.3.

Les outils et les méthodes de réparation des dommages sont définis ci-après, aux sections 12.1.1 et 12.3.5.1 (p. ex. les dommages par impact sur les essieux-axes). Il est en revanche strictement interdit de réaliser des travaux de soudage sur les essieux-axes, les roues monoblocs et les bandages.

Dans certains cas, la réparation peut imposer le démontage de l'essieu. Cela reste cependant une opération de maintenance légère car il s'agit uniquement d'une réparation et non d'un niveau de révision.

Description des cotes limites admissibles et de la documentation de l'aspect des dommages sur les différentes parties de l'essieu-axe:

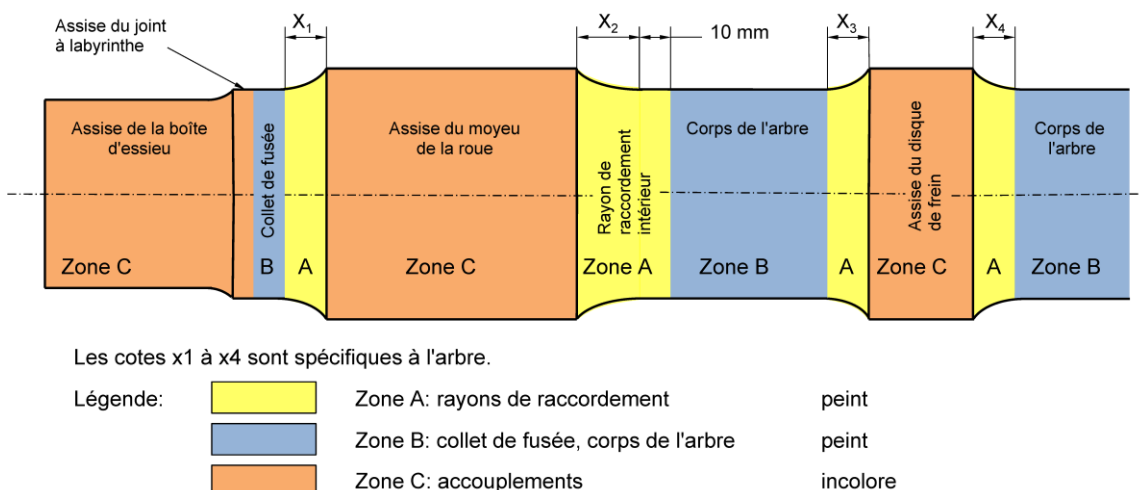


Figure 9-1: zones de l'essieu-axe

La réparation des dommages de surface sur les essieux-axes doit être réalisée selon le tableau suivant:

Type de dommage	Zone	Essieu monté, travaux consécutifs réalisés localement à la main	Essieu démonté, usinage étendu possible sur une machine-outil
Défauts de peinture	Zone A	Autorisé	Autorisé
	Zone B	Autorisé	Autorisé
	Zone C	Non applicable	Non applicable
Dommages mécaniques et dommages causés par la corrosion	Zone A	Non autorisé	Autorisé
	Zone B	Autorisé	Autorisé
	Zone C	Non accessible	Autorisé

Tableau 9-1: réparation des dommages de surface sur les essieux-axes

Si des défauts de peinture et des dommages de surface par corrosion doivent être réparés dans la zone A, seuls des outils à poncer et des produits nettoyants non métalliques peuvent être utilisés.

En général, c'est dans les zones de catégorie A des essieux-axes qu'on observe les plus grandes contraintes et sollicitations. Il est donc particulièrement important de vérifier l'absence de défaut dans ces zones. Le moindre dommage à effet d'entaille est susceptible de provoquer l'apparition de fissures. Par conséquent, la réparation des dommages par corrosion et des dommages mécaniques ne peut pas être réalisée manuellement (p. ex. par usinage local).

Quelle que soit la réparation effectuée sur les dommages par corrosion et sur les dommages mécaniques, il est important de vérifier que la surface est en bon état et que les bords ne sont pas tranchants.

La reprise des éléments de l'axe sur des machines-outils à l'état monté doit être réalisée en tenant compte de la réduction de diamètre maximale admissible et en respectant la cote limite de service du diamètre. Les indications du fabricant ou les prescriptions du détenteur des véhicules doivent être respectées.

Les réparations réalisées sur les roues doivent également être réalisées conformément aux indications ci-dessus.

Une fois les réparations des dommages terminées, il convient de vérifier l'absence de fissures sur les composants en réalisant un essai non destructif avant d'appliquer un nouveau revêtement.

Ces prescriptions s'appliquent également aux essieux-axes laminés à froid.

9.2.3 Reprofilage sur le tour en fosse (R0, essieu monté)

L'usinage peut être réalisé sur un essieu, sur un bogie, sur une voiture/locomotive ou sur une rame automotrice. Il n'est pas nécessaire de démonter l'essieu. L'échéance dépend du délai défini spécifiquement pour le véhicule, à moins que les résultats des opérations des niveaux de contrôle C1-C4 l'exigent.

- Il n'est pas nécessaire de serrer la roue ou l'axe; l'entraînement de l'essieu se fait avec les rouleaux porteurs. Sur les bogies porteurs (légers) des rames automotrices ou dans le cas de l'usinage de bogies/essieux individuels, une force antagoniste doit être appliquée sur le corps de la boîte d'essieu en tenant compte de la conception et de la construction de la boîte d'essieu afin d'éviter d'endommager et de déformer l'essieu-axe à la suite d'une trop grande tension.
- Étape de travail: mesure automatisée de la géométrie réelle du profil et usinage du profil de roue et des disques de frein, enlèvement de matière selon les prescriptions de l'atelier d'entretien (rectifier le moins possible en fonction de la mesure du profil ou de l'épaisseur générale). Il est important de s'assurer lors de cette opération que l'intégralité des fissures et de l'excoriation constatées soient éliminées.
- Les différences de diamètre entre les roues de chaque essieu et entre les essieux de chaque bogie, telles qu'elles ont été indiquées par le fabricant, doivent être prises en compte. Les différences autorisées entre les bogies d'après les informations fournies par le fabricant ou les règlements en vigueur doivent elles aussi être observées.
- Il n'est pas nécessaire de procéder à un équilibrage supplémentaire de l'essieu.
- Une consignation ou une documentation propre à chaque essieu doit être réalisée avec un système informatique (diamètre de roue, écartement des faces internes de l'essieu A_R , battement radial, battement latéral, profil, cote q_R , etc.). Une consignation des données mesurées avant et après l'usinage est nécessaire.
- Chaque essieu doit pouvoir être clairement identifié avec le ruban de marquage ou la marque sur l'essieu sans démonter le couvercle de la boîte d'essieu.
- En l'absence de ruban de marquage: observer le marquage de l'essieu-axe à l'extrémité (démonter le couvercle de la boîte d'essieu).
- D'autres procédés sont possibles s'ils sont autorisés au préalable par le département technique (ECM 2).

Le ré-usinage du profil de roue, essieu démonté, est également possible dans le cadre de la maintenance légère. Les travaux réalisés dans ce cas sont les travaux du niveau de révision R0, comme indiqué à la section 9.3, l'objectif étant de permettre l'utilisation de l'essieu jusqu'au prochain reprofilage.

9.2.4 Contrôles réalisés après des événements spéciaux

Les essieux de véhicules ayant subi un déraillement, un impact direct ou un retournement d'objets doivent être soumis à un contrôle approfondi. En sus des travaux des niveaux C1 et C2, on vérifiera au moins les éléments suivants:

- mesure de la cote A_R à au moins trois endroits de l'essieu, et
- en cas de doute, on mesurera également le voile radial et la voilure de la jante et de l'essieu-axe.

Selon l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation, il peut aussi être utile de changer la boîte d'essieu si un déraillement a eu lieu.

9.3 Niveaux de révision R0-R4 de la maintenance lourde

Le but de la maintenance lourde est d'assurer le respect des tolérances et des prescriptions du fabricant.

Les travaux prévus sont les activités décrites à la section 8.2. Après des travaux de révision de niveau R, l'essieu doit être conforme à l'état nominal. L'état nominal désigne un état dans lequel l'essieu est opérationnel pour un nouveau parcours de révision sans démontage.

Conditions nécessaires à la réalisation de la maintenance:

- l'essieu est nettoyé
- le procès-verbal de l'état est disponible
- l'historique de l'essieu est disponible ou peut être consulté
- tenir compte des indications de la section 9.2.4 pour les essieux ayant subi des événements spéciaux

9.3.1 Principales activités de la remise à neuf R0-R4

Les principales activités sont tous les travaux permettant de restaurer l'état nominal.

Il s'agit essentiellement du remplacement des roues monoblocs, des bandages, des disques de frein et des boîtes d'essieu une fois la cote limite de service ou la cote limite d'atelier atteinte (p. ex. plus petit diamètre de roue admissible à partir de R0) ou une fois le kilométrage autorisé atteint. À cela s'ajoutent la réparation, le contrôle et les essais (UT, MT) des composants des essieux.

9.3.2 Mesure de la géométrie effective de l'essieu à l'entrée en maintenance

La mesure de la géométrie (battement latéral du voile de roue/des jantes, battement radial de l'essieu-axe, écartement des faces internes de l'essieu, etc.) n'est pas impérative au début du processus de maintenance. Tout écart constaté entre l'état effectif et l'état nominal doit être identifié efficacement dans le cadre des étapes de travail suivantes. Un contrôle d'entrée permet néanmoins d'identifier rapidement les essieux défectueux et ainsi de s'épargner des étapes de travail inutiles.

Tenir compte des indications de la section 9.2.4 pour les essieux ayant subi des événements spéciaux.

9.3.3 Démontage de la boîte d'essieu

- Démontage du roulement avec un extracteur

9.3.4 Démontage des composants d'essieux

- Décalage de la roue dentée motrice (si nécessaire)
- Décalage et, le cas échéant, séparation des roues monoblocs
- Décalage des voiles de roue avec le bandage
- Décalage et, le cas échéant, séparation des voiles de roue
- Démontage des voiles de roue séparés
- Séparer les bandages s'il faut uniquement changer les bandages. Pour démonter le bandage en place, retirer l'agrafe de bandage sertie en appliquant une méthode adaptée, en veillant à ne pas endommager la jante. Généralement, l'agrafe de bandage est usinée sur un tour en tournant le talon et l'agrafe du bandage. Une fois l'agrafe de bandage retirée, le bandage doit être coupé ou soumis à un échauffement contrôlé, de manière à pouvoir enlever la jante sans difficultés.

9.3.5 Remise à neuf de l'essieu-axe

Lorsque les composants de l'essieu ont été démontés suivant les indications de la section 9.3.4:

- contrôle visuel des trous filetés à l'extrémité
- contrôle visuel des portées de calage
- contrôle visuel visant à identifier les éventuels dommages causés par la corrosion
- essai non destructif sur l'essieu-axe complet

9.3.6 Réparations de l'essieu-axe et du voile de roue

- Usinage des traces d'impact dans des zones définies de l'axe
- Élimination des dommages causés par la corrosion
- Ré-usinage des rayures d'étrépage et des dommages causés par la corrosion sur les sièges de calage
La cote limite du diamètre de l'axe indiquée par le fabricant doit être respectée
- Adapter l'alésage au nouveau diamètre de l'axe (de l'ébauche) dont les dimensions ne correspondent plus
- Observer les instructions de réparation du fabricant

Il est interdit de procéder à des travaux de soudage sur les essieux-axes et sur les roues monoblocs. En revanche, il est possible, dans des conditions définies, de souder les trous des moyeux et de réaliser des soudures de réparation sur les roues à rayons (roues en fonte d'acier).

D'autres travaux de réparation peuvent être contrôlés et appliqués après avoir été soumis à l'atelier de maintenance/au département technique (ECM 2) pour validation.

Les principes décrits à la section 9.2.2 pour éliminer les dommages sont également applicables ici.

9.3.7 Reprofilage sur le tour à portique (R0, essieu démonté)

Usinage d'essieux individuels sur lesquels il n'est pas nécessaire de remplacer la roue ou le bandage dans le cadre de la maintenance lourde. Les pièces telles que le couvercle du roulement, le générateur d'impulsions, les balais de mise à la terre, la sonde de vitesse, etc., doivent être démontés au préalable afin que l'essieu puisse être centré sur le tour avec la broche. Le marquage placé à l'extrémité pour identifier l'essieu est visible en démontant les pièces.

- Le serrage de l'axe/des roues s'effectue avec des mâchoires spéciales qui n'endommagent pas les composants de l'essieu. Les mâchoires ne doivent pas occasionner d'entailles.
- Étape de travail: usinage du profil de roue et des disques de frein, enlèvement de matière selon les prescriptions de l'atelier de maintenance (rectifier le moins possible en fonction de la mesure du profil effectuée ou de l'épaisseur générale). Il est important de s'assurer lors de cette opération que l'intégralité des fissures et de l'excoriation constatées soient éliminées.
- Les différences de diamètre entre les roues de chaque essieu, définies par le fabricant ou par le règlement, doivent être prises en compte.
- Il n'est pas nécessaire de procéder à un équilibrage supplémentaire de l'essieu.
- Consignation/documentation pour chaque essieu, de préférence avec un système informatique (diamètre de roue, écartement des faces internes de l'essieu A_R , battement radial, profil, cote q_R , etc.).
- Contrôle visuel de la boîte d'essieu et contrôle manuel visant à vérifier si le roulement peut tourner librement, s'il «cogne» ou s'il émet du bruit.

9.3.8 Calage des composants sur l'essieu-axe

Montage de la roue monobloc, du voile de roue, du disque de frein et de la roue dentée motrice.

Les essieux doivent être montés en observant les indications de la norme SN EN 13260. Les exceptions possibles sont décrites à la section 15.1. La méthode de montage des roues par collage-serrage est très spécifique à certains essieux. Les indications du fabricant des essieux en la matière doivent être respectées.

- Contrôler le battement radial de l'axe
- Contrôler et mesurer les assemblages à la presse
- Procéder selon le choix de l'atelier de maintenance: adapter le trou du moyeu de la roue (y c. la rainure/le trou de décalage), le disque de frein, la roue dentée sur l'assise de l'axe, ou sélectionner des composants déjà usinés avec des tolérances adaptées
- Assembler les composants selon le choix de l'atelier de maintenance (à chaud/à froid/sélection de la pâte de montage): respecter les prescriptions du fabricant ou du détenteur des véhicules
L'assemblage doit être réalisé en tenant compte de la position des balourds statiques des différents composants
- L'effort de calage sur la presse doit être surveillé dans le cadre de l'assurance qualité
- Le diagramme de calage de la roue, du disque de frein et de la roue dentée doit être documenté dans l'historique de l'essieu
- Reprofiler l'essieu si des roues dont l'usinage n'est pas terminé ont été calées
- Contrôler le battement radial et la concentricité
- Contrôler la cote A_R selon le dessin ou les valeurs de la section 6.6.1.7
- Mesurer la résistance électrique
- Procéder à un équilibrage si nécessaire

9.3.9 Remplacement du bandage

- Un contrôle du battement radial des jantes (corps de roue) est nécessaire
- Tourner l'essieu avec les jantes calées si nécessaire
- Adapter l'ébauche du bandage sur la jante de roue
- Fretter les bandages (à chaud)
- Observer les prescriptions du fabricant
- Sertir l'agrafe de bandage pour assurer la fixation
- Reprofiler les bandages
- Contrôler le battement radial des roues bandagées et procéder à la documentation dans l'historique de l'essieu
- Contrôler la cote A_R selon le dessin ou les valeurs de la section 6.6.1.7
- Mesurer la résistance électrique
- Procéder à un équilibrage si nécessaire
- Réaliser les marquages comme indiqué à la section 6.6.2.10

Avant de monter des bandages neufs, il convient de déterminer le battement radial et le diamètre exact de la jante une fois la zone de l'assise du bandage nettoyée. Les jantes dont la qualité de surface n'est pas satisfaisante, dont le battement radial est inapproprié et dont la tolérance de forme est incorrecte peuvent être tournées dans une certaine mesure.

En l'absence de prescriptions dans la documentation de l'essieu, il faut adapter l'alésage du bandage au diamètre de la jante de sorte que l'alésage du bandage soit inférieur au diamètre de la jante à température ambiante et avec un retrait de 1.0 ‰ à 1.4 ‰ du diamètre de la jante. Le graphique suivant, qui s'appuie sur l'expérience de la DB, permet de bien comprendre le retrait. Quel que soit le retrait avec les différents diamètres et les différents modèles de roue, il est important de tenir compte d'une contrainte de compression équilibrée entre le bandage et le corps de la roue.

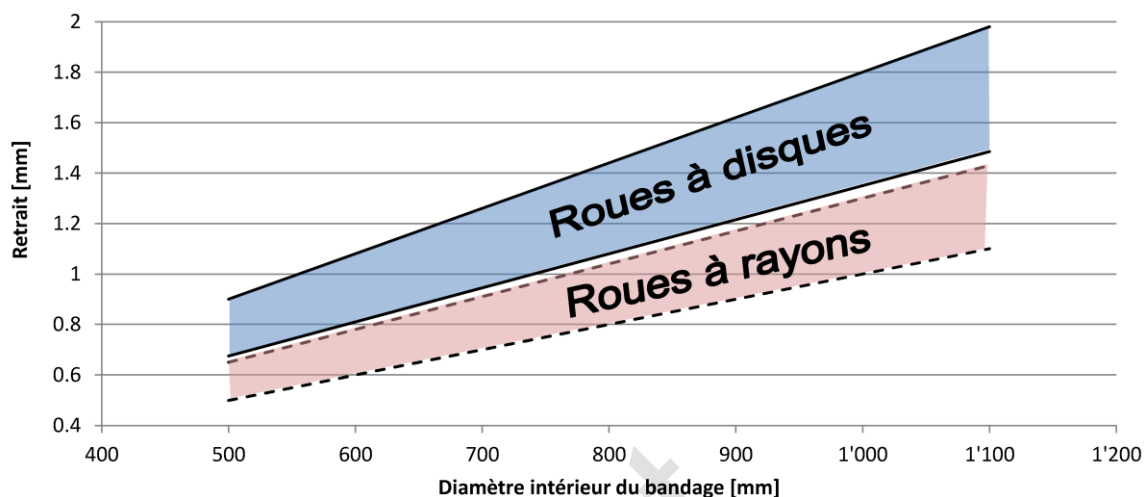


Figure 9-2: retrait en tant que fonction du diamètre intérieur du bandage et du modèle de jante

Légende de la Figure 9-2:

	Limite inférieure	Limite supérieure
Retrait de la jante à disque	1.35 ‰	1.80 ‰
Retrait de la jante à rayons	1.00 ‰	1.30 ‰

Lorsque l'usinage du bandage et de la jante est terminé et que ces deux éléments sont coordonnés, le bandage doit être chauffé à env. 240 °C (maximum 300 °C) à l'aide de moyens adaptés et être rapporté sur la jante de manière à reposer bien calé sur le col de cygne. Pour ce faire, l'essieu est généralement placé à la verticale sur le bandage chauffé. Le bandage doit ensuite refroidir doucement jusqu'à ce qu'il soit fixé à la jante. Vérifier la fixation à l'aide d'une jauge d'épaisseur (env. 0.05 mm d'épaisseur) avant de placer l'agrafe de bandage.

Une agrafe de bandage adaptée et préformée est ensuite placée sur le bandage fixé et l'espace libre est obturé avec une pièce profilée découpée aux dimensions adéquates, que l'on désigne sous le terme de raccord d'agrafe. Il est déconseillé d'obturer cet espace dans l'agrafe de bandage avec plusieurs petites pièces. Le raccord d'agrafe doit être maté avant de laminier l'agrafe de bandage entière. Il faut pour cela que la chaleur résiduelle dans le bandage soit suffisante (env. 80 °C à 120 °C). Il convient de noter que pendant le sertissage de l'agrafe du bandage, la pression de contact à chaque tour de roue augmente progressivement jusqu'à ce que le bandage soit parfaitement laminé. Un contrôle du son sur l'agrafe de bandage p. ex. permet de le constater.

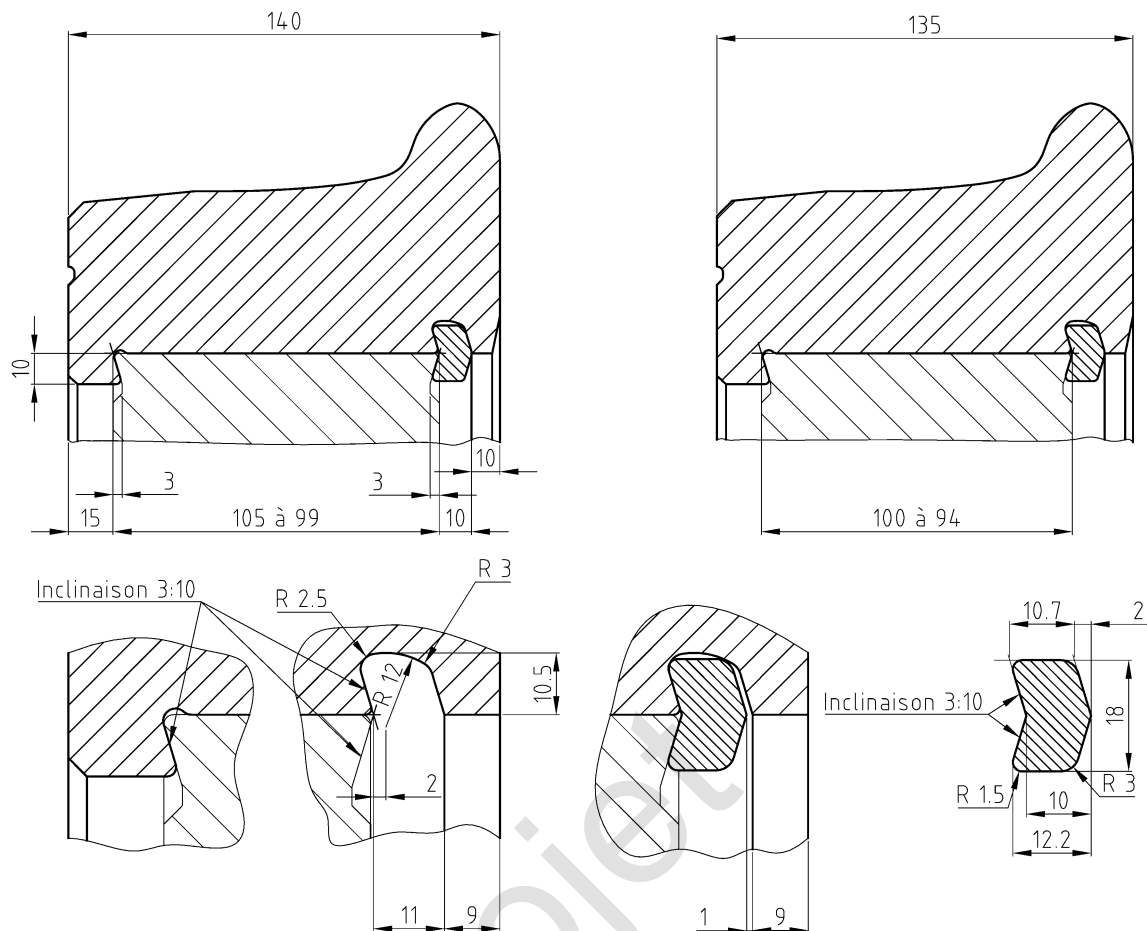


Figure 9 -3: dimensions de la fixation du bandage avec une agrafe de bandage

9.3.10 Équilibrage de l'essieu porteur

- Équilibrage complet des essieux avec des roues bandagées
- L'équilibrage doit être conforme aux normes en vigueur
- Le balourd doit être égalisé en fonction des indications du fabricant, par exemple par retrait de matière
- Soudage de masses d'équilibrage sur l'agrafe de bandage

Il n'est pas nécessaire de rééquilibrer les essieux équipés de roues monoblocs une fois le montage effectué. Pour atteindre l'équilibrage des essieux autorisé, les disques de frein et les corps de roue (déjà équilibrés par le fournisseur) doivent être alignés en respectant les marquages du fournisseur.

9.3.11 Reprise des disques de frein

Usinage sur un tour en fosse ou sur un tour à portique. Les prescriptions du fabricant concernant l'usure concave, les cotes limites, l'épaisseur, etc. doivent être observées.

9.3.12 Dispositif d'amortissement du bruit

Remplacement selon les prescriptions du fabricant.

9.3.13 Révision de la boîte d'essieu (roulement à rotule, etc.)

- Lavage de la graisse des roulements
- Les différentes pièces (bague intérieure, bague extérieure, cage, roulement, jeu et joints) doivent être contrôlées en suivant les prescriptions du fabricant; les catalogues de dommages des fabricants pour les roulements et les chemins de roulement doivent être observés
- Remplissage selon les prescriptions du fabricant
- Montage et contrôle des mesures du jeu
- Mise hors service selon l'échéance ou une fois le kilométrage atteint
- Surveillance et procédé selon le choix de l'exploitant du chemin de fer

9.3.14 Révision des roulements cartouches

La remise à neuf des roulements et le contrôle du jeu doivent se dérouler selon les prescriptions du fabricant et être réalisés uniquement par un atelier spécialisé. Généralement, l'atelier est certifié par le fabricant des roulements.

9.3.15 Montage de la boîte d'essieu

Les indications du fabricant concernant le montage doivent être observées. On veillera en particulier à utiliser des vis appropriées et à appliquer le couple de serrage prédéfini sur les dessins correspondants.

9.3.16 Peinture de l'essieu

Les différentes zones de l'axe et du voile de roue doivent être peintes selon les prescriptions du fabricant ou du détenteur des véhicules (cf. également la section 12.3).

10 Maintenance des essieux de wagons de marchandises et de wagons de service

Dans la mesure du possible, il convient d'utiliser des essieux à roues monoblocs sur les wagons de marchandises et les wagons de service. Les essieux bandagés encore en exploitation ne doivent plus être soumis à des opérations de maintenance IS 3 et doivent être remplacés par des essieux à roues monoblocs.

Le remplacement du bandage des essieux n'est donc pas abordé dans ce chapitre. Des informations sur la marche à suivre pour les essieux bandagés sont fournies au chapitre 9.

Les essieux des wagons de marchandises, et en particulier les essieux utilisés sur des véhicules circulant sur des lignes internationales, sont soumis à des prescriptions techniques et légales plus approfondies. C'est ce qui explique qu'il existe d'importantes différences par rapport aux activités réalisées sur les essieux de voitures et de véhicules moteurs. Cela concerne aussi le mode d'homologation des ateliers de maintenance et la documentation.

De manière générale, on peut dire que la maintenance des essieux s'effectue selon les directives suisses énoncées au chapitre 9. La maintenance des essieux des wagons de marchandises décrite dans le présent chapitre s'appuie cependant aussi en partie sur des directives européennes.

10.1 Exigences minimales relatives aux ateliers de maintenance

Seuls les ateliers de maintenance autorisés par le détenteur des véhicules peuvent intervenir sur les essieux et leurs pièces.

10.1.1 Personnel

Tous les collaborateurs intervenant sur les essieux, leurs composants ou leurs pièces doivent être habilités pour ce type de travaux. Cette habilitation est accordée et surveillée par l'employeur dans le cadre de formations. L'habilitation expire automatiquement dès qu'un collaborateur ne participe plus à la maintenance d'essieux, de boîtes d'essieu et de pièces associées depuis plus de six mois. Les collaborateurs non habilités ne peuvent intervenir sur des essieux et des boîtes d'essieu que sous la surveillance et la direction de collaborateurs habilités.

Les formations doivent être délivrées et documentées par des personnes qualifiées, possédant des connaissances spécialisées en la matière.

10.1.2 Dispositifs de mesure et moyens d'exploitation

L'atelier de maintenance doit posséder un système de surveillance adapté pour surveiller tous les dispositifs de mesure utilisés dans le cadre de la remise à neuf des essieux. Ce système doit être en place afin de s'assurer que seuls des dispositifs de mesure autorisés et étalonnés sont utilisés.

Les moyens d'exploitation doivent être conformes à l'état actuel de la technique et être adaptés aux travaux à exécuter.

10.1.3 Gestion des documents

L'atelier de maintenance doit posséder un système adapté pour l'enregistrement et la sauvegarde des documents et être certifié selon la norme SN EN ISO 9001. L'échange de données doit être possible selon les exigences du chapitre 11.

La gestion des documents doit s'organiser de manière à s'assurer que l'on travaille systématiquement selon les dessins et les directives en vigueur et que les documents non valables soient identifiés.

10.2 Niveau de maintenance IS 0

Le niveau de maintenance IS 0 comporte des contrôles d'état visuels et géométriques de l'essieu monté. Les opérations de ce niveau de maintenance ne sont réalisées qu'en cas de besoin, sans aucune planification. Les contrôles à effectuer sont les suivants:

- contrôle visuel de l'état du profil de roue (usure concave, écrasement, etc.)
- contrôle du diamètre de la roue en effectuant un contrôle visuel de la rainure d'usure afin de déterminer si la réserve d'usure est suffisante
- contrôle géométrique avec des calibres ou mesure en cas de doute après le contrôle visuel du profil de roue (q_R , usure concave, S_d , S_h , écrasement, etc.)
- contrôle visuel de la table de roulement pour identifier d'éventuels méplats, excoriations, etc.
- contrôle visuel de l'essieu-axe afin d'identifier d'éventuels dommages; si pour ce faire, le wagon ou la voiture se trouve dans une fosse d'inspection, contrôle visuel de l'essieu-axe selon l'EVIC, à condition que les conditions du CUU, annexe 10, appendice 3, soient satisfaites
- contrôle visuel du corps de la boîte d'essieu afin d'identifier d'éventuels dommages thermiques et mécaniques ou un débordement de graisse
- contrôle visuel de l'agrafe de bandage sur les essieux bandagés
- contrôle visuel visant à identifier d'éventuelles traces de rouille au niveau de la jointure entre le bandage et le corps de la roue
- contrôle visuel du moyeu de la roue afin d'identifier d'éventuelles traces de rouille à la jointure entre l'axe et le voile de roue

Sur les essieux des catégories A à C (classification définie à la section 8.3.1), on observera également les points supplémentaires suivants:

- contrôle visuel du ruban ou du marquage de remise en état de l'essieu
- mesure de l'écartement extérieur des boudins S_R , de l'écartement des faces internes de l'essieu A_R , de la hauteur du boudin S_h , de l'épaisseur du boudin S_d et de la cote q_R

10.3 Niveau de maintenance IS 1

Le niveau de maintenance IS 1 correspond à un reprofilage de l'essieu, accompagné d'un contrôle de la boîte d'essieu. En règle générale, les travaux réalisés lors d'une maintenance de niveau IS 1 sont les suivants:

- contrôle visuel du corps de la boîte d'essieu et de l'essieu afin d'identifier d'éventuels dommages mécaniques et vérifier leur état général
- contrôle de toutes les contraintes résiduelles dans la jante; si les valeurs admissibles sont dépassées, la jante doit être régénérée dans la mesure du possible en la chauffant de manière contrôlée, puis en la laissant refroidir
- mesure du profil et reprofilage sur un tour; il convient d'enlever de la matière jusqu'à ce qu'il ne subsiste plus aucune fissure sur la table de roulement et que le profil de roue présente un état neuf
- contrôle du battement radial et du battement latéral de la jante
- contrôle complet par procédé UT sur la jante, incluant la table de roulement et le boudin
- contrôle visuel de la graisse des roulements (couleur et état de la graisse, dépôts, etc.) sans démonter les roulements; s'il s'agit d'un ancien type de graisse, il est possible de regraisser le roulement avec une graisse récente, mais le roulement est dans ce cas limité à une durée d'utilisation de 6 ans; les graisses récentes peuvent rester en service pendant une durée de 12 ans, mais le regraissage n'est plus autorisé
- contrôle de la boîte d'essieu (état général, jeu des roulements) de l'extérieur, sans démontage
- contrôle visuel des guidages ou des plaques en manganèse sur le corps de la boîte d'essieu afin d'identifier des traces d'usure et vérifier la solidité de la fixation
- contrôle des centrages des ressorts sur le corps de la boîte d'essieu
- élimination du revêtement de l'axe de l'essieu-axe (zone entre les roues) par grenaillage ou d'autres méthodes autorisées; contrôle visuel de l'axe
- la réparation de l'axe de l'essieu-axe par meulage des dommages n'est autorisée que dans certaines zones
- selon le besoin, réaliser un essai non destructif aux endroits réparés
- enlever l'ancienne peinture et les traces de corrosion en surface entre la roue et le corps de la boîte d'essieu à l'aide d'un disque à brosse
- essai non destructif (p. ex. essai UT) de la zone critique, généralement les courbures composées et une certaine longueur de la portée de calage de la roue; les nouvelles machines à essai permettent de tester l'ensemble de la zone entre la courbe composée et l'extrémité avant de l'axe sans démonter le corps de la boîte d'essieu
- renouvellement du revêtement de l'essieu-axe

En supplément pour les essieux des groupes A à C (classification définie à la section 8.3.1):

- actualiser la désignation sur l'essieu (ruban ou marque de remise en état) si nécessaire
- inscrire le nouveau diamètre de roue sur le voile de roue
- documenter les travaux selon les directives

Selon les directives, un essai non destructif complet peut aussi être réalisé sur l'axe une fois la peinture enlevée (p. ex. par grenaillage ou meulage).

Les essieux sur lesquels seule une maintenance de niveau IS 1 a été réalisée ne sont généralement pas équilibrés.

10.4 Niveau de maintenance IS 2

La maintenance de niveau IS 2 inclut tous les travaux de maintenance de niveau IS 1. Par ailleurs, selon le type de graisse, le nombre d'années d'exploitation ou le kilométrage, il est également possible de remettre en état ou de remplacer la boîte d'essieu. Pour ce faire, il faut aussi démonter la bague intérieure du roulement placée sur l'essieu-axe et le joint à labyrinthe en utilisant des outils adaptés.

La boîte d'essieu doit être montée en utilisant des vis appropriées et en appliquant le couple de serrage prédéfini sur les dessins correspondants.

Les roulements à rouleaux de la boîte d'essieu doivent quant à eux être remis à neuf suivant des directives distinctes. Cette opération n'est pas couverte par le présent règlement RTE.

10.5 Niveau de maintenance IS 3

La maintenance de niveau IS 3 inclut tous les travaux de maintenance de niveau IS 1 et IS 2. Les roues doivent aussi être remplacées. Les travaux supplémentaires suivants doivent être réalisés sur l'essieu-axe avant de monter les voiles de roue:

- retirer l'intégralité du revêtement de l'essieu-axe
- réaliser un essai non destructif complet (p. ex. essai MT) sur l'essieu-axe
- contrôle dimensionnel de l'essieu-axe (portée de calage, battement radial/flexion, etc.)

Le montage des pièces restantes et le revêtement doivent être réalisés comme pour les niveaux de maintenance IS 1 et IS 2.

Il convient également de vérifier les points suivants sur tout nouvel essieu assemblé:

- la résistance électrique entre le voile de roue et le bandage
- le balourd dynamique de l'essieu

10.5.1 Démontage des roues

Les vieilles roues doivent être retirées en appliquant des méthodes adaptées:

- procédé par extraction de l'huile lorsque c'est possible
- séparation du corps de roue avant l'extraction en réalisant une coupe par oxycoupage – à noter que l'essieu-axe ne doit pas chauffer au-delà de 150°C et qu'il faut conserver une épaisseur de moyeu d'env. 5 mm; l'essieu-axe doit être protégé contre les risques d'excès de chaleur et de projections
- échauffement brutal du voile de roue

La portée de calage de l'essieu-axe ne doit pas être endommagée pendant le démontage et ne doit donc présenter ni rayure d'étirage, ni éraflure. Ce risque est particulièrement important sur les portées de calage cylindriques et avec cônes très étroits (à partir de 1:800 env., ce qui peut aussi varier selon la construction).

10.5.2 Montage des roues

Lors du montage de roues neuves, les marques d'équilibrage du fabricant doivent être alignées sur la roue. Cf. également à ce sujet la section 15.3. Les roues doivent être montées en observant les directives courantes, à moins que le détenteur des essieux ait formulé des informations spécifiques. Un procès-verbal du montage doit par ailleurs être établi.

Le joint à ajustement serré entre le voile de roue et l'axe peut être réalisé selon plusieurs procédés:

- calage de la roue à température ambiante (à froid)
- frettage de la roue préchauffée à env. 230 °C

Généralement, la roue est calée à froid. Les autres méthodes de montage possibles pour les roues exigent l'accord du détenteur et une certaine expérience de l'atelier qui procède au montage. Il n'est pas prévu de procéder au marquage de la méthode de montage sur l'essieu. Cette dernière doit néanmoins être clairement décrite dans la documentation.

Il est important de s'assurer de la bonne exécution des opérations de calage et de leur documentation. Le diagramme effort/déplacement du calage doit absolument être documenté. Le calage sera évalué sur la base de ce diagramme en appliquant les ouvrages de référence courants.

Les moyens et ressources (lubrifiants) nécessaires au calage doivent être clairement définis. Les cotes et les efforts de calage de la liaison ainsi réalisée doivent être conformes aux indications figurant sur les dessins afférents. En l'absence d'indications, ces informations doivent être convenues avec le détenteur, et consignées. Dans ce domaine, on se référera à la norme UIC 813 ou SN EN 13260.

10.6 Marquage

À l'heure actuelle, la majorité des essieux sont pourvus de rubans de marquage sur l'axe. Sur ces rubans sont indiquées des informations utiles permettant d'identifier clairement les composants, le lieu de la maintenance, le niveau de maintenance IS, le détenteur du véhicule et la date. Les rubans de marquage placés sur l'essieu-axe, en plus d'être difficiles d'accès, présentent divers autres inconvénients (p. ex. apparition de corrosion et d'entailles si le montage n'est pas réalisé correctement).



Figure 10 -1: ruban d'identification d'essieu avec cale en caoutchouc



Figure 10 -2: ruban d'identification d'essieu incorrect (desserré)

Les rubans d'identification d'essieu mal serrés doivent être retirés et être remplacés par un marquage correct.

On remplacera donc à l'avenir les rubans d'identification des essieux des groupes A à C (classification définie à la section 8.3.1) par un marquage identifiant les informations énoncées ci-dessus et monté sous une tête de vis du couvercle de la boîte d'essieu. Tant que plusieurs types de graisse sont utilisés, une deuxième marque doit également être ajoutée sur le couvercle de la boîte d'essieu afin de préciser le type de graisse, le lieu de la maintenance, le niveau de maintenance IS et la date. L'inscription doit être conforme aux directives de la VPI 04.



Figure 10 -3: marque d'essieu sur le couvercle de la boîte d'essieu

Sur les essieux des groupes A à C, on inscrira également les informations suivantes à l'intérieur du voile de roue du côté de l'essieu sur lequel l'essieu-axe est poinçonné à l'avant. Ces informations devront être parfaitement lisibles et inscrites en couleur claire (de préférence au moyen d'un chablon et en utilisant de la peinture blanche RAL 1004, avec des caractères de 50 mm de hauteur):

- modèle de l'essieu
- diamètre réel du cercle de mesure après usinage en millimètres
- poids par essieu admissible en tonnes



Figure 10 -4: inscriptions sur le voile de roue (exemple: modèle d'essieu 004, diamètre du cercle de mesure de 921 mm, poids par essieu admissible de 23,5 t)

Sur les essieux spécifiques des groupes D1 et D2, qui ne quittent généralement pas la Suisse, il est également possible de peindre le numéro de l'essieu de manière lisible sur le corps de l'axe. Il est interdit d'utiliser du film auto-adhésif, à moins que le détenteur des véhicules l'autorise spécifiquement. Aucun autre marquage visible de l'extérieur n'est réalisé.



Figure 10 -5: numéro de l'essieu sur le corps de l'axe

Le numéro d'essieu peut également être attribué sous la forme d'un GIAI (Global Individual Asset Identifier) conformément à la norme GS1. Le GIAI est un numéro unique au monde qui permet d'identifier sans ambiguïté l'essieu. La structure de base du numéro est la suivante:

GIAI	+	Company prefix (N° du fabricant)	+	Numéro du produit ferroviaire (toujours le numéro 4)	+	Numéro de série (contenant généralement le numéro de la coulée)
(8004)	+	1234567	+	4	+	1234567890

Tableau 10-1: exemple de numéro GIAI

Le Company Prefix (numéro du fabricant) est attribué par l'organisation GIAI, à condition que le fabricant soit membre de cette organisation. Il est également possible d'identifier sans ambiguïté de cette manière d'autres composants, tels que les roues, les boîtes d'essieu ou les essieux-axes.

10.7 Documentation de la remise à neuf

Tous les résultats des essais doivent être clairement documentés. Tout complément aux exigences de documentation présentées au chapitre 11 doit être précisé par le détenteur des essieux à l'attribution du mandat.

La documentation doit être conservée au moins pendant toute la durée d'utilisation de la pièce.

11 Documentation/gestion des données

À la suite d'un accident, l'Agence ferroviaire européenne, les autorités de contrôle nationales d'Europe et le secteur réuni des wagons de marchandises (CER, ERFA, UIP, UIRR, UNIFE) ont élaboré et validé un système de collecte de données dans l'objectif d'assurer une traçabilité systématique de la maintenance des essieux.

Les prescriptions associées à ce système ont été définies à l'origine dans l'European Wheelset Traceability (EWT) que le secteur et les détenteurs des essieux se sont engagés à appliquer.

Suite à la révision effectuée, l'EWT fait désormais partie intégrante de la norme SN EN 15313. Son application est obligatoire pour les wagons de marchandises, mais facultative pour les essieux d'autres types de véhicules.

Les objectifs de l'EWT et de la norme SN EN 15313 sont les suivants:

- être en mesure de retracer la maintenance des essieux après un événement et atténuer le risque de nouveaux événements résultant de circonstances similaires
- retracer les conditions de maintenance des essieux et de leur composant central, l'essieu-axe, après un événement
- déterminer le régime de maintenance appliqué et les essais non destructifs qui ont été réalisés sur un essieu

Si des défauts sont constatés, le détenteur des véhicules est ainsi en mesure d'identifier et de localiser les essieux concernés et de définir et mettre en œuvre les mesures qui s'imposent.

La saisie et la gestion des données doivent s'effectuer au moyen d'un système électronique permettant de filtrer les données. C'est une obligation depuis le 1^{er} janvier 2012.

Les prescriptions de l'EWT et de la norme SN EN 15313 constituent les exigences minimales applicables pour les données à saisir. Le détenteur des véhicules ou l'ECM peut demander la saisie de données supplémentaires.

11.1 Catégories de durée pour la sauvegarde des données

Il est recommandé de conserver les données conformément aux prescriptions de la norme SN EN 15313 ou de l'ancien EWT. À cet effet, il convient de respecter les prescriptions ci-après.

Catégorie «I» Les données de maintenance dynamique de l'essieu saisies, relevant de la catégorie «I», doivent être sauvegardées au moins jusqu'à la prochaine maintenance des composants concernés (p. ex. entre une remise à neuf des roulements et la prochaine).

Catégorie «II» Les données de la catégorie «II» doivent être sauvegardées pendant toute la durée de vie des composants concernés.

Catégorie «III» Les données de la catégorie «III» doivent être sauvegardées pendant toute la durée de vie de l'essieu.

Il est recommandé de conserver toutes les données, quelle que soit la catégorie, pendant une durée maximale de cinq ans après la mise au rebut des composants (essieu, essieu-axe et roue).

Toute autre disposition prévue par des normes, des lois ou des prescriptions nationales ou européennes (p. ex. certification ECM) doivent être obligatoirement observées!

N°	Désignation	Remarque	Application		Catégorie
			Wagon de marchandises	Véhicule soumis aux STI LOC & PAS	
101	Numéro de série de l'essieu	La pratique courante consiste à utiliser le numéro de l'essieu.	X	X	III
102	Modèle d'essieu ou désignation alternative	–	X	X	III
103	Tous les détenteurs connus du ou des véhicules sur lesquels l'essieu a été monté	Si pertinent (si un changement de détenteur a eu lieu). Les données doivent être enregistrées à partir du premier changement de détenteur connu. Cette information n'est pas nécessaire si toutes les données de cette base de données sont déjà connues depuis la première saisie de l'essieu.	X	X	III
104	Numéro de certificat et organisme désigné dans la déclaration de conformité CE (essieux conformes aux STI) Numéro d'homologation et organisme d'homologation ou de certification (autres essieux-axes)	Si disponible	X	X	III
105	Poids par essieu max. admissible	Pour l'essieu entier (essieu-axe, roues et roulements)	X	X	III
106	Monteur des roues sur l'essieu-axe (le fabricant s'il s'agit du montage initial)	Pour les essieux à roulements à rouleaux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs à roulements à rouleaux: obligatoire.	X	X	III
107	Date du montage des roues (mois/année)	Pour les essieux à roulements à rouleaux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs à roulements à rouleaux: obligatoire.	X	X	III
108	Monteur d'autres composants assemblés (sans roulement et joints d'étanchéité) (le fabricant s'il s'agit du montage initial)	Pour les essieux à roulements à rouleaux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs à roulements à rouleaux: obligatoire.	a)	X	III
109	Date de montage d'autres composants assemblés (sans roulement et joints d'étanchéité) (mois/année)	Pour les essieux à roulements à rouleaux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs à roulements à rouleaux: obligatoire.	a)	X	III

N°	Désignation	Remarque	Application		Catégorie
			Wagon de marchandises	Véhicule soumis aux STI LOC & PAS	
110	Date à laquelle l'essieu a été a été prélevé dans le parc de véhicules par le propriétaire du ou des véhicules (mise au rebut, vente, etc.)	–	X	X	III
201	Numéro unique de l'essieu-axe dans le lot après usinage	–	X	X	III
202	Modèle d'essieu-axe ou désignation alternative	–	X	X	III
203	Numéro de certificat et organisme désigné dans la déclaration de conformité CE (essieux conformes aux STI) Numéro d'homologation et organisme d'homologation ou de certification (autres essieux)	Si disponible	X	X	II
204	Fabricant	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
205	Date de fabrication (mois/année)	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
206	Numéro de coulée	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
207	Matériau (état après traitement thermique)	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
208	Poids par essieu max. admissible	Essieu-axe uniquement	X	X	II
209	Norme de fabrication de l'essieu-axe	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire. La norme de fabrication est directement liée à la date de fabrication (UIC; EN).	X	X	II

Tableau 11-1: essieu-axe en général; prescriptions relatives à la saisie des données conformément à la norme SN EN 15313, annexes A et B

a) Ces données sont facultatives pour la base de données.

N°	Désignation	Remarque	Application		Catégorie
			Wagon de marchandises	Véhicule soumis aux STI LOC & PAS	
301	Modèle de roue ou désignation alternative	–	X	X	III
302	Roues bandagées	Oui/Non	X	X	II
303	Roues à suspension élastomère	Oui/Non	N/A	X	II
304	Monteur des roues à suspension élastomère (le fabricant s'il s'agit du montage initial)	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	N/A	X	II
305	Date du montage des roues à suspension élastomère (mois/année)	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	N/A	X	II
306	Numéro de certificat et organisme désigné dans la déclaration de conformité CE (essieux conformes aux STI) Numéro d'homologation et organisme d'homologation ou de certification (autres essieux)	Si disponible	X	X	II
307	Fabricant	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
308	Date de fabrication (mois/année)	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
309	Matériau (état après traitement thermique)	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
310	Numéro de coulée	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	II
311	Poids par essieu max. admissible	Roue uniquement	X	Non	II

Tableau 11-2: roues; prescriptions relatives à la saisie des données conformément à la norme SN EN 15313, annexes A et B

N°	Désignation	Remarque	Application		Catégorie
			Wagon de marchandises	Véhicule soumis aux STI LOC & PAS	
401	Modèle de boîte d'essieu ou désignation alternative	–	X	X	II
402	Modèle de roulement à rouleaux	Roulement à rouleaux cylindriques, roulement à rotule, etc.	X	X	II
403	Fabricant d'origine du roulement	Le composant comprend la bague extérieure, la cage et le roulement.	X	X	II
404	Entité en charge de la transformation du roulement (p. ex. pour des cages en matériau composite)	Si applicable	X	X	I
405	Date de fabrication du roulement à rouleaux sous une forme claire ou codée	Pour les essieux déjà en service: si disponible. Pour les essieux neufs: obligatoire.	X	X	I
406	Modèle de cage	Polyamide, laiton avec rivets en acier, acier	X	X	I
407	Désignation de la graisse de lubrification des boîtes d'essieu	–	X	X	I
408	Numéro de lot de la graisse de lubrification des boîtes d'essieu	–	X	X	I
409	Date de fabrication de la graisse de lubrification des boîtes d'essieu (mois/année)	–	X	X	I

Tableau 11-3: boîte d'essieu; prescriptions relatives à la saisie des données conformément à la norme SN EN 15313, annexes A et B

N°	Désignation	Remarque	Application		Catégorie
			Wagon de marchandises	Véhicule soumis aux STI LOC & PAS	
501	Date de la maintenance	–	X	X	II
502	Plan de maintenance applicable	Numéro de document	X	X	II
503	Niveau de maintenance	Code défini dans le plan de maintenance	X	X	II
504	Atelier de maintenance ou site	–	X	X	II
505	Dernière entité en charge de la maintenance du roulement	Si n'est pas identique à l'atelier de maintenance	X	X	I
506	Date de la prochaine maintenance régulière de l'essieu	–	X	X	I

Tableau 11-4: maintenance des essieux; prescriptions relatives à la saisie des données conformément à la norme SN EN 15313, annexes A et B

N°	Désignation	Remarque	Application		Catégorie
			Wagon de marchandises	Véhicule soumis aux STI LOC & PAS	
601	Propriétaire du véhicule	–	X	X	III
602	Numéro du véhicule	–	X	X	III
603	Code STI/UIC du véhicule	p. ex. Sgmmns	X	N/A	III
604	Classe du véhicule	Si disponible, p. ex. 648	X	N/A	III
605	Poids par essieu max. admissible	Pour le véhicule	X	N/A	III
606	Date de montage de l'essieu dans le véhicule	–	X	X	III
607	Date de démontage de l'essieu du véhicule	–	X	X	III
608	Kilométrage de l'essieu depuis son montage dans le véhicule	Si disponible (ou évalué d'une autre manière)	X	X	III
609	Événements pendant l'exploitation	Examens spéciaux réalisés dans le cas de dommages significatifs exceptionnels (p. ex. déraillement, surcharge, courts-circuits par la boîte d'essieu, crue, rupture de la roue, rupture de l'essieu-axe, collision de wagons) (description de la cause, atelier, date)	X	X	III

Tableau 11-5: données relatives au véhicule sur lequel l'essieu est monté et événements survenus pendant l'exploitation. Prescriptions relatives à la saisie des données conformément à la norme SN EN 15313, annexes A et B

12 Nettoyage, lubrification et protection contre la corrosion

12.1 Nettoyage

Le nettoyage des essieux a pour but d'éliminer l'encrassement lié à l'exploitation, ainsi que les revêtements qui se détachent avant de procéder à leur usinage si ce nettoyage est nécessaire pour la poursuite du traitement des essieux. L'objectif est également d'assurer une certaine hygiène sur les postes de travail.

Les essieux doivent aussi être nettoyés avant un contrôle visuel ou métrologique général, et avant toute opération de montage. Les essais non destructifs requièrent un nettoyage spécial selon des exigences particulières pour la surface à nettoyer. Sur les revêtements neufs, un nettoyage est également nécessaire pour optimiser l'adhérence du revêtement.

Avant de nettoyer un essieu entier, il est important de connaître les niveaux de remise à neuf qu'il faut appliquer pour pouvoir choisir une méthode de nettoyage adaptée ou la protection nécessaire pour les pièces.

Le nettoyage de certaines pièces de l'essieu, en particulier certains modèles de boîte d'essieu, de roulement de transmission et de palier de suspension, et de leurs pièces, qui est nécessaire dans le cadre d'une remise à neuf complète, doit être réalisé séparément avec des installations de lavage industrielles adaptées.

12.1.1 Méthodes de nettoyage

Les méthodes de nettoyage suivantes peuvent être appliquées en tenant compte des équipements de l'atelier et des pièces de l'essieu qui doivent être protégées:

- au mouillé, manuellement, avec un nettoyeur à haute pression à l'eau claire chaude ou froide, avec ou sans additif de nettoyage, avec ou sans lessivage préalable
- au mouillé dans une installation de lavage industrielle, avec ou sans additif de nettoyage, avec ou sans lessivage préalable
- à sec, avec des brosses métalliques ou des outils à poncer non abrasifs de préférence pour enlever les revêtements et la rouille
- par grenaillage en respectant les directives applicables (p. ex. VPI 04, annexe 13)

Si des produits nettoyants à base d'acide sont utilisés, les pièces lavées doivent être neutralisées pour empêcher toute corrosion au niveau des joints et sur les surfaces métalliques. Dans le cas de nettoyants basiques (lessives), aucune neutralisation n'est nécessaire en principe. L'idéal est d'opter pour un séchage rapide.

Si des méthodes de nettoyage à sec, qui génèrent généralement de la poussière et de l'abrasion, sont appliquées, un nettoyage fin et approfondi de l'élément de construction doit être effectué consécutivement afin de le débarrasser complètement des résidus d'abrasion ou de grenaillage.

Si des brosses métalliques sont utilisées, il ne faut pas se contenter de polir les surfaces présentant des traces de rouille et des impuretés. En effet, les surfaces ainsi polies risquent de prendre un aspect métallique brillant et d'empêcher le revêtement d'adhérer suffisamment. Du point de vue du rendement et du résultat, la préparation de la surface à l'aide d'outils mécanisés est plus efficace qu'une préparation manuelle, mais cela n'égale pas la qualité de résultat du grenaillage.

Quelle que soit la méthode de nettoyage, les éléments de construction ou les zones qui ne doivent pas être nettoyés ou qui sont sensibles au produit de nettoyage correspondant (p. ex. le siège des roulements lors du sablage) doivent être protégés de manière fiable avec des moyens appropriés. Même si le nettoyage est réalisé avec précaution, ce n'est pas suffisant et cela ne remplace en aucun cas une bonne protection.

Sur les essieux-axes, il convient de noter que les rayons de raccordement entre les différents diamètres sont généralement les zones subissant le plus de contraintes dynamiques. Aucune méthode mécanique ne doit être employée dans ces zones (p. ex. grattoir triangulaire, racloir, spatule). Les outils à poncer abrasifs endommagent souvent la surface, causant l'apparition d'entailles. Il convient donc aussi de les éviter.

Lors du nettoyage, on tiendra généralement compte des points énoncés ci-après.

- Le produit de nettoyage ne doit pas attaquer le matériau de base (matériaux d'étanchéité et matières synthétiques/caoutchouc). Les indications du fabricant à cet égard seront observées le cas échéant.
- Après un lavage au moyen de produits nettoyants acides/basiques, une neutralisation est nécessaire. Si aucun traitement consécutif n'est effectué, une protection temporaire et appropriée contre la rouille doit être appliquée après le séchage.
- La température de lavage doit être adaptée si le revêtement ne doit pas être attaqué ou si les matériaux d'étanchéité et les matières synthétiques/le caoutchouc ne doivent pas être endommagés.
- Les essieux dont les roulements et les transmissions ne sont pas démontés, ainsi que les essieux montés ne doivent pas être lavés s'il est impossible d'empêcher avec certitude la pénétration d'eau et de produits de lavage dans les roulements. Lors du nettoyage avec des moyens mécaniques (p. ex. brosses métalliques ou moyens de polissage non abrasifs), les composants sensibles doivent être protégés de la poussière. La surface de l'axe ne doit pas être endommagée.

12.1.2 Standards de nettoyage

Le tableau suivant s'appuie sur l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation pour préciser l'état dans lequel doit être la pièce nettoyée pour pouvoir réaliser les différents travaux sur l'essieu.

	Amas de saletés éliminés, revêtement propre	Revêtement mal adhérent éliminé	Revêtement éliminé (par action mécanique et chimique)	Pièce métallique à nu, sans graisse
Reprofilage	x	–	–	–
Pose de bandage	x	x	–	–
Remplacement du profil de roue	x	x	–	–
Essai non destructif MT et PT	–	–	x	–
Essai non destructif UT pour l'usure concave, essieu monté	x	–	–	–
Essai non destructif UT pour l'usure concave, essieu démonté	x	x	–	–
Remise à neuf des roulements	–	–	–	x
Pose d'un nouveau revêtement	–	–	–	x
Réparation des revêtements endommagés	–	–	x	–
Montage de disques de frein	x	x	–	–
Montage de pièces de transmission	x	x	–	x
Contrôle dimensionnel des essieux (p. ex. profil de roue)	x	–	–	–

Tableau 12-1: standards de nettoyage pour le traitement des essieux

12.2 Lubrification

12.2.1 Boîte d'essieu

12.2.1.1 Palier lisse

Les paliers lisses (boîtes d'essieu, paliers de suspension et paliers des axes creux) sont généralement lubrifiés à l'huile. Il s'agit le plus souvent d'une lubrification par barbotage, et plus rarement d'une lubrification par compte-gouttes.

Le fonctionnement des véhicules équipés de paliers lisses exige des connaissances spéciales et de l'expérience sur les différents types d'huile utilisés et les intervalles de contrôle des équipements de lubrification. Quel que soit le type de lubrification choisi, il est important de s'assurer que le type d'huile utilisé et sa viscosité (capacité à lubrifier à haute température, action capillaire des mèches de lubrification) sont adaptés à l'application prévue.

Étant donné qu'il s'agit le plus souvent de véhicules à faible kilométrage (p. ex. véhicules historiques), des déplacements doivent être réalisés régulièrement pour empêcher des dommages liés aux périodes d'arrêt (corrosion par l'oxygène). Lorsque la lubrification passe par un carter, il est important de vérifier que l'eau s'écoule régulièrement du réservoir (altération des mèches de lubrification, défaut de lubrification). Avec ce mode de lubrification, il est également nécessaire de vérifier régulièrement l'état des ressorts de pression des tampons graisseurs pour éviter que des ressorts affaiblis ou cassés provoquent l'apparition de boîtes chaudes ou un défaut de lubrification.

Étant donné la grande variété de paliers lisses existants et sachant que les paliers lisses sont de moins en moins utilisés, aucune autre recommandation n'est formulée pour ce type de roulement et sa lubrification.

12.2.1.2 Roulement à rouleaux

Les boîtes d'essieu sont des composants de l'essieu déterminants pour la sécurité. Il convient donc d'accorder à ces composants la même attention en matière de lubrification que celle qui est généralement accordée aux essieux.

Les graisses pour boîte d'essieu sont des lubrifiants spécialement conçus pour le champ d'application prévu. La graisse pour boîte d'essieu (produits de base présentés au Tableau 12-2) doit satisfaire aux exigences de la norme SN EN 12081 afin d'être autorisée. Par rapport aux graisses de lubrification normales, elle doit notamment satisfaire aux exigences supplémentaires suivantes:

- stabilité mécanique
- stabilité thermique
- protection contre la corrosion

Les graisses de lubrification pour boîte d'essieu doivent être soumises non seulement à une homologation, mais aussi à un essai par lots. C'est d'autant plus recommandé si les exigences de stabilité mécanique de la graisse pour boîte d'essieu sont strictes et s'il est important de minimiser le risque de défaillance de la boîte d'essieu dans le cadre d'un kilométrage important et de longs cycles de révision. Une sélection de graisses autorisées et testées est proposée dans le Tableau 12-2.

Les boîtes d'essieu sont testées sur un banc d'essai et autorisées dans le cadre de l'homologation de série en utilisant une graisse de lubrification prescrite par les normes SN EN 12080 et SN EN 12082. Il est donc possible de changer le type de graisse sans clarification technique détaillée, en particulier si un certain nombre de conditions concernant le véhicule (p. ex. trafic à grande vitesse) ou les conditions ambiantes (p. ex. plage de températures basses) sont réunies.

Les graisses pour boîte d'essieu possèdent généralement des propriétés de lubrification minimales garanties pendant une durée de vie définie par le fabricant de la graisse. Cette durée de vie est typiquement de 6 ans ou 1 à 1.2 million de kilomètres à partir de l'utilisation du lubrifiant. Une boîte d'essieu peut rester en exploitation au-delà de cette durée sans changer la graisse à condition de remplir un certain nombre de conditions (respect des délais de révision selon les chapitres 8 à 10):

- démonstration du maintien de la capacité de lubrification par une analyse de la graisse sur des boîtes d'essieu d'une flotte de même construction (démontage pour le contrôle, plutôt pour les véhicules extrêmement sollicités et avec un important kilométrage)
- démonstration du maintien de la capacité de lubrification par un contrôle visuel de la graisse (évaporation de l'huile, distribution de la graisse, contrôle des particules fines dans le lubrifiant) pour les véhicules moyennement sollicités et avec un kilométrage intermédiaire
- extension de l'intervalle de révision jusqu'à 16 ans maximum pour les véhicules à faible kilométrage, sans autre contrôle; l'évaluation est effectuée uniquement sur la base des kilomètres parcourus et des observations réalisées jusqu'alors en exploitation (groupes d'essieux A et B selon la section 8.3.1)
- extension de l'intervalle de révision jusqu'à 20 ans exceptionnellement pour les véhicules à très faible kilométrage (wagons de service généralement) et contrôle intermédiaire de la boîte d'essieu après 10 ans selon la section 8.3.2 pour le groupe d'essieux D2

Les véhicules neufs sont mis en circulation avec une indication de durée de vie (kilométrage ou temps) pour la boîte d'essieu et la graisse de lubrification. L'exactitude de cette indication doit être vérifiée par un démontage de la boîte d'essieu à titre de contrôle et par des analyses de la graisse dans le cadre d'un essai en conditions réelles. Idéalement, le délai de maintenance sera défini de manière à pouvoir coordonner dans le temps la remise à neuf de la boîte d'essieu et un regraissage complet, et éventuellement le remplacement du profil de roue de l'essieu.

L'objectif est dans la mesure du possible de laisser les boîtes d'essieu en exploitation sans renouveler la lubrification. Le renouvellement de la lubrification peut cependant s'avérer pertinent sur les véhicules à très grand kilométrage pour prolonger la durée d'utilisation des boîtes d'essieu en bon état mécanique sans effectuer de révision. Le renouvellement de la lubrification des boîtes d'essieu exige des connaissances approfondies sur le comportement du lubrifiant en usage et doit être vérifié en réalisant un essai en conditions réelles.

La pollution extérieure est susceptible de diminuer considérablement la durée de vie des graisses de lubrification des boîtes d'essieu. Les éléments d'étanchéité des boîtes d'essieu (bouchons métalliques, joints à lèvres, joints à lamelles, rondelles de feutre, joints à labyrinthe) doivent donc être comme neufs après chaque remise à neuf de la boîte d'essieu et du corps de la boîte d'essieu. Lors du nettoyage des véhicules, on veillera également à empêcher les saletés et les produits nettoyants de pénétrer dans la graisse de lubrification.

La quantité de graisse à introduire dans la boîte d'essieu est préalablement déterminée. La quantité de lubrifiant doit être répartie dans la boîte d'essieu selon des critères définis. Ces critères de répartition de la graisse varient en fonction du modèle de la boîte d'essieu et prennent en compte le comportement du roulement en service. La graisse de lubrification doit être introduite dans la boîte d'essieu dans un environnement propre pour empêcher dans la mesure du possible que des particules de corps étrangers (particules sales) pénètrent dans le roulement. Il est interdit de réaliser une lubrification par circulation comme cela se faisait auparavant, de même qu'il est interdit de remplir le volume entier de la boîte car cela augmente la température de service.

Les accessoires de montage (pâte de montage, protection contre la corrosion de contact) utilisés pour monter les boîtes d'essieu doivent être compatibles avec les graisses de lubrification utilisées. Il convient d'éviter le mélange de plusieurs graisses de lubrification différentes.

Si la température de service dépasse un seuil de 80 à 90 °C ponctuellement ou à plusieurs reprises, la capacité de lubrification de la graisse en sera réduite. Au-delà de 120 °C, il est probable que la graisse de lubrification devienne totalement inefficace. Les graisses de lubrification de boîtes d'essieu ayant subi une hausse de la température au-delà de ces limites doivent donc être changées le plus rapidement possible.

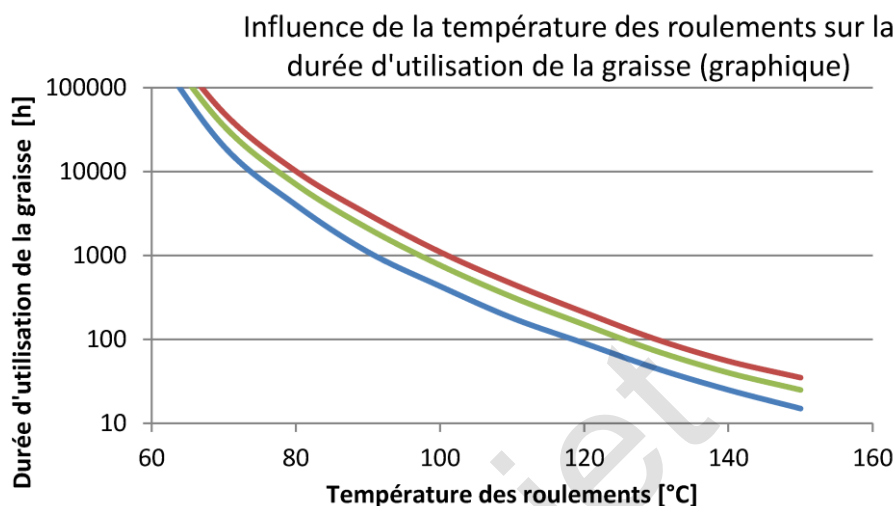


Figure 12 -1: caractéristiques symboliques de la durée d'utilisation de la graisse selon la température dans la boîte d'essieu

Les graisses de lubrification autorisées actuellement pour les boîtes d'essieu sont les suivantes:

Fabricant/type de graisse (produits de base)	Ancienne désignation	Nom du produit donné par le fabricant de la boîte d'essieu ou l'administration des chemins de fer (graisses testées dans le cadre d'un essai par lots)
Shell/GadusRail S3 EUFR	Alvania 2760B Alvania LA	Arcanol L 225, Arcanol L 222 VL-VT188 Alvania 2760 DB Alvania 2760B
Esso/Mobilith SHC 100		VL-GHY
Kajo/085.30	Esso 085.30	VL-VT 437
—	Esso Beacon EP2	Arcanol L42
Shell/GadusRail S4 HS EUFR	Nerita 2858	VL-GEF

Tableau 12-2: graisses pour les boîtes d'essieu

12.2.2 Boîte de transmission et composants de l'entraînement

Il n'existe pas de normes ou de prescriptions obligatoires pour la lubrification des boîtes de transmission et des composants de l'entraînement. Les intervalles de maintenance à appliquer et les travaux à réaliser doivent être déterminés en tenant compte des éléments suivants :

- les indications du fabricant pour les véhicules
- les indications du fabricant pour les différents composants
- l'expérience de l'exploitant
- les résultats des essais réalisés en conditions réelles
- les analyses de risques

Étant donné la grande variété de composants existants, aucune autre recommandation n'est formulée pour la lubrification des boîtes de transmission et des composants de l'entraînement.

12.3 Protection anticorrosion pour l'exploitation

Ce chapitre décrit toutes les opérations qui doivent être réalisées pour assurer une protection efficace contre la corrosion. Les exigences relatives à la finition de surface dans le cadre de l'essai non destructif de l'essieu ne sont pas considérées ici, car elles ont été définies au chapitre 7.

La protection anticorrosion appliquée sur l'essieu-axe et le voile de roue en exploitation a pour but de protéger le matériau sous-jacent contre les risques de corrosion. Une corrosion avancée à la surface de l'axe peut entraîner des fissures et donc une rupture de l'essieu-axe ou du voile de roue et en fin de compte une défaillance prématurée de l'essieu. Un essieu ne peut fonctionner efficacement dans la plage de sollicitations prévues que si une protection performante contre la corrosion est assurée dans le cadre des travaux de maintenance pendant toute la durée de vie de l'axe.

Parallèlement à cela, un revêtement de bonne qualité peut aussi empêcher l'apparition de dommages mécaniques sur l'essieu-axe provoqués par la projection de ballast ou d'autres influences extérieures similaires.

Sur les roues monoblocs, certains revêtements permettent d'identifier le niveau de surcharge thermique du voile de roue causée par les freins à sabot en observant la coloration du revêtement ou sa consommation.

Le type de revêtement et les zones à revêtir sont généralement définis par le fabricant des essieux ou le détenteur des véhicules. Ces derniers doivent dans ce cas s'assurer que le revêtement choisi est conforme aux exigences spécifiées par les ouvrages de référence et les normes en vigueur.

Pendant le transport et le stockage, les différentes pièces d'un essieu doivent aussi recevoir une protection anticorrosion suffisante, comme indiqué au chapitre 13.

12.3.1 Protection anticorrosion de l'essieu-axe

12.3.1.1 Catégories de protection des revêtements de protection anticorrosion

Les revêtements de protection anticorrosion sont répartis dans quatre catégories de protection selon l'utilisation prévue et les travaux de maintenance exigés pour l'essieu-axe suivant la norme SN EN 13261.

Catégorie 1: essieux soumis à une corrosion atmosphérique et à des attaques mécaniques extérieures; ils sont utilisés de préférence à des vitesses supérieures à 200 km/h

Catégorie 2: essieux soumis à des produits corrosifs

Catégorie 3: essieux soumis à une corrosion atmosphérique

Catégorie 4: essieux soumis à une corrosion atmosphérique; conformément à la norme SN EN 13103-1, section 8.1, une réduction admissible de la contrainte dans l'essieu-axe doit être appliquée et justifiée

Le tableau suivant présente les exigences des différentes catégories de revêtement.

	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
Épaisseur du revêtement	x	x	x	—
Adhérence du revêtement	x	x	x	—
Résistance aux chocs	x	—	—	—
Résistance à l'abrasion	x	x	x	—
Résistance à l'eau salée	x	x	x	—
Résistance aux milieux corrosifs	—	x	—	—
Résistance aux contraintes mécaniques cycliques	x	x	x	—

Tableau 12-3: catégories de revêtement des essieux-axes

Le fabricant d'essieux ou le détenteur des véhicules doit s'assurer que les revêtements qu'il spécifie sont conformes aux conditions indiquées dans le tableau. Cela sera vérifié en réalisant des essais normalisés.

12.3.1.2 Essieux-axes avec protection contre les chocs démontable

Outre la protection anticorrosion réalisée par application d'une couche de peinture, la protection démontable des essieux-axes offre une protection contre les chutes de pierres similaire à celle d'un revêtement de la classe 1 (cf. section 12.3.1.1). Elle permet d'éviter dans une large mesure les dommages qui en résultent au niveau de la peinture et de la surface, ainsi que la corrosion et une remise à neuf ou un remplacement prématurés de l'essieu. La ventilation prévue empêche la stagnation de l'humidité et les dommages qui en résultent pour le revêtement de surface. La principale différence par rapport au revêtement de la classe 1 réside dans son caractère démontable, qui permet ainsi de conserver les processus habituels de revêtement de l'essieu-axe, et de la remplacer facilement en cas de dommages.

Montage

La protection de l'essieu-axe est montée sur un essieu-axe revêtu conformément aux exigences de la classe 2 ou 3. Lors du montage, il faut s'assurer que le revêtement de surface est complètement sec et propre, qu'il soit entièrement nouveau ou partiellement réparé. Les prescriptions de montage du fabricant doivent impérativement être respectées, notamment la fixation par des colliers articulés. Les colliers articulés destinés au marquage des essieux ou, le cas échéant, les étiquettes RFID doivent être montés à l'extérieur de la protection de l'essieu-axe.

Maintenance

En exploitation, la protection de l'essieu-axe n'entraîne aucune charge de maintenance supplémentaire. Un contrôle visuel régulier dans le cadre de la maintenance au plus près de l'exploitation est suffisant.

L'enveloppement intégral de l'essieu-axe permet d'éviter dans une large mesure tout endommagement de celui-ci. Un contrôle visuel n'est ni possible ni nécessaire dans cette zone. En présence de signes d'endommagement important de la protection de l'essieu-axe laissant suspecter un éventuel endommagement de l'essieu-axe sous-jacent, la protection doit être démontée et, selon son état, remplacée, et l'essieu-axe doit faire l'objet d'un contrôle approprié.

Lorsqu'une protection d'essieu-axe est remplacée à la suite d'un endommagement ou d'un contrôle, la zone de montage sur l'essieu-axe doit être nettoyée avant d'installer toute nouvelle protection. Un nettoyage à sec est généralement suffisant dans ce cas.

Lors de la remise à neuf, il convient de nettoyer la protection démontée de l'essieu-axe et de vérifier qu'elle n'est pas endommagée, conformément aux prescriptions du fabricant. Il convient de remplacer les éléments de fixation si nécessaire.

Lors du démontage et du montage, il faut veiller à ce que les colliers articulés destinés au marquage de l'essieu monté ou, le cas échéant, les étiquettes RFID soient remontés sur l'essieu correspondant.

Essai par ultrasons des essieux-axes

Lors de l'essai par ultrasons, la protection de l'essieu-axe peut rester sur l'essieu-axe. Toutefois, de fausses indications peuvent apparaître, car les zones de contact entre la protection de l'essieu-axe et l'essieu-axe peuvent générer des indications lors du contrôle. Nous ne disposons pas encore d'expériences solides en la matière. Il convient donc de sensibiliser les contrôleurs en conséquence.

Grâce à la protection de l'essieu-axe et à la forte réduction du risque d'endommagement qui en résulte, les intervalles de contrôle par ultrasons définis en fonction du kilométrage peuvent être adaptés par l'ECM 2, sous réserve de disposer des justificatifs correspondants.



Figure 12 -2: protection de l'essieu-axe montée en exploitation



Figure 12 -3: essieu-axe après démontage de la protection; non nettoyé



Figure 12 -4: essieu-axe après démontage de la protection et nettoyage à sec, présentant de légères marques laissées par la protection

12.3.1.3 Essieux-axes avec un revêtement de protection contre les chocs – catégorie de protection 1

Les essieux-axes qui doivent être traités selon les exigences de la catégorie de protection 1 doivent recevoir un revêtement multicouche qui varie selon la protection contre les chocs choisie. La préparation de la base s'effectue comme indiqué à la section 12.3.1.4.

Le revêtement est quant à lui réalisé comme indiqué à la section 12.3.6.3.

Le traitement de la protection contre les chocs (identification des défauts, réparation et corrosion sous revêtement) reste à clarifier.

12.3.1.4 Essieux-axes avec un revêtement – catégories de protection 2 et 3

Les essieux classés dans les catégories de protection 2 et 3 sont en principe protégés des risques de corrosion par des couches de peinture. Le revêtement doit être réalisé selon les indications du fabricant ou du détenteur des véhicules. De plus amples informations sont fournies à la section 12.3.6.2.

Cela concerne en premier lieu les essieux-axes neufs ou les essieux-axes sur lesquels l'ensemble du revêtement a été rénové. Dans ce cas, le revêtement doit être entièrement renouvelé par peinture avec une préparation adéquate de la base.

12.3.1.5 Essieux-axes sans revêtement – catégorie de protection 4

Les axes peu sollicités qui, du point de vue de la résistance du matériau, utilisent seulement 60 % maximum des contraintes admissibles forment une exception dans le revêtement des axes et sont classés dans la catégorie de protection 4. Ces axes ne requièrent pas de protection contre la corrosion. L'étendue de la formation de rouille doit néanmoins être évaluée.

Les essieux-axes sans revêtement doivent être contrôlés dans le cadre de la maintenance selon les directives du détenteur. Après des travaux de réparation, ces axes sont également remis en service avec des surfaces non protégées.

12.3.1.6 Essieux-axes avec perçage longitudinal

Sur les essieux-axes avec perçage longitudinal (axe creux), le perçage doit être protégé contre la corrosion, quelle que soit la catégorie de protection exigée. La protection anticorrosion à utiliser sera choisie en tenant compte des essais par ultrasons réalisés à travers l'alésage.

Il est recommandé d'entretenir l'alésage en appliquant de l'huile conformément aux exigences de la norme DIN 51501, de type L-AN 150 ou p. ex. Shell Tellus 86. Asperger toute la surface de l'alésage d'huile suffit. Il convient d'éviter tout excès d'huile pour empêcher la formation d'amas d'huile dans l'alésage.

À la livraison d'essieux-axes neufs ou lors du stockage d'essieux sans corps de boîte d'essieu, l'alésage doit être obturé des deux côtés pour le protéger de la corrosion.

Lorsque l'essieu est monté, l'alésage doit rester ouvert. La protection contre les influences extérieures est assurée par le corps de la boîte d'essieu.

12.3.2 Protection anticorrosion des roues

Le revêtement des voiles de roue, s'il est nécessaire, doit être réalisé selon les indications du fabricant ou selon les exemples décrits à la section 12.3.6.2.

Il n'est pas nécessaire de revêtir les surfaces extérieures des roues suivantes:

- table de roulement
- bord de la jante
- face arrière de la jante

Une fois les travaux terminés, les revêtements anticorrosion encore présents sur ces surfaces extérieures doivent être entièrement éliminés. Ils ne doivent être que légèrement enduits d'huile anticorrosion.

L'application d'un enrobage de longue durée à titre de protection du trou du moyeu de la roue pendant le stockage n'est pas considérée comme une protection anticorrosion au sens de ce chapitre.

12.3.2.1 Roues monoblocs

Sur les roues monoblocs qui seront utilisées avec des freins à sabot, une couche de peinture spéciale réagissant aux influences thermiques doit être appliquée au moins du côté extérieur, conformément à la section 12.3.6.4. Cela permet d'identifier visuellement et de l'extérieur toute surcharge thermique causée par les freins à sabot et de procéder à une évaluation générale. Le côté intérieur peut être revêtu selon les indications de la section 12.3.6.2 si le fabricant n'a pas fourni de directives à ce sujet.

12.3.2.2 Corps de roue

Les corps de roue qui se présentent sous la forme de roues monoblocs et de roues à rayons doivent recevoir un revêtement selon le procédé décrit à la section 12.3.6.2 si le fabricant n'a pas fourni de directives spécifiques à ce sujet. On veillera dans ce cas à ce que les surfaces fonctionnelles ne soient pas peintes et qu'elles soient protégées de la corrosion pendant le stockage par un enrobage adapté.

Idéalement, au moins une couche de fond est appliquée sur les corps de roue avant de les monter sur l'essieu-axe et avant de poser le bandage. Une fois le montage sur l'essieu-axe effectué et le montage des bandages et de l'agrafe de bandage terminé, le revêtement final doit être réalisé. L'agrafe de bandage laminée et les surfaces exposées de l'alésage du bandage peuvent aussi être traitées. En revanche, il n'est pas nécessaire d'appliquer un revêtement sur les surfaces indiquées à la section 12.3.2.

12.3.3 Corps de boîte d'essieu

Les corps de boîte d'essieu doivent recevoir un revêtement conformément aux directives du fournisseur ou du détenteur des véhicules. En l'absence de documents afférents, le revêtement peut être réalisé comme indiqué à la section 12.3.6.2. Il n'est pas nécessaire d'appliquer un revêtement sur les surfaces fonctionnelles. En revanche, elles doivent être protégées temporairement contre la rouille. L'idéal est de réaliser le revêtement des corps de boîte d'essieu lorsque l'essieu est démonté. Selon le modèle, on vérifiera que les orifices d'écoulement d'eau et de purge ne sont pas obturés par le revêtement pour éviter l'accumulation d'eau. La peinture du corps et du couvercle de la boîte d'essieu ne doit pas être brillante pour ne pas perturber les détecteurs de boîtes d'essieu chaudes.

Au moins les couvercles des corps de boîte d'essieu sur les wagons doivent être revêtus d'une couche de peinture thermosensible, comme indiqué à la section 12.3.6.4.

Les marquages en couleur sur les corps et les couvercles des boîtes d'essieu, p. ex. les marquages appliqués sur les roues monoblocs soumises à d'importantes contraintes thermiques, doivent être réalisés lorsque la correspondance avec l'essieu est sans équivoque, soit par un apport de matériel garanti, soit après le montage sur l'essieu.

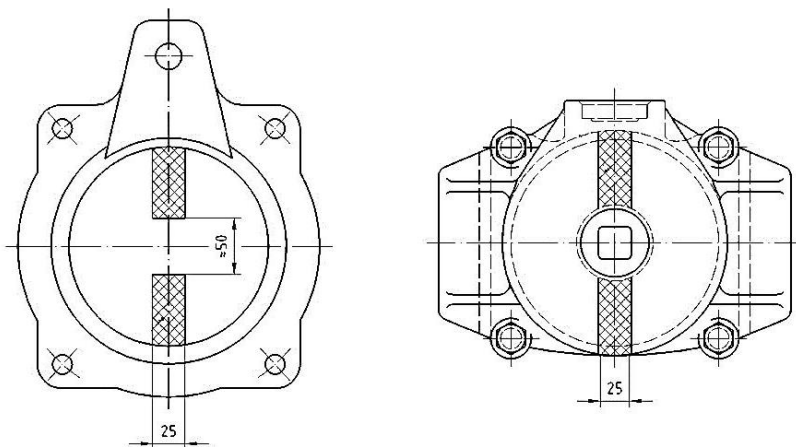


Figure 12-5: marquage d'essieux soumis à d'importantes contraintes thermiques d'un trait blanc discontinu

12.3.4 Protection anticorrosion de l'essieu complet

Indépendamment du moment où le revêtement est appliqué au cours du processus de fabrication, l'essieu monté doit être revêtu et le revêtement ainsi appliqué doit sécher suffisamment pour ne pas être endommagé par l'équipement utilisé dans le cadre du transport.

Il est recommandé de remplir les creux dissimulés qui se sont formés en raison des débordements sur l'assise de la roue, afin de rendre les jointures étanches aux influences extérieures. Il est possible d'utiliser p. ex. du silicone.

12.3.5 Préparation de la base

Une préparation soigneuse de la base est absolument nécessaire pour assurer la qualité de la protection anticorrosion. Si les travaux de nettoyage ne sont pas réalisés avec soin, il est impossible de garantir l'efficacité de la protection anticorrosion.

Il est supposé que les composants de l'essieu sont démontés. Si l'essieu est monté, il est important de protéger les pièces qui ne doivent pas être traitées, ainsi que les zones de liaison pour éviter la pénétration des produits nettoyants et les dommages consécutifs.

12.3.5.1 Retrait des revêtements usés

Pour éliminer les anciennes couches de peinture, il est possible d'appliquer un certain nombre de méthodes non abrasives qui ne détériorent pas l'axe et qui garantissent le résultat exigé en surface:

- grenaillage au moyen de la grenaille définie
- brossage
- jet d'eau à haute pression
- décapage

Une fois le nettoyage mécanique terminé, aucune trace de poussière ou de saleté ne doit subsister sur la base. En l'absence d'indications du fabricant, il est recommandé de respecter les qualités de surface suivantes selon les zones de l'essieu-axe, comme indiqué dans la Figure 9-1:

(pour une adhérence optimale de la peinture: $R_a = 4-10 \mu\text{m}$)

- essieu-axe, dans les courbes de raccordement: $R_a 0.8-1.6$
- essieux-axes, sur le corps de l'axe: $R_a 3.2-6.3$
- voile de roue: $R_a 6.3$ à $R_a 12.5$

Les diverses opérations de nettoyage et de revêtement sont à réaliser au plus vite pour éviter la formation de rouille.

S'il n'est pas nécessaire de retirer le revêtement en place, la rouille ou la peinture qui adhère en surface sera enlevée p. ex. avec une brosse métallique ou en appliquant une méthode mécanique adaptée. Un degré de pureté normalisé St 2 doit être respecté, conformément aux spécifications de la norme SN EN ISO 12944-4 ou SN EN ISO 8501-1.

12.3.5.2 Nettoyage et préparation en vue du revêtement

On utilise généralement des produits de nettoyage et de neutralisation alcalins pour nettoyer et dégraisser les surfaces. Des informations plus détaillées sont habituellement fournies par le fabricant de peinture. La base doit être sèche une fois le nettoyage terminé et aucune trace de graisse, de saleté ou de silicone ne doit subsister. Le revêtement doit être appliqué aussitôt après le séchage et le refroidissement de l'essieu-axe à env. 20-35 °C.

12.3.6 Types de revêtement

Les types de revêtement varient selon les exigences d'utilisation de l'essieu ou les directives du fabricant. Des exemples de revêtement possibles sont présentés dans cette section. Les produits cités ne représentent cependant qu'une partie de l'éventail de produits disponibles. La liste finale des produits à utiliser est établie par le détenteur des véhicules.

12.3.6.1 Structure monocouche et multicouche

Le revêtement de peinture est généralement formé d'une couche de fond et d'une couche de surface. Les couches et leur épaisseur doivent être coordonnées entre elles. Les revêtements monocouches sont également une pratique courante. En règle générale, c'est au fabricant de l'essieu ou au détenteur des véhicules de déterminer la structure du revêtement. Voici quelques exemples.

Structure monocouche

- Eposist 2001, Wilckens
- Thermalbond, WHPC
- SikaCor 6630 high-solid, Sika

L'application s'effectue de préférence par projection et l'épaisseur de la couche sèche doit être d'au moins 100 µm. Les structures monocouches peuvent aussi être constituées de plusieurs couches successives d'un même produit de revêtement pour atteindre l'épaisseur requise.

Structure multicouche

- Couche de fond primaire PVB (polybutyral de vinyle) 1K, épaisseur minimale de la couche 40 µm, peinture de finition copolymère 1K, épaisseur minimale de la couche 150 µm
- Couche de fond base métallique époxy 2K, épaisseur minimale de la couche 40 µm, peinture de finition époxy 2K épaisseur «élastifiée», épaisseur minimale de la couche 150 µm
- Couche de fond primaire époxy 2K, épaisseur minimale de la couche 80 µm (deux fois 40 µm), peinture de finition polyuréthane 2K, épaisseur minimale de la couche 40 µm

Il est possible d'appliquer les revêtements par enduction ou par projection. Aucune coulée ne doit se former. Le temps de séchage prédéfini pour chaque revêtement doit être respecté dans les conditions exigées. Si des températures élevées imposent un séchage forcé, les indications du fabricant doivent être observées.

L'épaisseur totale de la couche ne doit pas dépasser 500 µm. La mise en œuvre de mesures de contrôle adaptées doit garantir la qualité du revêtement.

12.3.6.2 Revêtement avec protection contre les chocs

Les revêtements possédant des propriétés de protection contre les chocs sont conçus pour empêcher que des chocs extérieurs, p. ex. des chocs causés par la projection de ballast, endommagent l'essieu-axe. Cette protection n'est cependant nécessaire que pour les essieux classés dans la catégorie de protection 1 pour les grandes vitesses et elle n'est pas encore totalement aboutie sur le plan technique.

La structure suivante peut p. ex. servir de revêtement de protection (selon Bochumer Verein):

Protection anticorrosion: primaire PVB 1K, épaisseur de la couche 20 à 30 µm
copolymère 1K (WUS), épaisseur minimale de la couche 150 µm

Protection anti-choc: PU 2K (Terotex), épaisseur minimale de la couche 6 mm

La structure et les matières de la protection contre les chocs doivent être conformes aux directives du fabricant.

12.3.6.3 Revêtement thermosensible

Les revêtements thermosensibles modifient leurs propriétés dans certaines limites en fonction de la température. Ils sont particulièrement utiles pour détecter les surcharges thermiques des pièces. Dans le domaine des essieux, ils sont utilisés sur les roues monoblocs équipées d'un frein à sabot et parfois sur les couvercles des boîtes d'essieu des wagons. Ces revêtements permettent de contrôler visuellement et facilement les dommages éventuellement causés par un échauffement important. Les produits recommandés sont les suivants:

- SEB 9305, Wilckens
- BD 18, Novatic

L'application s'effectue de préférence par projection et l'épaisseur de la couche sèche doit être d'au moins 100 µm. D'autres produits peuvent être définis par le fabricant des essieux ou par le détenteur des véhicules.

12.3.6.4 Revêtement des corps des boîtes d'essieu

Pour le revêtement des corps des boîtes d'essieu, il est recommandé d'appliquer des couches de peinture dont la surface va se matifier après le séchage. La couleur doit varier entre le noir et le gris foncé.

L'application d'un revêtement en couleur sur le corps des boîtes d'essieu est recommandée pour éviter qu'une réflexion perturbe les détecteurs de boîtes d'essieu chaudes.

À noter que la norme SN EN 15437-1 (section 5.5) n'impose aucune règle à ce sujet. Les recommandations formulées ci-dessus s'alignent sur l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation en Suisse.

12.3.7 Retouches de peinture sur les essieux

Si plus de 30 % env. de la surface du revêtement de l'axe ou du voile de roue est endommagé, il est nécessaire de démonter l'essieu et de rénover l'intégralité du revêtement en observant les exigences correspondant à la catégorie de protection concernée. Le retrait du revêtement en place peut être réalisé selon les indications de la section 12.3.1.

Les essieux dont le dommage n'atteint pas 30 % de la surface peuvent être traités sans être démontés, comme indiqué ci-après.

Les revêtements de la catégorie de protection 1 doivent être traités spécifiquement selon les directives du fabricant.

12.3.7.1 Travaux de préparation à l'état monté

Les boîtes d'essieu et les boîtes de transmission montées doivent être efficacement protégées des saletés avant de retirer le revêtement endommagé.

Les zones endommagées doivent être éliminées de manière à conserver uniquement une couche de peinture qui adhère bien autour de l'endroit concerné. Il est possible d'utiliser une brosse métallique (des brosses métalliques mécaniques sont aussi autorisées) constituée de fibres métalliques ou un racloir avec une lame d'acier ou en métal dur pour ne pas provoquer des dommages mécaniques à la surface de la pièce. Les transitions avec la couche de peinture en bon état doivent être poncées au moyen de papier abrasif à grain 80 ou plus fin de sorte qu'il ne subsiste aucune arête vive.

Les éléments épars, qu'il s'agisse de rouille, de revêtement qui se détache ou de toute autre impureté extérieure, doivent être éliminés de la surface des autres zones. La zone du revêtement à réparer doit être traitée et présenter une surface métallique propre et brillante, sans traces de rouille, une fois traitée.

Elle doit également être dégraissée au moyen d'un nettoyant à action rapide ou d'un nettoyant pour frein et du papier absorbant propre, en veillant à ne pas amener ce faisant de nouvelles saletés depuis les bords de la zone endommagée. Si des gants de protection sont utilisés, il est important de s'assurer qu'ils sont propres. L'idéal est d'utiliser des gants à usage unique et de ne pas toucher la zone propre à mains nues.

12.3.7.2 Revêtement à l'état monté

Pour pouvoir appliquer le revêtement choisi, l'essieu, ou au moins la zone à réparer, doit être à la température minimale définie par le fabricant de peinture. La surface à revêtir doit être sèche. D'importants écarts de température peuvent provoquer l'apparition de rosée, ce qui n'est pas autorisé.

La protection anticorrosion doit être réparée en utilisant le produit indiqué par le détenteur des véhicules et en observant systématiquement les consignes du fabricant.

Le revêtement est généralement appliqué par enduction avec un pinceau plat. Sur l'essieu-axe, l'application s'effectue toujours dans le sens de la longueur. Pour obtenir une épaisseur suffisante une fois la couche sèche, une double enduction est nécessaire et les temps de séchage intermédiaires indiqués par le fabricant doivent être respectés.

Le revêtement doit être sec hors poussière lorsque l'essieu est remis en exploitation.

12.4 Protection anticorrosion temporaire pour le stockage

Une protection anticorrosion temporaire désigne le revêtement de surfaces traitées par un enrobage qui empêche l'apparition de rouille pendant de longues périodes de stockage. Ces revêtements ne constituent pas une protection anticorrosion pour l'exploitation.

En matière de protection anticorrosion temporaire, il convient de distinguer les différentes durées de stockage pendant lesquelles le composant doit être protégé. On définit par «stockage de courte durée» le stockage intermédiaire d'une pièce qui sera traitée dans les 48 heures. Si ce délai est dépassé, on parle alors de «stockage de longue durée».

En fonction des durées de stockage, on distingue également la protection anticorrosion de courte durée et celle de longue durée.

12.4.1 Protection anticorrosion de courte durée

Une protection anticorrosion de courte durée nécessite, quel que soit le produit anticorrosion utilisé, un stockage dans des locaux secs et tempérés, ainsi qu'une protection contre l'humidité pendant le transport. Selon l'application et la situation, les produits anticorrosion suivants peuvent être utilisés:

- résidus de lubrifiant de refroidissement issus de l'usinage précédent
- huile anticorrosion
- capuchons de protection ou caches adaptés

La protection anticorrosion de courte durée doit être appliquée sur des surfaces usinées non peintes. La jante fait exception à cette règle: elle ne doit pas être protégée.

12.4.2 Protection anticorrosion de longue durée

Une protection anticorrosion de longue durée nécessite, quel que soit le produit anticorrosion utilisé, un stockage au sec. En principe, les pièces doivent également être protégées de l'humidité pendant le transport. Il est toutefois possible de déroger à cette exigence dans des cas exceptionnels, pour de courts transports internes au site.

Voile de roue

Les zones non peintes doivent être protégées contre la corrosion:

- trou du moyeu pré-percé: légèrement huilé
- trou du moyeu usiné aux dimensions finales: protégé avec des produits appropriés ²⁾, obturé si nécessaire des deux côtés de manière à assurer une protection anticorrosion
- trou d'extraction de l'huile légèrement huilé, côté fileté obturé par un capuchon de protection
- surfaces de montage des disques de frein sur roue et des taquets d'entraînement: protégées avec des produits appropriés ^{*)}
- surfaces de frottement des freins à disques: légèrement huilées
- jante: légèrement huilée

Essieu-axe, ébauche forgée

- Pas de protection anticorrosion sur les surfaces extérieures, même à l'état pré-tourné
- Le cas échéant, alésage creux protégé par de l'huile conforme à la norme DIN 51501, type AN 150, et obturé des deux côtés de manière à garantir une protection anticorrosion

Essieu-axe, partiellement usiné ou prêt à monter

- Zones non peintes protégées avec des produits appropriés ²⁾
- Trous filetés aux extrémités protégés contre la corrosion
- Le cas échéant, alésage creux protégé par de l'huile conforme à la norme DIN 51501, type AN 150, et obturé des deux côtés de manière à garantir une protection anticorrosion

Disque de frein sur essieu-axe

- Trou du moyeu protégé avec des produits appropriés ²⁾
- Trou d'extraction de l'huile légèrement huilé, côté fileté obturé par un capuchon de protection
- Surfaces de frottement des freins à disques: légèrement huilées

2) Les produits suivants ont fait leurs preuves dans la pratique en tant que produits anticorrosion courants pour ces zones:

- Tectyl 846-K-19
- Tectyl 506EH
- Maxolen 41 Corr Protect

D'autres produits anticorrosion peuvent être utilisés s'ils présentent des propriétés au moins équivalentes à celles des produits mentionnés ci-dessus en termes de protection du matériau et de facilité d'utilisation.

13 Transport et stockage des essieux et de leurs pièces

13.1 Stockage

On parle de stockage des essieux et de leurs pièces lorsque ces derniers sont immobilisés plus de trois jours. S'ils sont immobilisés moins de trois jours, il s'agit d'un stockage temporaire. Les prescriptions relatives au stockage temporaire sont précisées à la section 13.3.

Il est important que les essieux soient stockés en faisant preuve de la plus grande attention. Le stockage ne doit causer aucun dommage sur l'essieu et sur son revêtement.

Les essieux et leurs pièces doivent toujours être placés sur un fond plat et solide pour éviter qu'ils basculent, tombent ou roulent.

Les surfaces métalliques nues de toutes les pièces stockées doivent être protégées des risques de corrosion (à l'exception des surfaces de la jante et des disques de frein).

Les essieux dont les boîtes d'essieu sont montées, corps inclus, peuvent être placés à l'air libre à condition que le système d'étanchéité suffise à les protéger d'une pénétration de l'humidité (p. ex. rondelle de feutre ou joint à labyrinthe graissé).

Ils ne doivent cependant pas rester plus de trois jours sous la neige. L'eau de pluie doit pouvoir s'écouler (les essieux ne doivent pas se trouver dans des flaques d'eau) et aucun amas de feuilles ou de branches n'est autorisé sur les essieux.

Les essieux dont la boîte d'essieu est partiellement montée (p. ex. essieu avec un roulement cartouche monté, mais sans corps de boîte d'essieu) ne doivent pas être soumis aux intempéries et ne doivent donc pas être laissés à l'air libre.

Si les essieux sont stockés dans des locaux fermés, il faut s'assurer que la température ne descende pas en dessous du point de rosée.

Une fois la période de stockage terminée, chaque essieu ou chaque pièce d'un essieu doit être contrôlé(e) visuellement afin de vérifier son état général et identifier d'éventuels dommages.

La durée de stockage maximale des essieux entièrement montés est de deux ans. Au terme de cette période, en fonction de l'état de la surface de l'axe, une remise à neuf des roulements au moins sera réalisée pour assurer l'efficacité du graissage.

13.1.1 Stockage des essieux-axes

Les essieux-axes doivent être stockés de manière à ne pas causer des empreintes ou d'autres dommages mécaniques. Les essieux-axes traités et peints doivent être stockés en veillant à ne pas détériorer le revêtement. Les surfaces traitées doivent être protégées des risques de corrosion.

S'il est nécessaire d'empiler plusieurs essieux-axes, une couche intercalaire souple et solide sera mise en place.

Durant le stockage, les essieux-axes ne doivent pas se toucher et doivent reposer bien à plat pour éviter l'apparition d'empreintes.

Attention au poids des couches supérieures!



Figure 13 -1: stockage d'essieux-axes en intérieur

13.1.2 Stockage des essieux (de wagons)

Les essieux des wagons doivent être stockés sur la table de roulement, de manière à empêcher toute détérioration des pièces (empreintes, entailles, etc.) ou du revêtement. Il est possible de les stocker sur le boudin à condition que ce dernier repose sur un châssis en bois ou en matière synthétique.

Aucun contact entre les essieux n'est autorisé:

- dans la zone de la boîte d'un essieu et du boudin de l'autre essieu
- dans la zone du boudin et de l'essieu-axe
- dans la zone de la table de roulement

Les essieux porteurs peuvent également être stockés empilés, à condition de respecter les conditions susmentionnées et de prendre les précautions nécessaires pour garantir leur stabilité et tenir compte de la charge totale.

Pendant le stockage des essieux, les surfaces non revêtues (hormis les surfaces de la jante et des disques de frein) doivent être protégées des risques de corrosion et des influences environnementales. C'est particulièrement important pour le siège des roulements lorsque les essieux sont stockés sans boîte d'essieu.



Figure 13 -2: stockage d'essieux-axes en extérieur

13.1.2.1 Dommages liés au stockage

Si des dommages apparaissent sur l'essieu ou une pièce d'un essieu pendant le stockage, l'essieu ou la pièce doit être immédiatement marqué(e) comme étant «interdit(e)». Le dommage est ensuite communiqué au détenteur des véhicules en indiquant obligatoirement le numéro de l'essieu et la cause du dommage.

L'obligation d'information incombe à toute personne provoquant ou constatant des dommages sur des essieux ou des pièces d'essieu.

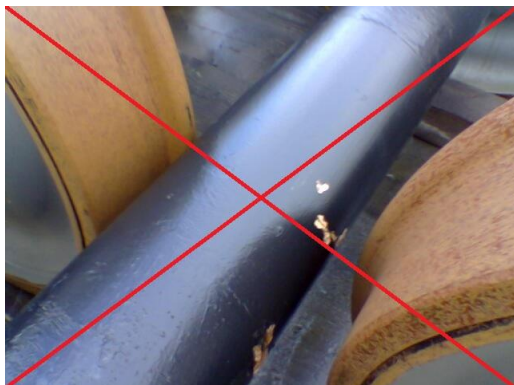


Figure 13 -3: dommages sur l'essieu-axe causés par un stockage incorrect

13.1.3 Stockage des roues

Les roues doivent être stockées de manière à ne pas causer des empreintes ou d'autres dommages mécaniques.

Les roues traitées et peintes doivent être stockées en veillant à ne pas détériorer le revêtement. Les surfaces traitées (hormis les surfaces de la jante et des disques de frein) doivent être protégées des risques de corrosion.

Les roues sont empilées en ligne (verticalement) sans contact direct entre elles. Elles doivent être calées au niveau de la table de roulement. Une couche intercalaire souple et solide doit être mise en place. Par ailleurs, les roues doivent reposer autant que possible sur une surface importante pour éviter l'apparition d'empreintes (**attention au poids des couches supérieures!**). Les palettes de roues ne doivent pas reposer sur plusieurs piles de roues.

Le stockage des voiles de roue à la verticale dans des châssis spéciaux prévus à cet effet est préférable au stockage à l'horizontale pour des raisons de manipulation et de sécurité du travail (cf. Figure 13-5).



Figure 13-4:
stockage de voiles de roue à l'horizontale sans
protection contre les intempéries



Figure 13-5:
stockage de voiles de roues à la verticale dans des
châssis spéciaux



Figure 13 -6: stockage de voiles de roue à l'horizontale dans un lieu de garage à l'abri des intempéries

La hauteur d'empilage maximale pour un stockage à l'horizontale est de quatre roues.

Si les roues sont stockées à la verticale, il est important de s'assurer qu'elles ne s'entrechoquent pas et qu'elles ne risquent pas de se décaler ou de rouler.

Si les roues sont stockées horizontalement, à l'air libre, il faut empêcher l'accumulation d'eau, de saletés, de neige et de glace dans le corps de roue. On veillera aussi à éviter l'amas de feuilles et de branches (la configuration représentée dans la Figure 13-4 n'offre pas suffisamment de protection dans la zone non couverte).

13.2 Transport des essieux

13.2.1 Remarques importantes

Un grand soin doit être apporté au transport des essieux et de leurs pièces.

En effet, si des dommages, même minimes (dommages par impact causés à la suite du basculement ou de la chute d'une pièce ou parce que les dispositifs de levage et de protection nécessaires ne sont pas en place ou ne sont pas conformes) apparaissent sur des essieux et des pièces d'essieu extrêmement sollicités et déterminants pour la sécurité, des fissures risquent de se former et d'entraîner une défaillance de la pièce.

Obligation d'information

Si un ou plusieurs essieux ou des pièces d'essieu sont endommagés durant le transport ou le stockage temporaire, l'essieu doit être identifié comme étant interdit. L'essieu doit être ramené à l'entité compétente (détenteur des véhicules, cf. ci-dessus) avec la mention obligatoire du numéro de l'essieu et de la cause du dommage afin qu'un contrôle soit effectué.

Les mesures nécessaires seront mises en œuvre selon les instructions du détenteur des véhicules.

L'obligation d'information s'impose aussi si l'on constate que des essieux sont endommagés ou que les essieux n'ont pas été traités correctement.

13.2.2 Contrôles

À chaque livraison d'essieux, il est impératif de réaliser un contrôle visuel minimal avant de les décharger pour des raisons de sécurité.

Ce contrôle visuel inclut:

- une vérification de la livraison, notamment des éléments suivants:
 - lieu de livraison
 - type d'essieu ou article
 - quantité
 - contrôle du chargement pour le transport
- un contrôle de l'état général:
 - revêtement/peinture
 - salissures
 - dommages

Si des défauts manifestes sont identifiés, la suite des opérations doit être convenue avec le fournisseur avant de procéder au déchargement. Une documentation avec des photographies est nécessaire dans ce cas.

En cas de doute, on fera intervenir un spécialiste.

Principe

La marchandise ne doit être déchargée et réceptionnée que si la livraison est conforme aux indications figurant sur le bon de livraison et à la qualité requise.

En cas de dommages, un droit de recours peut être exercé.

13.2.3 Équipements de transport pour les essieux (avec des machines de transport)

En principe

Un essieu ne doit pas pivoter ou se déplacer pendant le transport.

Aucun dommage ne doit apparaître, qu'il s'agisse d'un dommage mécanique ou d'une détérioration de la protection de surface (peinture).

Transport avec un chariot élévateur

Plusieurs équipements peuvent être utilisés pour transporter des essieux.



Exemple 1

Il est possible de placer des équipements de transport sur la fourche d'un chariot élévateur s'ils ne risquent pas d'endommager l'axe (appuis en bois, en matériau composite ou organiques).



Exemple 2

Les essieux doivent être placés dans le sens de la circulation.

Pendant la circulation, ils ne doivent pas pouvoir pivoter ou se déplacer dans le sens de la circulation.



Exemple 3

Si le chariot élévateur le permet, plusieurs essieux peuvent être transportés ensemble.

Ils ne doivent toutefois pas entrer en contact les uns avec les autres pendant le transport.

Figure 13 -7: équipements pour le transport d'essieux avec un chariot à fourche

Les équipements de transport endommagés ou défectueux ne doivent plus être utilisés et doivent être remis en état avant de pouvoir les réutiliser.

13.2.4 Équipements de levage des essieux (avec des grues)

Les crochets utilisés pour transporter les roues doivent être pourvus d'une couche de protection. Cette couche de protection vise à protéger l'essieu des dommages mécaniques ou d'une éventuelle détérioration de la peinture.

Pendant le transport d'un essieu, la surface de l'essieu-axe ou du voile de roue ne doit pas être endommagée.

Couche de protection

Cette couche peut être constituée de:

- bois
- matériau composite
- caoutchouc
- cuir
- fibres textiles
- substances organiques

et doit être souple et solide.

Il est également possible de soulever les essieux par les roues. Il faut néanmoins pour cela s'assurer qu'aucun dommage de surface ne puisse apparaître au niveau du contact entre le dispositif de levage et les roues. On s'assurera aussi que l'essieu ne risque pas de glisser du dispositif de levage.



Figure 13 -8: équipements de levage pour essieux

Les équipements de levage endommagés ou défectueux ne doivent plus être utilisés et doivent être remis en état avant de pouvoir les réutiliser.

13.2.5 Équipements de transport sur des véhicules

13.2.5.1 Transport sur des véhicules ferroviaires

Un équipement adapté doit être en place pour empêcher les essieux de s'entrechoquer et de s'endommager dans des conditions de transport normales.



Exemple 1 **Véhicules avec des équipements de transport fixes pour transporter les essieux perpendiculairement au sens de la circulation**

Les essieux sont placés et fixés sur la table de roulement ou sur le boudin. Ils ne doivent pas bouger pendant le transport (balancement) et doivent être protégés contre tout risque de déplacement.

Figure 13 -9: véhicules avec un équipement de transport d'essieux fixe pour transporter les essieux en travers du sens de la circulation



Figure 13 -10: véhicules avec un équipement de transport d'essieux fixe pour transporter les essieux dans le sens de la circulation

Exemple 2

Véhicules avec des équipements de transport fixes pour transporter les essieux dans le sens de la circulation

Les essieux sont placés et fixés sur la table de roulement ou sur le boudin. Ils ne doivent pas bouger pendant le transport (balancement) et doivent être protégés contre tout risque de déplacement.



Exemple 3

Palettes de bois possédant une homologation internationale et sur lesquelles les essieux peuvent être posés

Les dimensions des palettes doivent être choisies de manière à empêcher le boudin de toucher le sol.



Si des essieux sont transportés sur des palettes de bois installées sur des wagons, les points suivants doivent être respectés:

- deux palettes de bois doivent être utilisées pour chaque essieu et
- les essieux doivent être chargés dans le sens de la circulation et ne doivent pas se toucher entre eux et
- aucune fixation supplémentaire des essieux n'est nécessaire.

Figure 13 -11: palettes de bois pour le transport d'essieux dans le sens de la circulation

13.2.5.2 Transport par camion

Si les essieux sont transportés par camion, un équipement adéquat doit être disponible pour empêcher les essieux de s'entrechoquer et de s'endommager pendant le transport.

Les essieux ne doivent pas pouvoir se déplacer durant le transport et doivent être solidement fixés.

Pour fixer les essieux, il est possible d'utiliser des sangles de serrage ou d'autres équipements qu'on placera sur la table de roulement, sur les disques de frein sur essieu-axe ou sur le corps de la boîte d'essieu pour ne pas endommager les essieux.

S'il est impossible de fixer les essieux selon les directives, p. ex. en raison de la répartition des points de fixation sur la surface de chargement, il est possible d'appliquer une contrainte au niveau des essieux-axes avec des sangles de serrage. Pour ce faire, les essieux-axes doivent néanmoins être pourvus d'équipements de protection adaptés au transport qui empêcheront les sangles de serrage d'endommager le revêtement ou de provoquer un enfoncement.

Toute variante de transport susceptible d'endommager des pièces de l'essieu est interdite.



Figure 13 -12: transport d'essieux par camion

Le transport par camion est également soumis aux directives générales en vigueur pour le trafic routier.

13.3 Stockage temporaire des essieux

Les critères applicables au stockage temporaire sont les mêmes que pour le stockage (cf. section 13.1), avec les exceptions ci-après pour le stockage temporaire.



Base solide

Pendant une courte durée (1 jour maximum), les essieux peuvent être placés sur le boudin s'il s'agit d'un sol en béton ou en goudron plat. La mise en place des essieux doit se faire avec soin.

Ils ne doivent pas rouler ou endommager le boudin.

L'essieu peut aussi être placé avec le boudin sur un sol élastique, mais néanmoins solide (p. ex. en bois ou en matériau composite), et être roulé.

Figure 13 -13: stockage temporaire d'essieux sur une base solide



À l'air libre

Lorsque des essieux partiellement démontés ou leurs pièces sont stockés temporairement à l'air libre, il est important de les protéger de l'humidité, des saletés, de la corrosion et d'autres influences.

Figure 13 -14: stockage temporaire d'essieux à l'air libre avec une protection des surfaces de montage



Base non solide

Il est interdit de placer des essieux sur un sol non solide (gazon, terre, gravier, etc.) ou sur une base anguleuse (p. ex. ballast).

Figure 13 -15: le stockage temporaire d'essieux sur une base non solide est interdit

13.4 Équipements de transport pour les composants des essieux

13.4.1 Transport et stockage temporaire des essieux-axes

Les essieux-axes doivent être transportés et déposés avec des équipements adaptés. Aucun dommage ne doit apparaître en surface pendant le transport et le stockage temporaire.

Il est possible d'empiler les essieux-axes pour le stockage temporaire.

Dans ce cas, ils doivent reposer autant que possible sur les axes pour éviter toute détérioration du revêtement en surface et tout endommagement de la surface des axes. Les directives décrites à la section 13.1.1 pour le stockage des essieux-axes s'appliquent aussi au stockage temporaire.

13.4.2 Transport et stockage temporaire des roues

Les roues doivent être fixées pour le transport afin de les empêcher de se déplacer.

Stockage temporaire

Pour leur stockage temporaire, les roues peuvent être placées horizontalement ou verticalement. Lorsque les surfaces fonctionnelles (p. ex. trou du moyeu de la roue, perçages et surfaces d'ajustement pour accueillir les pièces de l'entraînement ou les pièces des freins) sont traitées et protégées contre la corrosion, leur stockage temporaire est possible à l'air libre.

Si les roues restent à l'air libre plus de 3 jours, il ne s'agit plus d'un stockage temporaire. Dans ce cas, les roues doivent être protégées des influences environnementales par un équipement adapté (p. ex. un toit, une bâche).

Les flaques d'eau, la neige, les feuilles, etc., doivent être éliminées avant de stocker les roues.

Les roues peuvent aussi être stockées et transportées debout. Un équipement de transport doit dans ce cas empêcher les roues de s'entrechoquer ou de se déplacer. Les directives décrites à la section 13.1.3 pour le stockage des roues s'appliquent aussi au stockage temporaire.

14 Dispositifs de mesure et méthodes de mesure du profil de roue pour les essieux

Différents instruments peuvent être utilisés pour mesurer les dimensions effectives des essieux, et en particulier le profil de roue. L'entreprise en charge des mesures est libre de choisir la méthode de mesure tant que la précision de mesure exigée est respectée. Les dispositifs de mesure utilisés doivent être soumis à une surveillance systématique.

Il convient de noter que l'encombrement et la durée des mesures varient selon les dispositifs proposés, de même que leur tolérance aux erreurs de mesure lors d'une mauvaise manipulation.

Les abréviations utilisées pour les grandeurs de mesure et la représentation graphique des emplacements de mesure sont précisées à la section 6.3.

14.1 Mesure des grandeurs géométriques et physiques de l'essieu

En règle générale, diverses grandeurs de mesure géométriques et physiques sont mesurées et saisies sur l'essieu pendant sa fabrication et sa maintenance. La saisie de ces données permet d'une part de faire la démonstration de qualité lors de la fabrication ou de la maintenance lourde et d'autre part de garantir la sécurité de fonctionnement de l'essieu dans le cadre de l'exploitation. Le type de mesures à effectuer et leur étendue sont coordonnées avec les différents intervalles et les activités prévus et sont définis aux chapitres 8 à 10. Les cotes réelles et les cotes limites correspondantes sont spécifiées à la section 6.6 si elles n'ont pas été définies par ailleurs.

Lors du choix de la méthode de mesure, prendre garde au fait qu'elle soit bien adaptée au besoin. Un grand nombre des instruments de mesure mécaniques encore utilisés à l'heure actuelle vont certainement être progressivement délaissés, pour laisser la place à des appareils électroniques plus récents dont les temps de mesure plus courts et la plus grande flexibilité permettent d'améliorer considérablement la sécurité des données grâce à une transmission plus efficace. Certaines exigences imposées aux systèmes électroniques de stockage des données et les exigences de sécurité des processus ne peuvent être satisfaites qu'avec ces appareils modernes.

Il ne faut cependant pas négliger les méthodes de mesure et l'incertitude de leurs résultats, car même les appareils électroniques les plus modernes peuvent aboutir à des erreurs de mesure, d'une part en raison de la méthode de mesure employée ou du manque de clarté des consignes de mesure, d'autre part en raison d'erreurs de manipulation. Si les mesures ne sont pas réalisées automatiquement, il est donc important qu'elles soient effectuées par des personnes expérimentées et que les résultats des mesures soient soumis à un contrôle de plausibilité.

Les valeurs de mesures géométriques généralement relevées sur l'essieu sont les suivantes:

- profil de roue avec
 - épaisseur du boudin S_d [mm]
 - hauteur du boudin S_h [mm]
 - pente du flanc q_R [-]
 - largeur de la jante B_R [mm]
 - écrasement a [mm]
 - usure concave h [mm]
 - profil de roue entier en tant qu'écart de forme par rapport à l'état nominal [mm]
 - profil de roue entier en tant que tracé polygonal pour la documentation de l'usure [-]
- essieu avec
 - écartement des faces internes de l'essieu A_R [mm]
 - Écartement extérieur des boudins S_R [mm]
 - diamètre de la roue D [mm]
 - épaisseur du bandage b [mm] pour les roues bandagées
 - usure concave pour les disques de frein [mm]
 - battement radial H [mm]
 - battement latéral G [mm]
- balourd U [gm], dynamique ou statique
- résistance électrique R [mΩ]
- poids m [kg]
- épaisseur résiduelle sur les disques de frein [mm]

14.1.1 Incertitude de mesure

Une mesure et son résultat sont influencés par de très nombreux facteurs, ce qui produit une incertitude de mesure. Les grandeurs d'influence générales sont représentées dans la Figure 14-1.

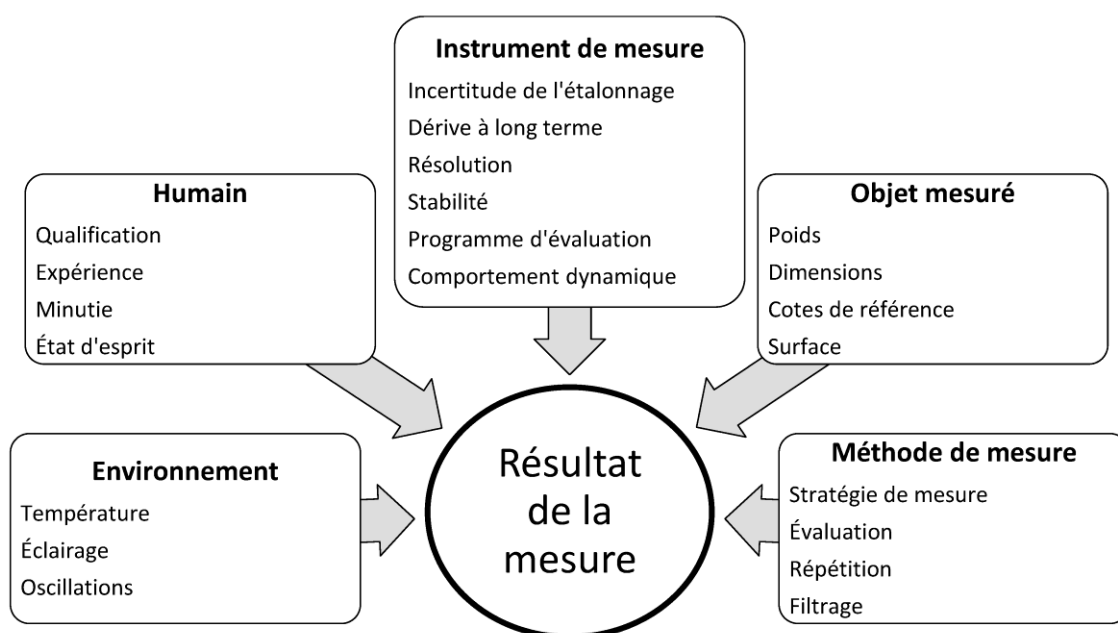


Figure 14-1: grandeurs d'influence du résultat d'une mesure (non exhaustif)

Un écart de mesure E (également appelé erreur de mesure par le passé) existe pour chaque grandeur de mesure. Cet écart de mesure représente la différence entre la valeur mesurée et la valeur réelle. Étant donné qu'il est rarement possible de déterminer la valeur réelle, l'écart de mesure E n'est généralement pas connu non plus. Pour remédier à cela, on évalue un intervalle probable dans lequel la valeur réelle est comprise. Cet intervalle est désigné incertitude de mesure.

Pour pouvoir réaliser les mesures spécifiées, les conditions suivantes doivent être réunies:

- la plage de mesure de l'instrument de mesure doit être adaptée à la mesure
- la résolution du dispositif de mesure doit être inférieure ou égale à 5 % de la spécification à vérifier (p. ex. indication de tolérance)
- l'incertitude de mesure étendue (coefficient de couverture $k = 2$) doit être inférieure ou égale à 15 % de la spécification à vérifier (p. ex. indication de tolérance)

Exceptionnellement et si c'est justifié, il est possible de définir d'autres valeurs limites pour l'incertitude de mesure ou d'autres valeurs pour le coefficient de couverture k . Dans ce cas, ces valeurs doivent être documentées.

Conformément à la norme DIN 27201-9, les instruments de mesure utilisés pour relever des cotes géométriques sur l'essieu sont également soumis à ces exigences.

Afin que l'incertitude de mesure reste dans des limites raisonnables pour la mesure réalisée, il faut non seulement exclure les facteurs perturbants décrits ci-dessus, mais aussi adapter la précision du relevé des valeurs, ce qui revient généralement à travailler avec une plus grande précision de mesure. D'après les critères susmentionnés, cela donne:

$$U \leq 0.15 \cdot T$$

Formule 14-1: calcul de l'incertitude de mesure U

$$A \leq 0.05 \cdot T$$

Formule 14-2: calcul de la résolution A

À titre d'information seulement, le tableau suivant propose un exemple des répercussions de ces exigences.

Grandeur de mesure	Tolérance $T^a)$	Incertain de mesure U exigée	Résolution du dispositif de mesure exigée
Écartement des faces internes de l'essieu A_R	± 1.0 mm	± 0.15 mm	± 0.05 mm
Diamètre de roue D	1.0 mm	0.15 mm	0.05 mm
Épaisseur du boudin S_d	0.5 mm	0.075 mm	0.025 mm
Battement radial H	0.3 mm	0.045 mm	0.015 mm
Hauteur du boudin S_h	0.1 mm	0.015 mm	0.005 mm

Tableau 14-1: résolution du dispositif de mesure théoriquement exigée

a) Exemple de tolérance, sans caractère obligatoire

Pour être certain que la cote mesurée est comprise dans les limites de la tolérance exigée et qu'elle peut donc être considérée valable, le diamètre de la roue doit p. ex. être mesuré avec une précision de 0.15 mm. L'instrument de mesure utilisé pour cela doit présenter une résolution de 0.05 mm.

Pour la hauteur et l'épaisseur du boudin, les mesures doivent être réalisées conformément aux exigences ci-dessus avec une résolution de 0.025 mm et une précision de 0.075 mm. Il est difficile d'apprécier dans quelle mesure ces exigences sont satisfaites avec les dispositifs de mesure utilisés aujourd'hui. On autorise p. ex. l'emploi d'un calibre encore utilisé dans de nombreux endroits pour mesurer les cotes du boudin avec une précision de lecture de 0.1 mm maximum, obtenue avec un vernier. L'incertitude de mesure est ainsi augmentée du fait de la structure mécanique. Mesurer ainsi avec précision une épaisseur de boudin de 1/10 mm et considérer le résultat de la mesure valable est donc une erreur.

Il est important d'en être conscient lorsque l'on effectue des mesures. La valeur indiquée par le dispositif de mesure correspond rarement au résultat réel.

Dans la pratique, on recommande d'utiliser les valeurs suivantes, sachant qu'elles ne sont pas forcément conformes aux exigences de précision de mesure de la norme DIN 27201-9. Ces valeurs sont plus particulièrement valables pour l'acquisition de dispositifs de mesure électroniques modernes. Les anciens dispositifs de mesure mécaniques fonctionnent généralement avec une plus grande incertitude de mesure.

Grandeur de mesure	Tolérance de fabrication sur le tour [mm]	Tolérance de mesure [mm]	Précision de l'affichage du dispositif de mesure [mm]
Diamètre de roue D (mesure sur le tour)	± 0.3	± 0.2	± 0.01
Diamètre de roue D (mesure manuelle)	–	± 1.0	± 0.5
Hauteur du boudin Sh	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Épaisseur du boudin Sd	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Cote q_R	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Écartement extérieur des boudins S_R	± 0.6	± 0.2	± 0.1
Écartement des faces internes de l'essieu A_R	± 0.2	± 0.1	± 0.05
Battement radial H	≤ 0.2	≤ 0.1	≤ 0.01
Battement latéral G	≤ 0.2	≤ 0.1	≤ 0.01

Tableau 14-2: précision d'affichage recommandée pour les dispositifs de mesure modernes dans la pratique

14.1.2 Systèmes de référence

Outre l'incertitude de mesure, la qualité du système de référence joue elle aussi un rôle certain. Il est important de connaître la qualité de la référence, p. ex. l'axe médian théorique de l'essieu-axe ou l'inclinaison des surfaces de référence entre elles. La qualité de ces systèmes de référence peut considérablement varier selon les conditions environnementales, p. ex. si l'essieu est monté ou démonté, le type de roulement de l'essieu (monté, démonté sur l'armature, serré dans le tour, etc.).

Cela se répercute p. ex. sur les valeurs limites de l'écartement des faces internes de l'essieu A_R qui varient. Celles-ci varient p. ex. selon l'état de montage de l'essieu.

Lorsque des grandeurs géométriques sont mesurées par rapport à un système de référence, la qualité et l'état de ce dernier doivent être systématiquement vérifiés. Les mesures concernées sont notamment les suivantes:

- mesure du battement radial H entre les pointes
- mesure de l'écartement des faces internes de l'essieu A_R
- mesure de la pente du flanc q_R selon la méthode de mesure

Lors de la comparaison de plusieurs résultats de mesure, il est donc nécessaire de prendre aussi en compte l'état et la qualité du système de référence constatés lors des mesures.

14.1.3 Gestion des dispositifs de mesure et étalonnage

Tous les systèmes de mesure doivent être soumis à une surveillance. Ce système de surveillance inclut au moins l'identification du dispositif de mesure, les données d'étalonnage, les certificats d'étalonnage, ainsi que la date du prochain étalonnage.

Le dispositif de mesure doit lui-même comporter les données suivantes (un codage est également possible):

- numéro d'identification du dispositif de mesure
- prochaine date de l'étalonnage ou durée de validité

L'intervalle d'étalonnage est généralement défini de la façon suivante:

- | | |
|---|---------|
| – calibres pour les cotes intérieures et extérieures, mètre-rubans et règles: | 24 mois |
| – tours pour essieux: | 12 mois |
| – dispositifs typiquement utilisés dans le secteur ferroviaire pour la mesure de cotes sur les essieux: | 12 mois |
| – gabarits: | 12 mois |

Pour de plus amples informations, se reporter à la norme DIN 27201-9.

Les équipements de mesure et les dispositifs de mesure et d'essai doivent être étalonnés par un laboratoire d'essai et d'étalonnage accrédité afin d'étalonner les grandeurs de mesure exigées. Certaines opérations typiques des chemins de fer exigent que le laboratoire soit reconnu par l'autorité de surveillance compétente.

Il est préconisé de disposer de moyens de référence pour effectuer des contrôles des équipements de mesure sur site.

14.2 Saisie des valeurs de mesure sur le profil de roue

Lors de la maintenance des essieux, on mesure le plus souvent les cotes du profil de roue car cela permet d'identifier efficacement une éventuelle tendance à l'usure et l'approchement des cotes limites de service.

Les cotes mesurées sont généralement les suivantes:

- épaisseur du boudin S_d [mm]
- hauteur du boudin Sh [mm]
- pente du flanc q_R [-]
- largeur de la jante B_R [mm]
- écrasement a [mm]
- usure concave h [mm]
- profil de roue entier

Pour garantir l'efficacité d'une mesure, le profil de roue dans la zone du boudin et de la table de roulement doit être propre de même que l'outil de mesure. Toutes les impuretés doivent être éliminées, p. ex. la graisse de lubrification du boudin. L'endroit à mesurer doit être facile d'accès, ce qui n'est pas toujours aisé lorsqu'elle l'essieu est monté.

Sur les essieux en exploitation, un endroit le moins endommagé possible, sans bavure, ni excoriation, ni exfoliation, doit être choisi pour réaliser la mesure. Si les essieux présentent une table de roulement ou un boudin très endommagé(e), il est impossible de réaliser des mesures efficaces.

14.2.1 Épaisseur du boudin S_d

L'épaisseur de boudin S_d est mesurée à un endroit défini sur le profil de roue et est exprimée en millimètres (cf. Figure 6-33).

L'épaisseur du boudin peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

L'évaluation de l'épaisseur du boudin avec une jauge ou un chablon ne doit être réalisée que dans le cadre du traitement du profil et sert de contrôle final.

14.2.2 Hauteur du boudin Sh

La hauteur du boudin Sh est mesurée à un endroit défini sur le profil de roue et est exprimée en millimètres (cf. Figure 6-33).

La hauteur du boudin peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

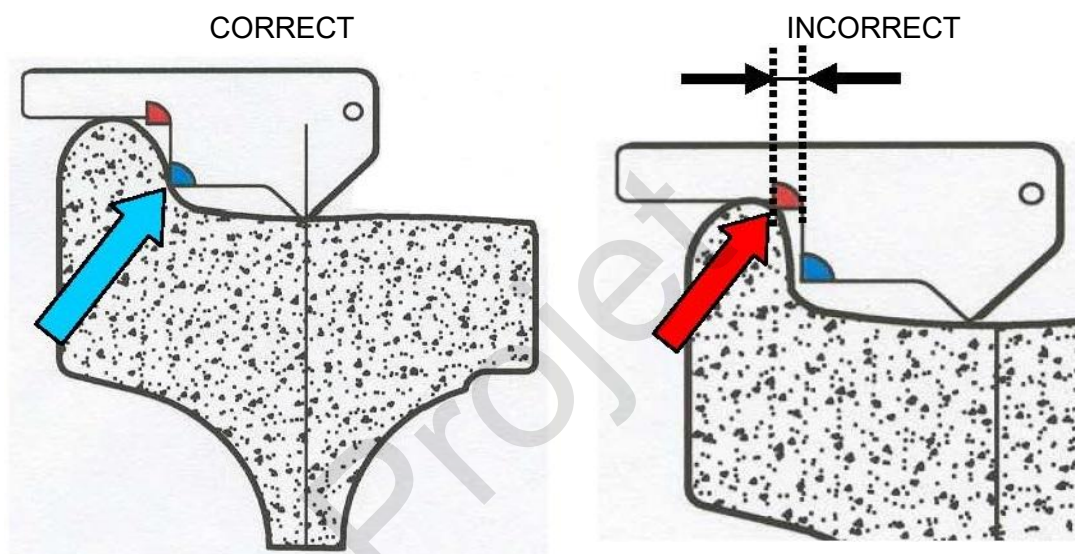
L'évaluation de la hauteur du boudin avec une jauge ou un chablon ne doit être réalisée que dans le cadre du traitement du profil et sert de contrôle final.

14.2.3 Pente du flanc q_R

La pente du flanc q_R décrit l'inclinaison du flanc du boudin et est déterminée en mesurant la distance entre deux points de mesure définis. Elle est indiquée sans unité, mais est mesurée en millimètres (cf. Figure 6-33).

La cote q_R peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

L'évaluation de la pente du flanc q_R avec une jauge est courante et peut être réalisée pour évaluer rapidement l'état d'usure. En cas de doute et si aucune évaluation n'est effectuée avec un instrument de mesure, cela permet de déterminer facilement si la cote q_R est comprise dans les limites prédéfinies ou si la cote limite de service est dépassée. La jauge est utilisée uniquement pour aider à déterminer si la cote est correcte ou non. Elle n'est cependant pas adaptée pour déterminer définitivement ou mesurer la cote q_R .



Si la partie **bleue** est en contact avec la surface, la cote q_R est correcte.

Si la partie **rouge** est en contact avec la surface, la cote q_R est incorrecte.

Figure 14 -2: utilisation d'une jauge pour la cote q_R

Il est important de noter que les différentes hauteurs de boudin et l'usure concave sont susceptibles d'influencer le résultat de l'évaluation réalisée avec la jauge. En cas de doute, il est donc nécessaire de réaliser une mesure avec un dispositif de mesure adapté.

Différentes dimensions de jauges peuvent être choisies pour la cote q_R afin d'influencer le point de réponse lors du contrôle de la cote q_R . Un croquis est fourni à titre d'exemple en annexe A2.2.

14.2.4 Largeur de la jante B_R

La largeur de la jante B_R est la distance mesurée entre le bord extérieur de la jante et la surface interne de la roue. Elle est exprimée en millimètres (cf. Figure 6-33).

La largeur de la jante peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4). Elle peut aussi être contrôlée avec une jauge.



Figure 14 -3: jauge de contrôle pour la largeur de jante B_R

La largeur de la jante doit être mesurée à un endroit où l'on ne trouve ni bavure (p. ex. écrasement), ni usure du matériau dans la zone de la face interne de la roue pour ne pas fausser la cote réelle.

En règle générale, la largeur de la jante n'est mesurée qu'à la fabrication de la roue car cette cote ne varie pas, ou très peu, au cours de l'exploitation.

14.2.5 Écrasement a

L'écrasement a est la différence mesurée entre le bord de la jante et l'écrasement maximal de matière vers l'extérieur. Il est indiqué en millimètres (cf. Figure 6-48).

L'écrasement peut être mesuré au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

L'écrasement est parfois irrégulier sur tout le pourtour de la roue. Il faut donc choisir l'emplacement de mesure avec soin. Sur chaque roue, la mesure à prendre en compte est la mesurée réalisée là où l'écrasement est le plus important. En cas de doute, plusieurs mesures seront réalisées à différents endroits.

14.2.6 Usure concave h

L'usure concave h est la différence mesurée entre le point le plus bas et le point le plus haut de la table de roulement. Elle est exprimée en millimètres (cf. Figure 6-50).

L'usure concave peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

Il est possible d'utiliser une jauge pour évaluer rapidement l'usure concave (p. ex. une jauge CFF – dessin CFF WOI 1187-10-001). Les points de contact ou l'entrefer permettent en effet de déterminer si l'usure concave est conforme aux limites définies. La jauge est utilisée uniquement pour aider à déterminer si la cote est correcte ou non. Elle n'est cependant pas adaptée pour déterminer définitivement ou mesurer l'usure concave.

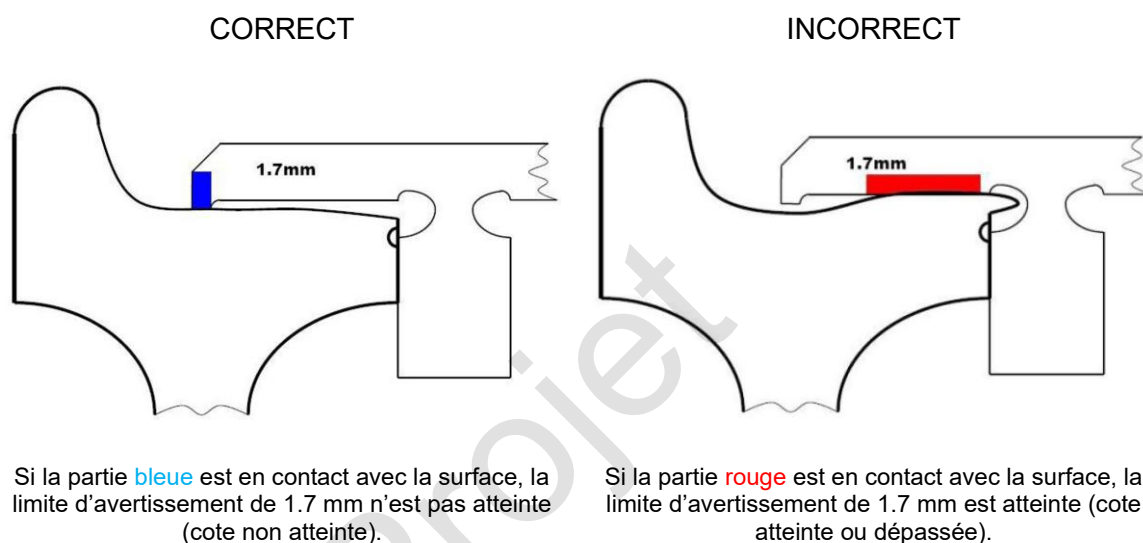


Figure 14 -4: utilisation de la jauge pour évaluer l'usure concave

Il est important de noter que les tolérances de forme et les défauts au bord de la jante sont susceptibles d'influencer le résultat de l'évaluation réalisée avec la jauge. En cas de doute, il est donc nécessaire de réaliser une mesure avec un dispositif de mesure adapté.

Différentes dimensions de jauges peuvent être choisies afin d'influencer le point de réponse lors du contrôle. Si la limite d'avertissement est dépassée, l'usure concave doit être mesurée avec un équipement de mesure plus précis afin d'affiner l'évaluation.

14.2.7 Profil de roue entier

Le relevé du profil de roue entier sous la forme de tracé polygonal est la référence utilisée par certaines méthodes de mesure pour déterminer les valeurs indiquées ci-dessus. Il n'y a généralement aucune raison de mesurer le profil de roue dans son ensemble, sauf pour la réalisation d'essais dont les motivations sont scientifiques et pour la réalisation d'un contrôle des profils de roue sur des essieux qui viennent d'être profilés afin de procéder à un contrôle qualité.

Différentes méthodes de mesure peuvent être employées pour mesurer le profil de roue.

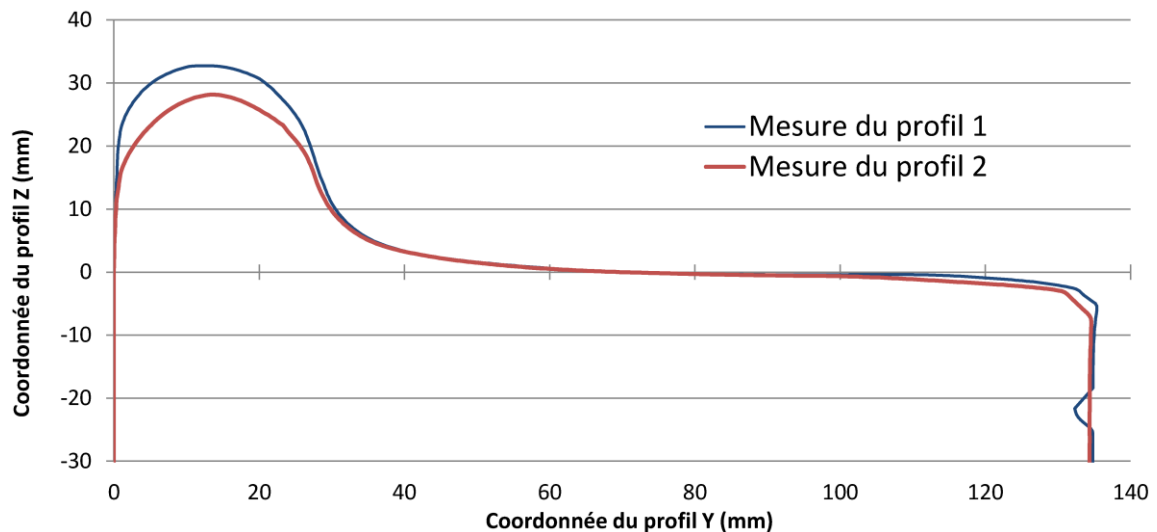


Figure 14 -5: résultat de mesures du profil de roue par balayage optique

Il est possible d'utiliser des jauges, et plus particulièrement des gabarits de profil, pour évaluer rapidement le profil de roue. Cela permet de définir l'état qualitatif du contour réel du profil par rapport au profil de la jauge. L'évaluation s'appuie généralement sur la méthode de l'interstice. En cas de doute, une jauge d'épaisseur peut être utilisée pour vérifier les dimensions de l'interstice. Cela permet de déterminer approximativement l'ampleur de l'écart entre le profil réel et l'état nominal. En revanche, cela ne permet pas d'évaluer avec précision le profil par rapport à la tolérance de forme définie. La jauge doit être la plus perpendiculaire possible au profil de roue, sachant que le modèle de la jauge et la qualité de la surface interne de la roue peuvent influencer l'évaluation.

Il est impossible d'utiliser ces jauges à profil pour contrôler les profils de roue sur des essieux en exploitation, ou les défauts de précision seront importants (p. ex. mesure de l'usure concave avec une jauge). Il est donc déconseillé d'appliquer cette méthode.



gure 14 -6: essieu après une R0



gure 14 -7: essieu usé

14.3 Saisie des valeurs de mesure de l'essieu

Outre les valeurs mesurées et saisies sur le profil de roue, d'autres cotes de l'essieu sont importantes pour l'exploitation. L'intervalle de leur saisie est néanmoins relativement long. Les valeurs mesurées sont généralement les suivantes:

- écartement des faces internes de l'essieu A_R [mm]
- écartement extérieur des boudins S_R [mm]
- diamètre de la roue D [mm]
- épaisseur du bandage b [mm] (pour les roues bandagées)
- usure concave pour les disques de frein [mm]
- battement radial H [mm]
- battement latéral G [mm]
- balourd U [gm]
- résistance électrique R [ohm]
- poids m [kg]

Pour garantir l'efficacité d'une mesure, la zone entourant les points de mesure doit être propre et toutes les impuretés doivent être éliminées. L'endroit à mesurer doit être facile d'accès, ce qui n'est pas toujours aisé lorsqu'elle l'essieu est monté.

Sur les essieux en exploitation, un endroit le moins endommagé possible, sans bavure, ni excoriation, ni exfoliation, doit être choisi pour réaliser la mesure. Si les essieux présentent une table de roulement ou un boudin très endommagé, il est parfois impossible de mesurer efficacement certaines cotes.

14.3.1 Écartement des faces internes de l'essieu A_R

La cote A_R est la distance mesurée entre les deux faces internes de la roue d'un essieu. Elle est exprimée en millimètres (cf. Figure 6-32).

La cote A_R peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

Il n'est pas prévu de vérifier la cote A_R au moyen d'une jauge.

Selon les directives appliquées, deux points de mesure différents sont définis pour mesurer la cote A_R :

- MP1: 60 mm en-dessous de l'arête supérieure du boudin (SN EN 13260)
- MP2: 10 mm à l'extérieur du cercle de roulement (SN EN 15313, DE-OCF)

Ces deux points de mesure présentent cependant des difficultés. Sur certains modèles d'essieu, PM1 se trouve dans la zone de l'âme et ne peut pas être utilisé dans les faits, ou il est disponible mais avec une surface très corrodée. Quant à PM2, ce point de mesure se trouve dans une zone sensible à l'usure. Le résultat des mesures réalisées à ces emplacements n'est donc que moyennement précis sur les essieux en exploitation.

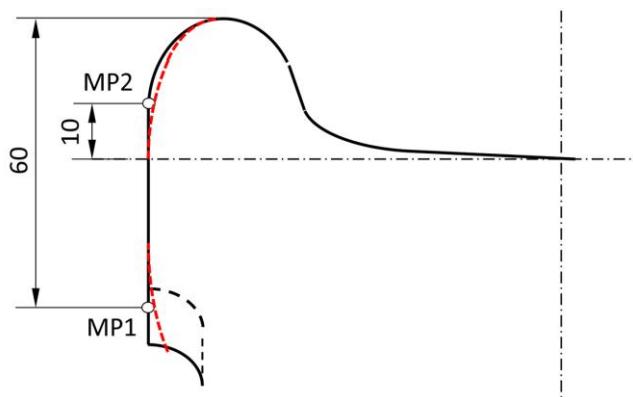


Figure 14 -8: points de mesure sur la roue pour déterminer la cote A_R

Il faut être conscient de ces restrictions lors de la mesure de la cote A_R , en particulier lorsque des mesures comparatives sont réalisées sur un essieu pendant une longue période. Dans la mesure du possible, on utilisera et on documentera donc le même point de mesure pour toutes les mesures.

Il serait préférable ici de définir une nouvelle plage de balayage pour la zone de la face interne de la roue résistante à l'usure.

14.3.2 Écartement extérieur des boudins S_R

L'écartement extérieur des boudins S_R est la distance mesurée entre deux points de mesure définis dans la zone du profil de la roue. Il est indiqué en millimètres (cf. Figure 6-33).

L'écartement extérieur S_R peut être mesuré au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

Il n'est pas prévu d'évaluer l'écartement extérieur du boudin S_R avec une jauge.

Étant donné qu'il est relativement difficile de mesurer la distance entre les points de mesure sur le profil de roue, il est déconseillé de mesurer directement l'écartement extérieur du boudin S_R . Il est nettement plus simple de calculer l'écartement extérieur du boudin S_R en additionnant la cote A_R et les épaisseurs de boudin.

$$S_R = A_R + S_{d_{\text{gauche}}} + S_{d_{\text{droite}}}$$

Formule 14-3: (répétition): calcul de l'écartement extérieur des boudins S_R

Attention

Les erreurs de mesure de trois cotes s'ajoutent, ce qui influence la précision du résultat. Il est donc important de faire preuve de prudence dans l'évaluation de ce résultat.

14.3.3 Diamètre de roue D

Le diamètre de roue D est mesuré au niveau du cercle de mesure. Il est indiqué en millimètres (cf. Figure 6-33).

Le diamètre de roue D peut être mesuré au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

Il est toujours difficile de mesurer le diamètre de roue avec une précision suffisante, d'une part en raison des méthodes de mesure employées, et d'autre part en raison de l'apparition d'usure dans la table de roulement au niveau du cercle de mesure.

Quelle que soit la méthode de mesure, elles sont toutes influencées par l'endommagement de la table de roulement, p. ex. par une excoriation.

Les méthodes suivantes sont utilisées pour déterminer le diamètre de roue D:

- mesure basée sur la distance de roulement
- mesure directe du diamètre
- mesure basée sur l'enroulement
- mesure basée sur une corde

Toutes ces méthodes présentent des avantages et des inconvénients en termes d'utilisation et de précision de mesure.

14.3.3.1 Mesure basée sur le roulement

Lorsque la mesure du diamètre de la roue s'appuie sur le roulement, on enregistre la distance de roulement U de l'essieu avec un certain nombre de tours n. Cette méthode est généralement utilisée avec un tour en fosse. Dans le cadre de cette méthode, la distance de roulement est enregistrée par un codeur rotatif incrémental numérique en fonction du nombre de tours. La mesure est réalisée au niveau du cercle de roulement. Cette méthode de mesure est considérée comme la plus fiable et la plus précise pour déterminer le diamètre.

Il est également possible d'appliquer cette méthode par roulement de l'essieu sur la voie, mais il est dans ce cas difficile de déterminer avec certitude le diamètre au niveau du cercle de roulement. Le décompte exact du nombre de tours est lui aussi compliqué. Plus les tours sont nombreux, plus le résultat de la mesure est précis.

$$D = \frac{U}{n \cdot \pi}$$

Formule 14-4: calcul du diamètre de la roue D à partir de la distance de roulement

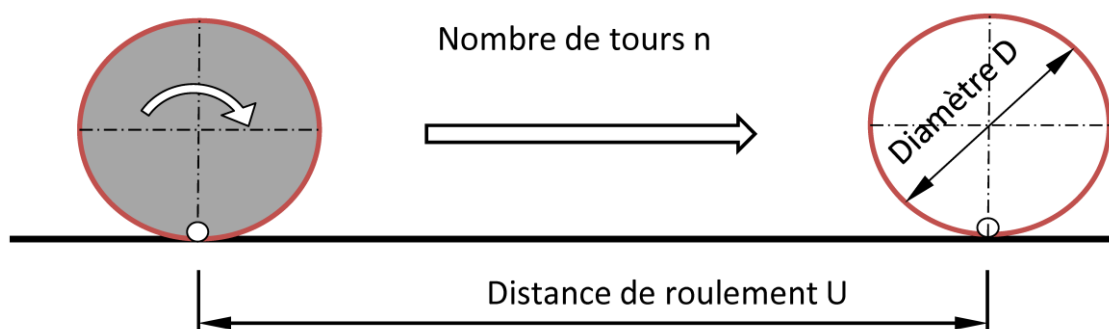


Figure 14 -9: calcul du diamètre sur la base du roulement

Dans la mesure du possible, et s'il est impératif d'avoir des valeurs de diamètre précises, on privilégiera la mesure basée sur la distance de roulement. Cette méthode permet d'obtenir une précision de l'ordre du dixième de millimètre.

14.3.3.2 Mesure directe

La mesure directe du diamètre de la roue peut être directement réalisée avec un instrument de mesure, p. ex. un pied à coulisse, si l'accès est facile. Il faut dans ce cas s'assurer que les points de mesure se trouvent bien au niveau du cercle de mesure et que l'instrument de mesure reste bien en place.

Cette méthode de mesure est à privilégier sur les essieux démontés et permet d'atteindre une précision de l'ordre d'env. 0.5 mm.

Sur les essieux montés, cette méthode n'est applicable que pour peu de véhicules car l'espace libre nécessaire est souvent occupé par des équipements de freinage ou de guidage des essieux.

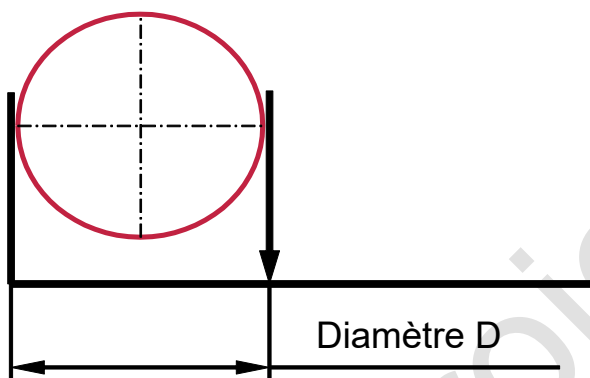


Figure 14 -10: mesure directe du diamètre de la roue

14.3.3.3 Mesure basée sur l'enroulement

Cette méthode, similaire à la mesure basée sur le roulement, permet de déterminer le diamètre sur la base de l'enroulement en utilisant un ruban-mètre. Comme pour le roulement, le pourtour est mesuré et converti pour obtenir le diamètre. La précision de la mesure est similaire à celle de la méthode basée sur le roulement, à condition que le ruban-mètre puisse être placé sur tout le pourtour de la roue au niveau du cercle de mesure. C'est rarement possible lorsque les essieux sont montés sur le véhicule.

La méthode basée sur l'enroulement ne doit donc être utilisée qu'à des fins de contrôle. Sur des essieux démontés, elle peut s'avérer précise, mais sur des essieux montés, il ne faut pas négliger l'erreur éventuellement liée à une mauvaise position sur le profil de roue.

14.3.3.4 Mesure basée sur une corde

La mesure avec une corde est souvent utilisée pour déterminer le diamètre de la roue. Elle peut s'appuyer sur différentes méthodes de mesure, optiques ou par balayage. En raison de la difficulté de l'accès lorsque l'essieu est monté, la mesure n'est réalisée que sur une partie de la roue. Les résultats ainsi obtenus sont utilisés pour calculer le diamètre de la roue. Généralement, la conversion nécessaire est déjà reproduite dans les instruments de mesure, ce qui permet de lire rapidement la valeur mesurée du diamètre. La mesure basée sur une corde présente néanmoins des inconvénients dont il faut être conscient.

$$D = \frac{h^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2}{h}$$

Formule 14-5: calcul du diamètre de la roue D avec une corde

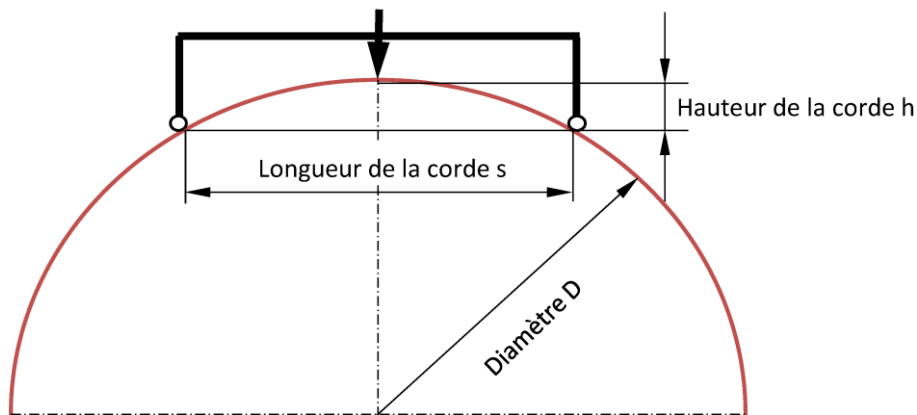


Figure 14-11: méthode de mesure basée sur une corde pour déterminer le diamètre de la roue

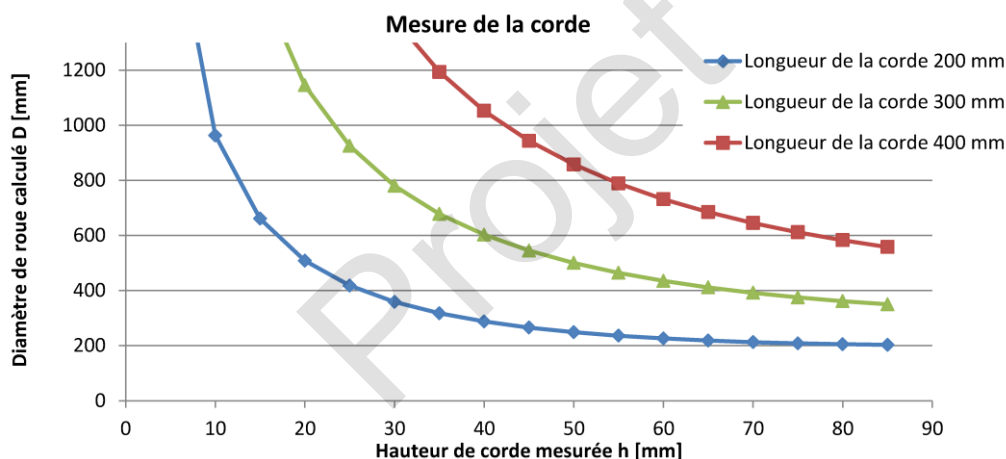


Figure 14 -12: graphique représentant la fonction de la méthode de mesure basée sur une corde

Le principal inconvénient de cette méthode de mesure réside dans la tolérance d'erreur qui n'est pas linéaire. En effet, elle augmente considérablement lors de la mesure de petites valeurs de la hauteur de corde h. Il faut donc utiliser des instruments de mesure accordés sur différentes plages de diamètre de la roue. Ces instruments varient sur la plage de mesure pour atteindre sur la longueur de la corde une tolérance d'erreur acceptable dans une plage de mesure.

La mesure doit être réalisée en respectant rigoureusement les consignes suivantes:

- il convient d'utiliser systématiquement un instrument de mesure adapté à la plage de diamètre correspondante
- l'instrument de mesure doit être placé à plat et être perpendiculaire; s'il bascule, le résultat de la mesure est entièrement faussé
- les points de mesure et les points d'appui doivent être propres
- aucun défaut de matériau ne doit être visible sur les points de mesure et les points d'appui (p. ex. excoriation ou repliure); les roues très effritées ne permettent pas de réaliser des mesures efficacement

Voici un exemple pour mieux comprendre l'incertitude de la mesure: une mesure est réalisée avec une longueur de corde de 300 mm sur une roue dont le diamètre réel est de 650 mm. L'erreur de mesure de la hauteur de corde est de ± 0.5 mm en raison d'un basculement et d'une mauvaise qualité de la surface. Le diamètre est donc mesuré avec une incertitude de mesure de ± 8 mm.

Les instruments de mesure utilisant une corde peuvent servir à mesurer le diamètre de la roue à condition que la personne réalisant la mesure ait l'habitude d'utiliser l'appareil et soit consciente de l'impact important des erreurs de mesure. Le résultat mesuré doit toujours être remis en question et vérifié.

Cette méthode ne permet pas de déterminer avec précision le diamètre de la roue. Elle est néanmoins utilisée dans certaines conditions (mesures multiples réalisées par différentes personnes avec calcul d'une valeur moyenne) afin de saisir des diamètres de roue pour des systèmes de sécurité des trains.

14.3.4 Épaisseur du bandage b pour les roues bandagées

L'épaisseur du bandage b est mesurée au niveau du cercle de mesure (ou 10 mm à l'extérieur du cercle du mesure s'il s'agit d'une mesure par ultrasons). Elle est exprimée en millimètres (cf. Figure 14-11).

L'épaisseur du bandage peut être mesurée au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.3.4).

Étant donné les nombreuses influences négatives possibles lorsque l'épaisseur du bandage est mesurée avec des instruments de mesure de distance purement mécaniques, il est déconseillé d'utiliser cette méthode.

La surface de référence possible sur le bord de la jante est à peu près tolérée, tandis que la surface de référence possible sur la face interne de la roue est d'une façon ou d'une autre déformée par le sertissage de l'agrafe du bandage. L'état d'effritement de la table de roulement a également un impact.

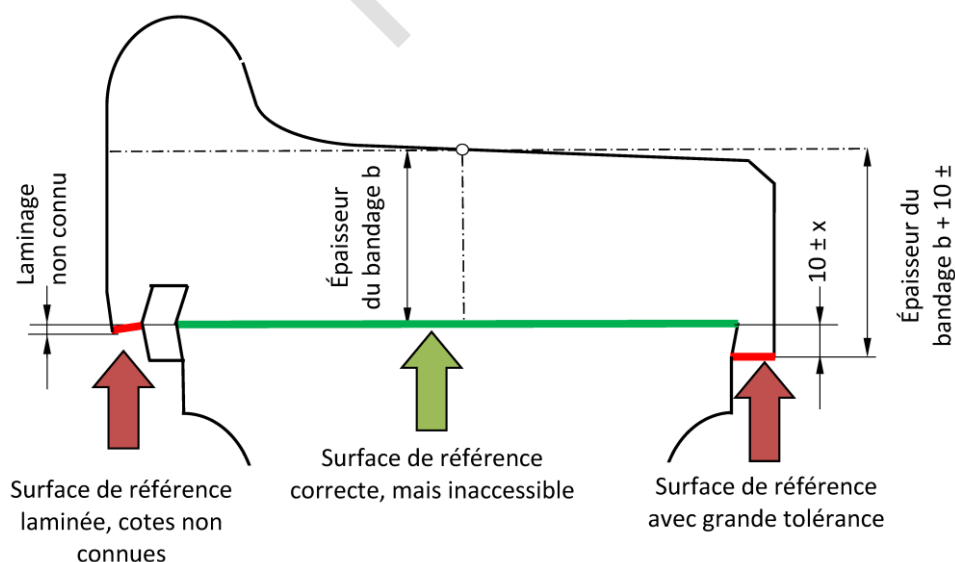


Figure 14 -13: surfaces de référence pour mesurer l'épaisseur du bandage b

Du fait de ces problèmes de surfaces de référence, peu importe le côté duquel la mesure est réalisée, l'utilisation d'instruments de mesure mécaniques induit une grande incertitude dans les résultats des mesures. Ces méthodes peuvent être utilisées pour effectuer des estimations approximatives, mais pas pour des mesures exigeant une précision supérieure à ± 1.0 mm.

Il est impératif d'utiliser une surface de référence correcte et de mesurer directement la distance entre cette surface de référence et la table de roulement. C'est possible, p. ex. en réalisant une mesure de l'épaisseur par ultrasons.

Dans un tel cas, l'instrument de mesure par ultrasons doit être vérifié avec une pièce d'étalonnage avant et après la mesure. Cette pièce d'étalonnage doit être constituée du même matériau que les bandages à mesurer. Plusieurs mesures doivent être réalisées sur chaque bandage pour pouvoir exclure toute erreur dans les résultats de mesure qui pourrait être causée par une mauvaise qualité de la surface et des conditions défavorables dans l'interstice entre le bandage et le corps de la roue.

14.3.5 Usure concave et épaisseur résiduelle sur les disques de frein

L'usure concave des disques de frein est la distance mesurée entre le point le plus haut et le point le plus bas de la surface de frottement du disque de frein. Elle est exprimée en millimètres (cf. Figure 14-14).

L'usure concave est l'élément de base utilisé pour déterminer l'épaisseur résiduelle de chaque surface de frottement d'un disque de frein. L'épaisseur résiduelle est calculée à partir de la réserve d'usure et de l'usure concave mesurée.

L'épaisseur résiduelle des disques de frein est la plus petite différence mesurée entre les surfaces de frottement. Elle est exprimée en millimètres (cf. Figure 14-14).

L'usure concave et l'épaisseur résiduelle du disque de frein peuvent être mesurées au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

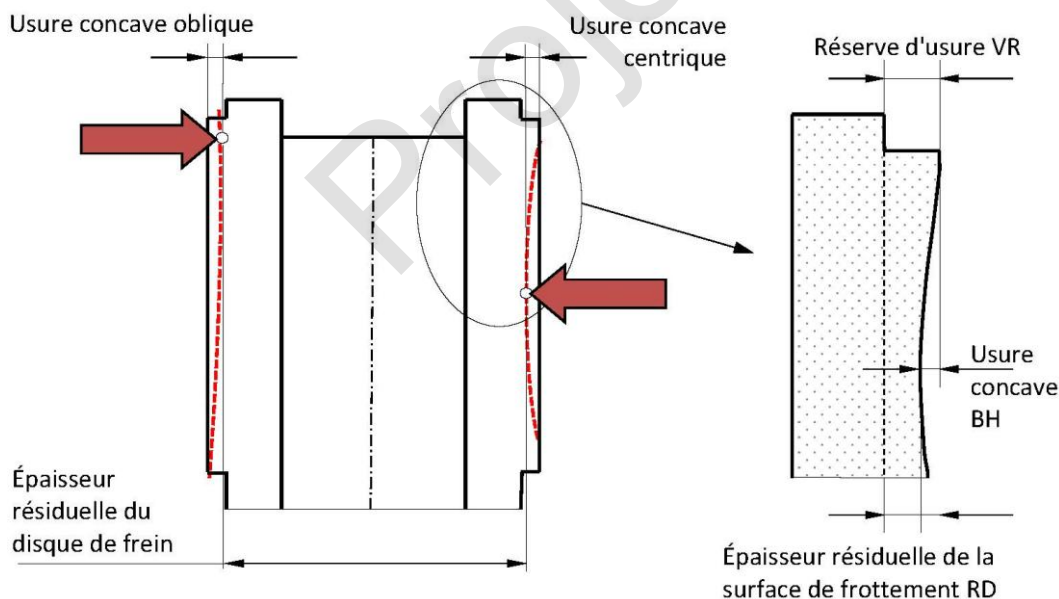


Figure 14-14: mesure de l'usure concave sur des disques de frein

La mesure de l'usure concave doit être réalisée en prenant en compte l'état de la surface d'appui et en tenant compte du fait que la plus grande usure concave n'est pas mesurée à un endroit défini, mais à l'endroit où l'on obtient la valeur la plus élevée. C'est la même chose pour l'épaisseur résiduelle, à la différence près que l'on considère la valeur mesurée la plus faible.

Pour évaluer l'usure, on s'appuie généralement sur l'usure concave et l'épaisseur résiduelle de la surface de frottement, l'épaisseur résiduelle du disque de frein jouant un rôle moins important.

14.3.6 Battement radial H

Le battement radial H d'un essieu est mesuré sur chaque voile de roue au niveau du cercle de mesure dans la table de roulement. La valeur retenue est sa valeur maximale, exprimée en millimètres (cf. Figure 6-32).

Le battement radial H peut être mesuré au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

Le battement radial H décrit l'écart maximal entre la forme du cercle réel du profil de roue au niveau du cercle de mesure et la forme idéale du cercle concentrique par rapport à la référence.

Il existe plusieurs références possibles:

- l'axe médian de l'essieu-axe, représenté par les trous de centrage aux extrémités de l'axe – il est utilisé de préférence pour les essieux démontés
- la portée de calage des boîtes d'essieu
- l'axe médian de rotation théorique de l'essieu, représenté par l'axe médian de rotation de la boîte d'essieu – il est utilisé de préférence pour les essieux montés
- le sommet du boudin par rapport à la table de roulement sur le point d'appui de la roue – cette méthode est utilisée pour les systèmes de mesure stationnaires, sur lesquels les véhicules passent en roulant

Lors de la fabrication d'essieux ou de leur traitement lorsqu'ils sont démontés, on utilise de préférence l'axe médian de l'essieu-axe. Lorsque des mesures sont réalisées sur un essieu monté, on préférera l'axe médian de rotation. Le résultat des mesures pouvant considérablement varier selon la méthode utilisée, il convient de définir la référence de mesure qui doit être considérée.

La plus exigeante des méthodes, mais aussi la meilleure pour l'exploitation, est la mesure du battement radial avec l'axe médian de rotation théorique avec les boîtes d'essieu. De cette façon, l'essieu est mesuré tel qu'il est en exploitation. Un essieu conforme aux critères d'ovalisation selon cette méthode de mesure est un essieu correct.

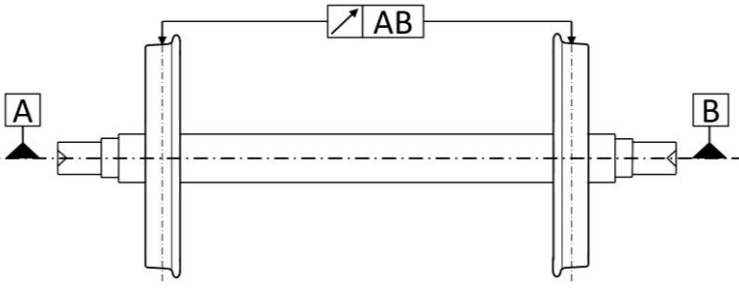
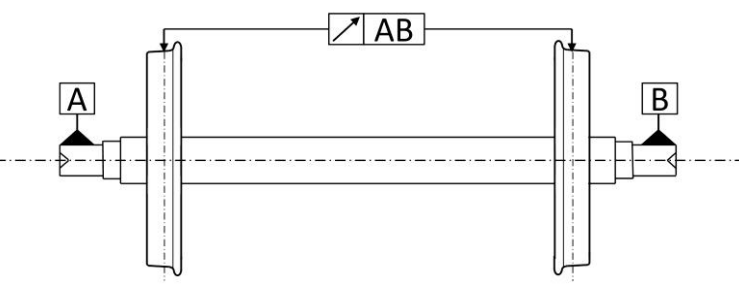
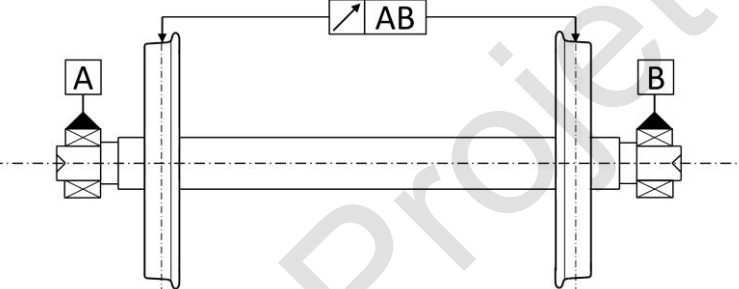
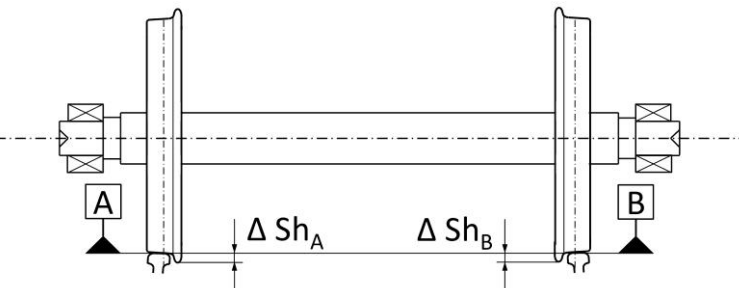
	La ligne de référence est l'axe médian de l'essieu-axe, défini par les trous de centrage de l'essieu-axe.
	La ligne de référence est l'axe médian des portées de calage des roulements d'essieu, défini par le contour extérieur des portées de calage des roulements d'essieu.
	La ligne de référence est l'axe médian de rotation des roulements d'essieu, défini par le diamètre extérieur de la boîte d'essieu.
	Le point de référence est le point d'appui de la roue sur le rail auquel se rapporte la cote Sh.

Figure 14-15: références pour la mesure du battement radial

Selon le nombre de points de mesure sur chaque pourtour de roue lors de la mesure du battement radial, il est possible de mesurer les éléments suivants:

- 8 points de mesure: l'excentricité, éventuellement un aplatissement singulier
- 100 points de mesure: polygones d'ordre inférieur
- 300 points de mesure: polygones d'ordre supérieur

Au moins 8 points de mesure sont nécessaires pour déterminer efficacement l'ovalisation. De même, il est inutile d'utiliser plus de 500 points de mesure car cela n'améliore pas les résultats de mesure de l'ovalisation et des polygones.

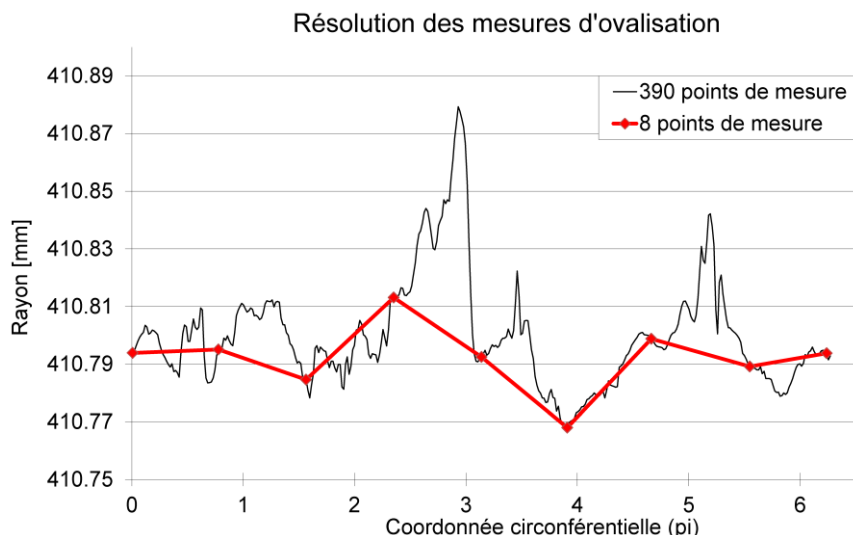


Figure 14 -16: influence du nombre de points de mesure sur le résultat des mesures du battement radial

À noter qu'il est difficile de mesurer efficacement le battement radial sur une table de roulement endommagée par une excoriation. De tels résultats sont sujets à caution.

14.3.7 Battement latéral G

Le battement latéral G d'une roue est mesuré pour chaque roue sur la face interne de la roue, dans la même zone que la cote A_R . La valeur retenue est sa valeur maximale, exprimée en millimètres (cf. Figure 6-32).

Le battement latéral G peut être mesuré au moyen de différents dispositifs de mesure (cf. section 14.4).

Le battement latéral est une valeur qui ne varie que très peu en exploitation, auquel cas c'est dû à des événements spéciaux, p. ex. un déraillement. Par conséquent, mesurer le battement latéral à l'occasion du traitement des essieux est suffisant.

Le battement latéral doit être mesuré en tenant compte des mêmes indications de référence que pour le battement radial (Figure 14-15). En revanche, contrairement aux mesures du battement radial, 4 à 8 points de mesure répartis régulièrement sur le pourtour de la roue suffisent pour déterminer avec précision le battement latéral car la roue ne gauchit généralement pas.

Dans des cas particuliers, notamment après un déraillement, le battement latéral est vérifié avec trois points de mesure décalés de 120° . L'écart entre les faces internes de la voie est mesuré à cette occasion avec la cote A_R . Étant donné le problème de référence, la mesure du battement latéral n'est pas considérée valable.

	L'écart du battement latéral est possible avec la mesure A_R si une roue est perpendiculaire à l'axe médian de l'essieu-axe.
	L'écart du battement latéral est impossible avec la mesure A_R car les deux roues sont décalées par rapport à l'axe médian de l'essieu-axe. Cas spécial: les deux roues sont inclinées de la même façon, il n'y a pas de différence notable de cote A_R.

Figure 14 -17: mesure du plan latéral avec la cote A_R

14.3.8 Balourd U

Le balourd U d'un essieu est mesuré sur l'essieu entièrement monté. Il est exprimé en gm (gramme par mètre). Certaines pièces, p. ex. les roues monoblocs et les disques de frein sur essieu-axe, sont déjà équilibrées individuellement. La mesure du balourd exige l'utilisation d'équipements de mesure spéciaux.

Si le centre de gravité S d'un élément rotatif (p. ex. un voile de roue) se trouve à distance e de l'axe de rotation avec un poids m , il se produit lors d'un mouvement de rotation ω une force centrifuge radiale orientée vers l'extérieur qui doit être absorbée par le roulement.

$$F = m \cdot e \cdot \omega^2$$

Formule 14-6: calcul de la force centrifuge

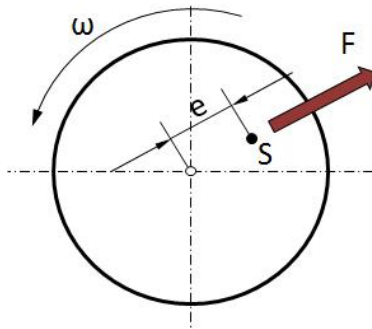


Figure 14 -18: balourd

Le balourd U peut être défini comme un vecteur orienté dans la direction de F et s'élevant à $m \cdot e$. La relation est donc la suivante:

$$F = U \cdot \omega^2 \quad \text{où:} \quad U = m \cdot e \text{ [gm]}$$

Formule 14-7: calcul du balourd

Pour rééquilibrer le balourd U , il est possible d'ajouter un poids Δm du côté opposé ou d'en retirer du même côté. Le produit du poids Δm et de la distance de l'axe rotatif doit être égal au balourd U .

En matière d'équilibrage, on distingue l'équilibrage statique et l'équilibrage dynamique. Par ailleurs, l'équilibrage peut s'effectuer sur un ou deux niveaux. Concrètement, seuls les corps en forme de disque peuvent faire l'objet d'un équilibrage statique, car on connaît la position axiale exacte du balourd, ce qui n'est pas le cas autrement.

Pour les essieux aussi, on distingue l'équilibrage statique de l'équilibrage dynamique. Dans le cas de l'équilibrage statique, les vecteurs U sont orientés dans la même direction radiale et ont la même valeur. En cas de rotation, aucun moment ne se forme autour du centre de gravité de l'essieu. Il tourne certes de manière déséquilibrée, mais il ne culbute pas.

Dans le cas de l'équilibrage dynamique, les vecteurs U sont orientés dans diverses directions radiales et n'ont pas la même valeur. En cas de rotation, des moments apparaissent autour du centre de gravité de l'essieu. Il tourne de manière déséquilibrée et culbute. Le cas statique est donc un cas particulier du balourd dynamique.

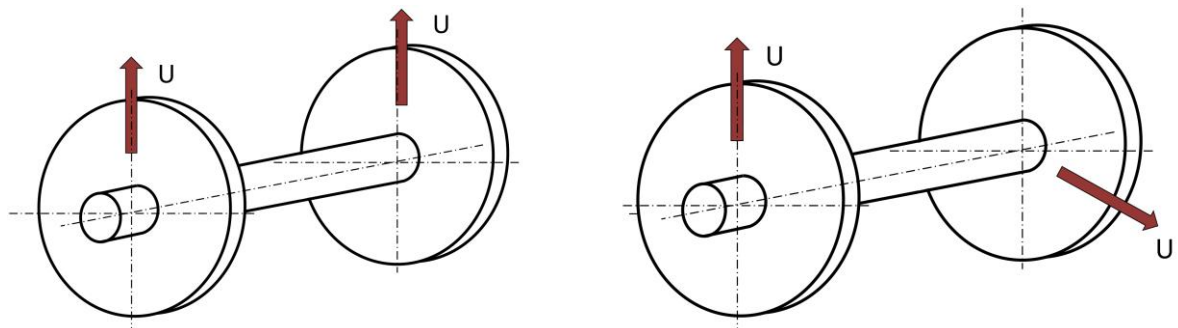


Figure 14-19: balourd statique et dynamique

L'équilibrage des essieux peut être statique et dynamique. S'il s'agit d'un équilibrage statique, il convient de noter que l'effet dynamique n'est pas compensé et que cela renforce le balourd en exploitation. De ce fait, les valeurs de balourd statiques admissibles sont plus faibles. C'est la raison pour laquelle les essieux fonctionnant à grande vitesse doivent toujours être équilibrés de manière dynamique. Un essieu qui n'est pas équilibré de manière dynamique produit des oscillations sources de perturbation pour la boîte d'essieu et le confort de roulement.

Le balourd n'est pas mesuré directement. On mesure son impact sur la boîte sur la base des forces de gravité F qui sont observés périodiquement à chaque tour. La mesure de la force entre la boîte et le rotor n'étant possible qu'avec des capteurs d'effort, cette méthode de mesure est exclue pour les machines à mesurer stationnaires spéciales.

Les machines à équilibrer modernes sont aujourd'hui bien plus précises que ce qu'exigent les directives pour les essieux. Lors des mesures, il suffit de s'assurer que l'essieu est entièrement assemblé et que l'équilibrage est réalisé selon les méthodes autorisées (par enlèvement de matière ou apport de matière à l'endroit approprié). D'un point de vue métrologique, aucune difficulté ne se présente.

14.3.9 Résistance électrique R

La résistance électrique R d'un essieu est mesurée entre les deux tables de roulement des roues. Elle est exprimée en ohms (Ω). La mesure doit pouvoir être réalisée avec une précision de 0.01 ohm.

La résistance électrique est mesurée sous une tension de 1.8 à 2.0 volts. La surface de contact sur l'essieu doit être d'env. 350 mm². Cette surface représente approximativement la taille de la surface de contact entre la roue et le rail. Cela permet de vérifier l'essieu dans les conditions environnementales réelles.

La résistance mesurée est calculée comme suit:

$$R = \frac{U}{I}$$

Formule 14-8: loi d'Ohm

Dans cette formule, la tension U est prédéfinie, tandis que le courant de mesure I est mesuré. Le courant de mesure peut s'avérer particulièrement élevé.

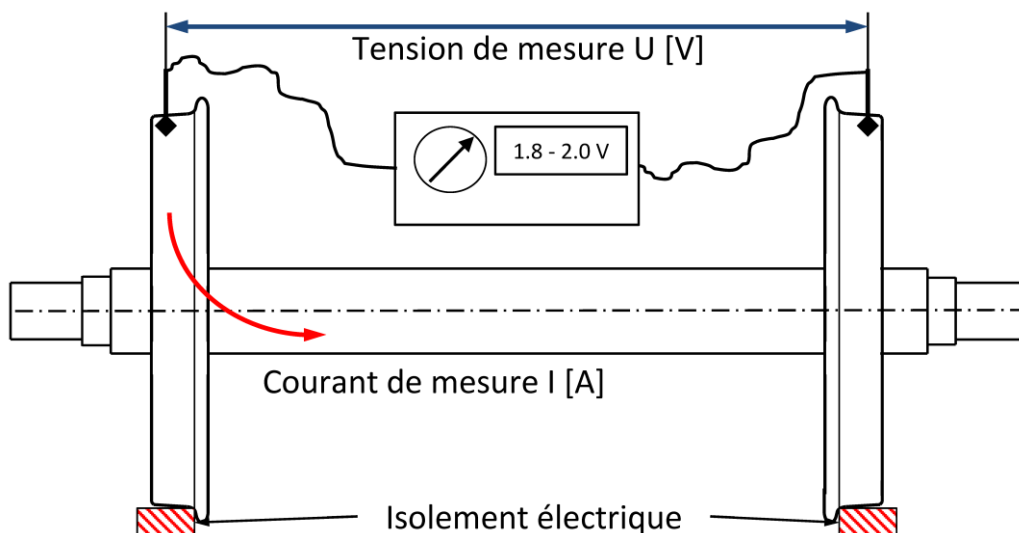


Figure 14 -20: mesure de la résistance électrique d'un essieu

La mesure de la résistance est une mesure électronique et suffisamment précise. Lors de la mesure, il est important de vérifier que les surfaces de contact entre l'essieu et le raccord de mesure soient propres, qu'il ne subsiste aucun résidu de rouille ou de graisse et que l'essieu est isolé.

Si ces règles sont respectées, aucun problème ne se présente lors de la mesure.

14.3.10 Poids m

Le poids m d'un essieu entièrement monté n'est pas déterminant pour la maintenance. S'il faut mesurer le poids, le demandeur de la mesure doit spécifier la précision de mesure, ce qui permettra de déterminer le dispositif de mesure nécessaire.

Le poids d'un essieu ne peut être correctement déterminé que lorsque l'essieu est démonté.

14.4 Instruments de mesure et équipements pour les mesures sur l'essieu

Ce chapitre présente de manière générale les instruments de mesure couramment utilisés pour mesurer un certain nombre de grandeurs de mesure sur l'essieu. La liste de ces appareils n'est cependant pas exhaustive. Les méthodes employées pour réaliser les mesures, ainsi que la précision de mesure associée sont précisées dans les chapitres précédents.

L'entreprise en charge des mesures est libre de choisir la méthode de mesure tant que la précision de mesure exigée est respectée. Les dispositifs de mesure utilisés doivent être soumis à une surveillance systématique.

Il convient de noter que l'encombrement et la durée des mesures varient selon les dispositifs proposés, de même que leur tolérance aux erreurs de mesure lors d'une mauvaise manipulation.

Les abréviations utilisées pour les grandeurs de mesure et la représentation graphique des emplacements de mesure sont précisées au chapitre 3 et à la section 6.3.2.

14.4.1 Mesure électronique combinée

La sélection des dispositifs de mesure présentés dans ce chapitre se limite aux appareils et aux installations utilisés régulièrement dans les ateliers. Ce chapitre ne présente pas les équipements électroniques combinés de grande taille qui sont généralement stationnaires et qui mesurent les dimensions les plus diverses avec des véhicules qui roulent par-dessus. Ces installations sont une exception. Elles peuvent être démontées presque à volonté selon les exigences du client et demandent un très gros investissement.

14.4.1.1 Équipements de mesure stationnaires

Selon le fabricant, les équipements de mesure stationnaires peuvent être démontés presque à volonté et peuvent être utilisés pour mesurer diverses grandeurs dans le cadre d'un déplacement du véhicule, y compris des grandeurs qui ne concernent pas directement l'essieu. L'investissement nécessaire est important et chaque utilisateur qui souhaite acquérir une telle installation est tenu de réaliser l'acquisition dans le cadre d'un projet distinct. Aucune information détaillée à ce sujet n'est disponible. Le procédé de mesure au défilé est performant, en particulier du point de vue du temps nécessaire (vitesse de passage env. 10 à 15 km/h). La qualité de la table de roulement doit cependant être évaluée par un technicien spécialisé (section 6.6.2.8).



Figure 14-21: équipement de mesure au défilé pour la réalisation de mesures sur le profil de roue

14.4.1.2 Tour en fosse

Le traitement des essieux sur un tour en fosse permet généralement de mesurer automatiquement une grande variété de mesure. Lorsque des mesures sont effectuées sur un essieu reprofilé, la précision de mesure est bonne en raison de la propreté des surfaces. Il faut néanmoins tenir compte des conditions de serrage de l'essieu, car cela peut p. ex. impliquer des écarts dans les cotes A_R .

Soulignons la qualité et la précision de la mesure du diamètre du cercle de roulement avec un procédé en continu (cf. section 14.3.3). Le début et la fin de la mesure sont généralement déterminés visuellement par un marquage temporaire (cf. point blanc au centre de l'image).



Figure 14-22: marquage sur la roue pour la mesure du diamètre sur un tour en fosse

14.4.1.3 Instruments de mesure portables

Il existe différentes méthodes et différents appareils permettant de déterminer des valeurs de mesure à la main. Voici une liste non exhaustive de ces appareils.

Instruments de mesure laser optiques (p. ex. Calipri de NextSENSE)

Le laser portable (capteur), doté d'un guidage acoustique, est facile à manipuler depuis la fosse d'entretien sous le véhicule. La réussite ou l'échec de la mesure est signalé(e) par voie sonore. Une fois la mesure terminée, le profil de roue mesuré apparaît sur l'écran de l'équipement de mesure (interface de données). Les valeurs mesurées sont évaluées par des couleurs (vert, orange ou rouge) par analogie avec les feux tricolores. Les valeurs limites peuvent être enregistrées dans l'appareil par rapport à l'usure. La précision de mesure des dimensions du profil de roue est d'env. 0.2 mm.



Figure 14-23: laser portable (capteur)



Figure 14-24: interface de données du laser portable

La table de roulement est évaluée par du personnel spécialisé (section 6.6.2.8).

Le profil de roue doit être propre au moment de la mesure et les diverses influences de la lumière doivent être prises en compte. L'utilisation d'un produit de contraste est parfois nécessaire.

Dispositif de déroulement portable mécanique (p. ex. MiniProf de Greenwood Engineering)

L'appareil se fixe sur la face interne de la roue au moyen d'aimants. Le positionnement radial est réalisé avec deux goupilles sur le boudin. Pour mesurer la géométrie du profil, on franchit la surface du profil de roue manuellement avec l'étrier de mesure mobile. Les valeurs s'affichent sur l'écran de l'équipement de mesure. La table de roulement est évaluée par du personnel spécialisé (section 6.6.2.8). Lors de la mesure, il est important de s'assurer que le profil de roue est propre et que l'étrier de mesure est bien mobile. La mesure du cercle de roulement se base sur la cote de la corde et peut présenter des écarts de mesure en fonction de l'état géométrique du boudin (cf. section 14.3.3.4). La précision de mesure des dimensions du profil de roue est d'env. 0.2 mm.



Figure 14-25:
instrument de mesure à déroulement mécanique
MiniProf sur la roue



Figure 14 -26:
enregistrement des données et interface de
l'instrument de mesure à déroulement mécanique

14.4.2 Mesure mécanique combinée

Ce calibre (p. ex. un calibre selon le dessin CFF WOI 999.30.001.6, cf. annexe A2.1) permet de mesurer les valeurs les plus importantes pour évaluer la géométrie du profil de roue (q_R , Sh , Sd). L'utilisation de cet appareil pour réaliser des mesures requiert une certaine expérience pour atteindre la précision de mesure souhaitée. Si l'appareil est utilisé correctement, la précision de mesure est comprise entre 0.3 et 0.5 mm.

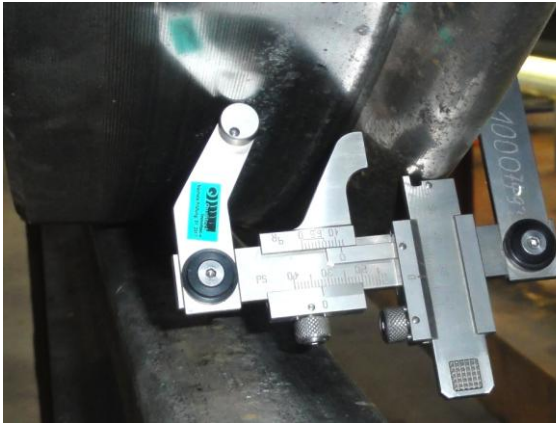


Figure 14 -27:
calibre pour boudin selon le dessin des CFF



Figure 14 -28:
calibre pour boudin System Talgo

14.4.3 Mesure de cotes et de grandeurs individuelles

Toutes les valeurs utiles du profil de roue et de l'essieu sont généralement mesurées séparément. Le plus souvent, mesurer ces valeurs individuellement suffit. Les cotes et les grandeurs mesurées séparément sont les suivantes:

- épaisseur du boudin Sd [mm]
- hauteur du boudin Sh [mm]
- pente du flanc q_R [-]
- largeur de la jante B_R [mm]
- écrasement a [mm]
- usure concave h [mm]
- écartement des faces internes de l'essieu A_R [mm]
- écartement extérieur des boudins S_R [mm]
- diamètre de la roue D [mm]
- épaisseur du bandage b [mm] (pour les roues bandagées)
- usure concave pour les disques de frein [mm]
- battement radial H [mm]
- battement latéral G [mm]
- balourd U [gm]
- résistance électrique R [ohm]
- poids m [kg]

La mesure et l'évaluation avec une jauge de l'épaisseur du boudin Sd , de la hauteur du boudin Sh , de la pente du flanc q_R , de la largeur de la jante B_R , de l'écrasement a et de l'usure concave h ont été décrites en détail dans les sections précédentes. Pour mesurer des valeurs individuelles, on utilise en règle générale les appareils combinés disponibles, mais seule la grandeur correspondante est enregistrée. Les informations de cette section s'arrêtent là.

14.4.3.1 Écartement des faces internes de l'essieu A_R [mm]

L'écartement des faces internes de l'essieu A_R est mesuré au moyen d'un instrument de mesure d'écartement interne dont le fonctionnement peut être purement mécanique, comme il peut être électronique.

Les instruments de mesure mécaniques peuvent être tendus entre les roues à l'aide d'un mécanisme à ressort, à la suite de quoi la valeur la plus faible est relevée, ou ils peuvent être allongés jusqu'à ce qu'ils puissent être calés. Les deux méthodes exigent de l'opérateur de la dextérité et une observation attentive de la valeur de mesure qui oscille.

Les appareils purement électro-optiques mesurent la distance de référence d'une jauge calée entre les roues. Là encore, il est très important que la position du calibre soit correcte.

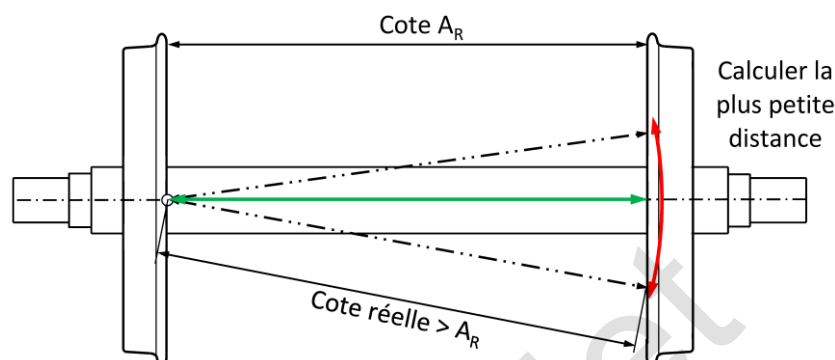


Figure 14 -29: mesure de la cote A_R à l'aide de dispositifs de mesure mécaniques

Cette mesure est nécessaire après une R0 et sur les essieux qui viennent d'être assemblés. Une valeur de mesure suffit. Après un déraillement ou un dommage thermique des roues, la mesure de la cote A_R doit être réalisée à trois endroits décalés de 120° (cf. aussi la section 6.6.1.7).

Une mesure de la cote A_R est également recommandée pour la mesure du profil de roue, ou alors en lien avec la mesure S_d . La cote A_R constitue la base de calcul pour l'écartement extérieur des boudins S_R (cf. aussi la section 8.2.1.2).



Figure 14-30: mesure de la cote A_R sur un essieu monté



Figure 14 -31: mesure de la cote A_R sur un essieu démonté



Figure 14 -32:
dispositif de mesure avec lecture directe de
l'écartement des faces internes de l'essieu A_R :
butée mobile à gauche



Figure 14 -33:
dispositif de mesure avec lecture directe de
l'écartement des faces internes de l'essieu A_R :
butée fixe à droite



Figure 14 -34: dispositif de mesure avec lecture directe de l'écartement des faces internes de l'essieu A_R :
butée mobile à gauche, affichage numérique

14.4.3.2 Écartement extérieur des boudins S_R [mm]

Comme indiqué à la section 14.3.2, il n'est pas vraiment recommandé de mesurer directement l'écartement extérieur des boudins S_R . Il est préférable de mesurer les épaisseurs des boudins S_d et la cote A_R et d'utiliser ces valeurs pour calculer l'écartement extérieur du boudin selon la section 14.3.2.

14.4.3.3 Diamètre de la roue D [mm]

Comme indiqué précédemment (cf. section 14.3.3), la mesure du diamètre de la roue présente de nombreux problèmes. Presque toutes les méthodes de mesure rapides et directes du diamètre de la roue ont recours à une corde. La précision qu'il est possible d'atteindre avec ces méthodes a été expliquée plus haut. La mesure basée sur l'enroulement ne doit être utilisée qu'exceptionnellement et la méthode basée sur le roulement est rarement utilisée pour une mesure isolée.

Les instruments de mesure couramment utilisés pour mesurer le profil de roue peuvent être associés à des équipements complémentaires pour pouvoir mesurer le diamètre du cercle de roulement. Pour atténuer l'incertitude de mesure, les équipements complémentaires sont proposés pour différentes plages de diamètre.



Figure 14-35:
mesure du diamètre de la roue avec un instrument
de mesure optique (Calipri Wheel)



Figure 14 -36:
mesure du diamètre de la roue avec un instrument
de mesure à corde

14.4.3.4 Épaisseur du bandage b pour les roues bandagées

Mesurer l'épaisseur du bandage avec des dispositifs de mesure mécaniques en s'appuyant sur des surfaces de référence douteuses (cf. section 14.3.4) n'est pas recommandé et ne fait donc pas l'objet d'une description détaillée. L'unique méthode de mesure efficace est la méthode par ultrasons (p. ex. avec des dispositifs de mesure de la société Krautkramer).

Ce type de dispositifs de mesure permet de déterminer l'épaisseur du bandage à partir de la table de roulement. Pour obtenir un résultat pertinent, l'appareil doit être étalonné avant et après la mesure en fonction de la qualité du matériau du bandage et de la plage de mesure qui est comprise entre 30 et 60 mm environ.

La marche à suivre pour cette mesure est décrite ci-après.

- Marquer la référence sur une longueur d'env. 200 mm sur le bandage, au niveau de la table de roulement. La distance de la face interne de la roue est généralement de 80 mm. Cela correspond non pas au niveau du cercle de mesure mais à la zone dans laquelle on attend la plus grande part d'usure.
- Déterminer deux points de mesure au moins où le produit de couplage sera appliqué, à un intervalle d'environ 50 à 100 mm. Il est impératif d'utiliser un produit de couplage approprié.
- L'instrument de mesure doit être étalonné avec une pièce de d'étalonnage adaptée à la mesure réalisée.
- Le transducteur doit être installé d'une légère pression aux endroits où se trouve le produit de couplage. Lorsque l'appareil confirme la bonne transmission des ultrasons, on peut considérer que le résultat de la mesure est valable. Ce dernier peut alors être consigné.
- Si la différence entre deux mesures est inférieure à ± 0.2 mm, la mesure est considérée valable. Si l'écart est plus grand, d'autres mesures doivent être réalisées.
- La valeur à prendre en compte est la plus petite de toutes les valeurs mesurées.

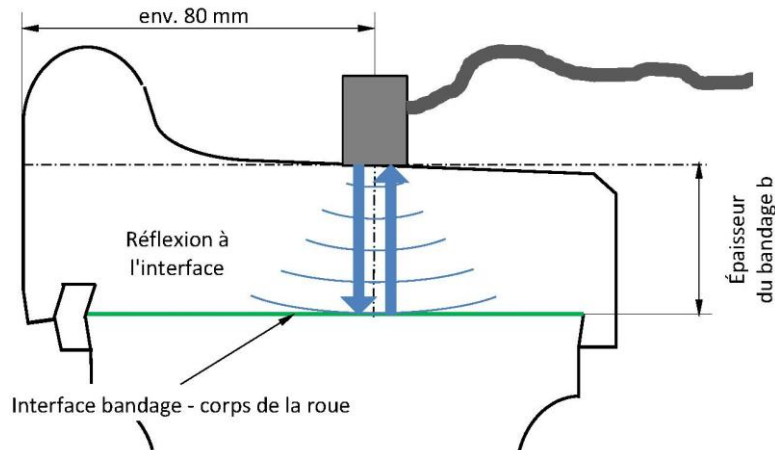
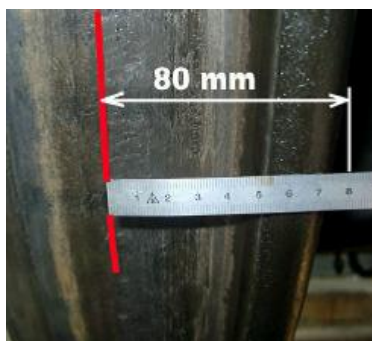


Figure 14 -37: principe de mesure de l'épaisseur du bandage par ultrasons



Marquage de la référence



Mise en place du produit de couplage



Mesurage

Figure 14 -38: marche à suivre pour mesurer l'épaisseur du bandage

14.4.3.5 Usure concave et épaisseur résiduelle sur les disques de frein [mm]

L'usure concave et l'épaisseur résiduelle sur les disques de frein peuvent être mesurées par des moyens mécaniques et optiques. Les directives fournies à la section 14.3.5 s'appliquent à cet égard.

Le critère d'évaluation du kilométrage résiduel est l'épaisseur résiduelle minimale des surfaces de frottement d'un disque de frein, la valeur à prendre en compte étant la plus petite des deux valeurs mesurées. Cela permet d'identifier aussi toute usure très asymétrique des disques de frein.

Si l'usure des surfaces de frottement est relativement symétrique, l'épaisseur du disque de frein, qu'il est facile de mesurer avec un dispositif mécanique, peut servir de critère d'évaluation.

Il revient au détenteur des véhicules ou à l'ECM 1 de choisir le critère d'évaluation en service en fonction de l'expérience acquise dans le cadre de l'exploitation.

14.4.3.5.1 Mesure optique (p. ex. Calipri)

Il est possible d'utiliser le balayage optique pour mesurer les valeurs extrêmes d'usure concave et d'épaisseur résiduelle des surfaces de frottement des disques de frein sur essieu-axe et des disques de frein sur roue, auquel cas l'épaisseur résiduelle des surfaces de frottement est déterminée indirectement avec la marque d'usure en tenant compte de l'usure concave. On procèdera de la même façon pour déterminer l'épaisseur du disque, qui doit elle aussi être calculée.



Figure 14 -39: mesure optique de l'usure concave sur un disque de frein sur essieu-axe

Le profil de la surface de freinage mesuré s'affiche sur l'écran du système de mesure. Les valeurs mesurées sont évaluées par des couleurs (vert, orange ou rouge) par analogie avec les feux tricolores. Les valeurs limites peuvent être enregistrées dans l'appareil par rapport à l'usure. La précision de la mesure est d'env. 0.2 mm.

Les surfaces de freinage polies, extrêmement brillantes, peuvent engendrer des problèmes pendant la mesure en raison de la réflexion. Dans ce cas, un produit de contraste doit être appliqué sur la zone à mesurer.

14.4.3.5.2 Mesure mécanique

Il est possible d'utiliser une baguette et une jauge d'épaisseur pour mesurer l'usure concave. On utilise aussi des équipements avec une jauge de profondeur. Dans ce cas, l'espace disponible est le critère déterminant pour le choix des dimensions et du type de dispositif de mesure utilisé. Là encore, l'usure concave mesurée en rapport avec la marque d'usure sert de base pour calculer l'épaisseur résiduelle des surfaces de frottement.

Si l'usure des deux surfaces de frottement est relativement symétrique, il est possible de mesurer avec suffisamment de précision l'épaisseur résiduelle des disques de frein avec un pied à coulisse spécial et de l'utiliser pour évaluer le kilométrage résiduel.

Des erreurs de mesure peuvent apparaître avec tous les dispositifs de mesure mécaniques s'ils ne sont pas correctement placés et calés et si les points de référence utilisés ne sont pas corrects.



Figure 14 -40:
mesure de l'épaisseur résiduelle sur les disques de frein avec un pied à coulisse spécial



Figure 14 -41:
détermination de l'usure concave avec une baguette et une jauge d'épaisseur

14.4.3.6 Battement radial

Si le battement radial n'est pas mesuré au moyen d'une méthode combinée (p. ex. sur un tour en fosse), il peut l'être avec un comparateur placé au niveau du cercle de mesure en tournant lentement l'essieu. Le résultat de la mesure correspond à la différence entre la plus grande et la plus petite valeur mesurée sur chaque roue. Lorsque les mesures sont réalisées avec des comparateurs analogiques, il est possible de définir une tendance à propos de la forme d'ovalisation (p. ex. un aplatissement singulier, des polygones d'ordre inférieur). Il ne faut cependant consigner qu'une seule valeur pour chaque roue, qui fournit ainsi un résultat supplémentaire. Cette méthode de mesure est plutôt adaptée aux essieux qui viennent d'être reprofilés car on y trouve éventuellement des excentricités, mais pas des polygones ou d'autres défauts du voile radial.

Lors de la mesure, il est important de vérifier l'état de l'essieu, comme indiqué à la section 14.3.6.

Les mesures du battement radial avec un tour en fosse impliquent généralement peu de points de mesure. Si de surcroît, ces derniers se trouvent dans une zone d'excoriation ou de méplats, le résultat de la mesure n'est pas forcément réaliste. S'il faut des enregistrements plus précis de la forme du battement radial, on réalisera une mesure à plusieurs endroits répartis sur le pourtour (cf. section 14.3.6). Il est possible d'en faire un certain nombre avec des comparateurs, mais ce sera au détriment de la précision et du temps passé.

Pour pouvoir mesurer les ovalisations et la formation de polygones en exploitation, il est nécessaire de réaliser un balayage continu du pourtour. Il existe pour cela différents équipements en fonction de l'application.

Les installations fixées sur la voie mesurent l'ovalisation, ainsi que d'autres valeurs pendant le défilement de la roue. Ces installations, coûteuses, servent essentiellement à la surveillance générale des trains en exploitation. Ce type d'installation est distribué par diverses entreprises, p. ex. Hegenscheidt. Elles sont souvent combinées à des systèmes de mesure de la charge par roue afin de pouvoir identifier les véhicules présentant un état critique pour l'exploitation et les mettre hors service.

Les méthodes de mesure employées par ces installations sont très diverses. Des mesures par balayage mécanique et optique sont possibles, de même que des calculs basés sur les accélérations mesurées. Les méthodes utilisées et la précision des résultats obtenus sont décrites par le fabricant.

Les équipements de mesure mobiles destinés à mesurer et enregistrer l'ovalisation des roues sont conçus pour contrôler des essieux isolés, montés ou démontés. Ils permettent de mesurer l'ovalisation et la formation de polygones avec une grande précision. Ils sont principalement prévus pour suivre l'évolution de l'ovalisation et de la formation des polygones, pas pour réaliser des mesures générales sur tous les véhicules. Un ancien modèle de ce genre d'appareil est représenté ci-après. Une valeur exploitable est mesurée au moins tous les 5 mm sur le pourtour. La résolution du rayon est de l'ordre du centième.

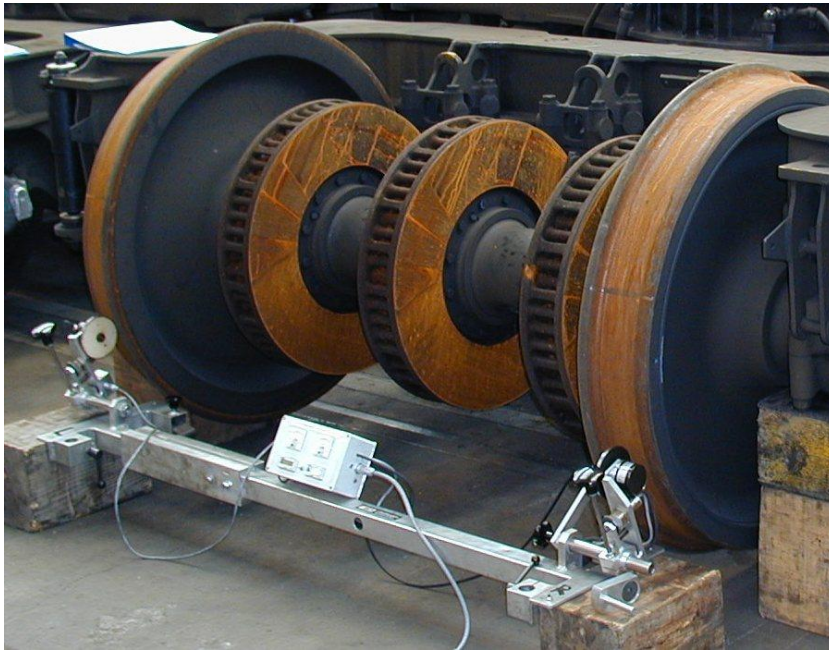


Figure 14-42: équipement de mesure de l'ovalisation des roues

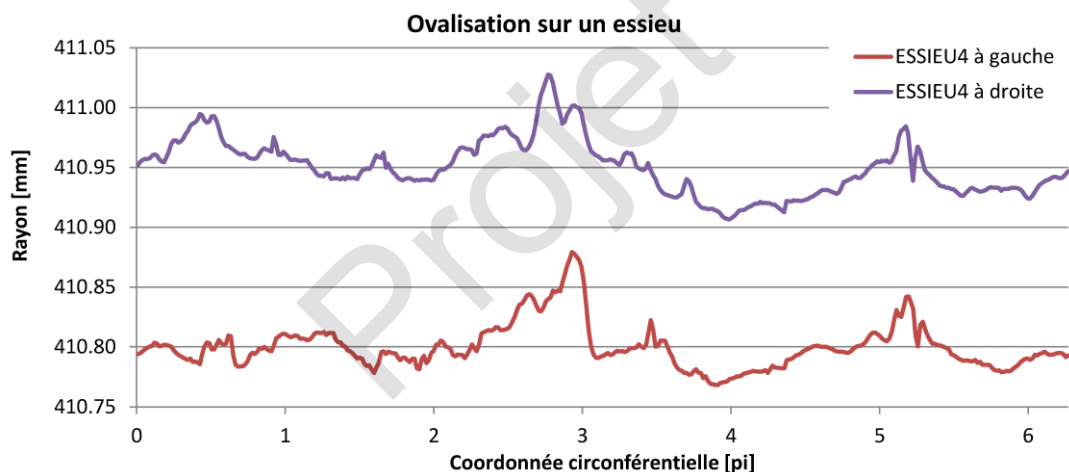


Figure 14-43: résultat d'une mesure d'ovalisation sur un essieu

14.4.3.7 Battement latéral

La mesure du battement latéral isolé est généralement réalisée à l'aide d'un comparateur placé sur la face interne de la roue et en faisant tourner l'essieu. Le résultat de la mesure correspond à la différence entre la plus grande et la plus petite valeur mesurée sur chaque roue. Lorsque les mesures sont réalisées avec des comparateurs analogiques, il est possible de définir une tendance à propos de la forme du voile latéral.

Étant donné que le battement latéral des roues n'est pas influencé par l'usure et que les roues ne sont généralement pas sujettes au déjettement, une valeur de mesure avec indication de la différence entre la plus grande et la plus petite valeur par roue suffit pour estimer le battement latéral. Il n'est pas nécessaire de réaliser des mesures plus précises.

14.4.3.8 Balourd

Le balourd d'un essieu est généralement mesuré après le traitement de l'essieu, à l'occasion de la maintenance lourde ou de sa reconstruction. Cette mesure n'est possible que si l'essieu est démonté et exige l'utilisation d'équipements de mesure spéciaux. Aucune mesure du balourd n'est effectuée en cours d'exploitation.

Des informations théoriques au sujet du balourd sont fournies à la section 14.3.8. Plusieurs fabricants proposent des machines d'équipement permettant de réaliser ces mesures efficacement.



Figure 14-44: machine à équilibrer pour l'équilibrage dynamique

14.4.3.9 Résistance électrique

La résistance électrique sur l'essieu (cf. également la section 14.3.9) doit faire l'objet d'une mesure après l'assemblage des essieux lorsque le montage concerne les pièces suivantes:

- roue monobloc sur l'axe
- corps de roue sur l'axe
- bandage sur le corps de roue

Les valeurs de résistance prescrites doivent être rigoureusement respectées pour s'assurer que les circuits des voies utilisés pour la signalisation réagissent correctement au contrôle d'occupation des voies. Si un essieu n'est pas conforme aux valeurs prescrites, il ne doit pas être mis en exploitation.

Les valeurs limites de résistance électrique maximale admissible entre les tables de roulement d'un essieu sont les suivantes:

- 0.01 ohm pour les unités qui viennent d'être assemblées
- 0.10 ohm pour les unités en exploitation

La mesure est réalisée avec un appareil approprié, capable de mesurer la résistance avec une tension à courant continu.

Les éléments de contact utilisés pour le couplage des tables de roulement doivent avoir une surface de contact d'au moins 350 mm² et être magnétiques pour faciliter le couplage.

L'isolation électrique complète de l'essieu est nécessaire pour réaliser la mesure.

La réalisation de la mesure n'est pas marquée sur l'essieu.



Figure 14 -45: mesure de résistance sur un essieu

15 Spécificités de la maintenance des essieux

15.1 Efforts de calage et méthode de montage des roues monoblocs et des moyeux de roue

L'assemblage de l'essieu-axe et du corps de roue est une opération complexe soumise à de strictes exigences de qualité pour le produit fini. La qualité de la liaison entre l'axe et le moyeu est déterminante pour la sécurité des essieux.

Les normes applicables pour la conception et la méthode de montage sont la norme SN EN 13260, et en partie pour les anciens essieux la fiche UIC 813. Ces documents définissent les principales exigences concernant les efforts de montage, les efforts d'essai (contre-pression) et les cotes de calage. Les principaux éléments peuvent être dérivés de ces documents et ne sont pas répétés ici. En revanche, nous allons évoquer ici la mise en œuvre dans la pratique et expliquer quelques spécificités suisses.

Les principales conceptions et formes de liaison axe-moyeu sont les suivantes:

- portées de calage avec des surfaces d'ajustement coniques (conicité comprise entre 1:300 et 1:500)
- portées de calage avec des surfaces d'ajustement cylindriques
- montage des corps de roue par calage à froid
- montage des corps de roue par frettage des corps de roue préchauffés
- montage des corps de roue par serrage et avec liant des corps de roue préchauffés
- montage des corps de roue par un procédé de dilatation par injection d'huile (calage serré par injection l'huile)

Les modèles d'essieux modernes doivent être conformes aux prescriptions de la norme SN EN 13260, de préférence avec des surfaces d'ajustement coniques ou cylindriques qui sont adaptées au calage des corps de roue à froid.

Les modèles d'essieux des anciennes flottes doivent quant à eux être traités selon les documents de référence ou les dessins des pièces.

Il est déconseillé d'appliquer les indications d'effort de montage et les cotes de calage de la norme SN EN 13260 ou de la fiche UIC 813 pour les essieux qui n'ont pas été conçus selon ces mêmes références. Dans ce cas, les informations nécessaires peuvent être trouvées dans les plans de montage et les dessins des différentes pièces qui renvoient vers la norme applicable ou qui fournissent eux-mêmes les indications d'effort ou de cote. Les documents du fabricant du véhicule ou du composant pour la maintenance peuvent aussi fournir des informations à ce sujet.

Pour les véhicules circulant en-dehors de la Suisse, la référence pour les efforts de montage et les cotes de calage est souvent la norme SN EN 13260. Si cette norme sert de référence pour d'anciens modèles d'essieux, il est important de vérifier que les pièces sont adaptées aux cotes de calage et aux efforts de montage prescrits. Les valeurs prescrites par la norme SN EN 13260 à cet égard étant souvent plus élevées que dans les anciennes références, il est possible que les contraintes observées dans les pièces atteignent des valeurs trop importantes si les prescriptions de la norme SN EN 13260 ont été appliquées sans vérification préalable.

15.1.1 Calage des corps de roue et des roues monoblocs à froid

Le montage des corps de roue et des roues monoblocs par calage à froid est une opération manuelle extrêmement délicate. Le respect des efforts de montage minimaux et maximaux requis exige que les collaborateurs en charge de ces opérations s'y exercent régulièrement. Cela requiert aussi une grande sensibilité pour les paramètres non normalisés qui influencent le processus. L'interaction entre toutes les grandeurs d'influence n'étant pas totalement maîtrisée, l'observation et la participation dans la pratique sont déterminantes pour l'efficacité du processus de montage.

Les grandeurs influençant de façon déterminante le processus sont les suivantes:

- Rugosité des surfaces d'ajustement: les valeurs doivent être les plus constantes possibles pour optimiser la stabilité du processus.
- Préparation des surfaces de calage: la surface de la portée de calage doit être préparée et être la plus régulière possible, en particulier s'il s'agit d'une réutilisation des essieux. On utilisera du papier abrasif ou un non-tissé abrasif d'un grain maximal de P80 et veillera à exercer une pression systématique sur toute la surface. Le nombre de frappes/mouvements, l'orientation du ponçage et les méthodes de polissage ne doivent pas perturber l'essai MT. Des essais pratiques doivent être réalisés pour démontrer l'absence de perturbations.
- Quantité de lubrifiant: la quantité de lubrifiant utilisée doit être la plus constante possible.
- Type de lubrifiant: il convient d'utiliser systématiquement le même lubrifiant. Quel que soit le modèle, il est préférable d'utiliser aujourd'hui une pâte de montage contenant du disulfure de molybdène (MoS_2). Ce composant est en effet efficace pour la prévention de corrosion de contact entre les surfaces d'assemblage. Le suif, l'huile de lin et leurs mélanges ne sont pas aussi efficaces.
- Application du lubrifiant: le lubrifiant doit toujours être appliqué avec le même outil. Il peut être appliqué avec un pinceau, des gants en caoutchouc, un chiffon, un rouleau ou une éponge.
- Cotes de calage: les cotes de calage doivent être les plus régulières possibles pour optimiser le processus. Les prescriptions en matière de mesure et de documentation des cotes de calage et des diamètres des portées de calage sont donc une référence importante pour la réalisation du montage.
- Vitesse de calage: une vitesse de calage variable permet d'intervenir pendant le processus de calage si l'évolution de l'effort laisse supposer que les efforts de montage souhaités ne seront pas atteints ou seront dépassés. La vitesse doit être comprise entre 30 mm/min et 300 mm/min. Une vitesse plus rapide entraîne un effort ultime plus faible, tandis qu'une vitesse plus lente entraîne un effort ultime plus grand.
- La vitesse de calage variable n'est évoquée ni dans la norme SN EN 13260, ni dans la fiche UIC 813. Elle n'est cependant pas interdite, et constitue une spécificité suisse.
- Des conceptions géométriques différentes des éléments du moyeu entraînent un comportement différent des corps de roue au calage. Pour les éléments du moyeu qui présentent une paroi fine et une construction moderne, il est parfois indispensable de limiter la cote de calage maximale admissible pour empêcher des déformations plastico-élastiques de se produire sur le moyeu (éviter l'association petit alésage-grand axe).
- Orientation concentrique des pièces: des douilles de centrage peuvent être utilisées pour obtenir cette orientation. Sur les surfaces de calage coniques, l'orientation doit souvent être réalisée en intervenant sur les surfaces d'ajustement car les dimensions géométriques permettent de caler les corps de roue sans effort sur l'essieu-axe sur une certaine longueur de la portée de calage.

En règle générale, on utilise des presses spécifiques aux essieux pour le calage des corps de roue. Avec ces presses, c'est la machine qui veille au respect des tolérances de montage géométriques. Par ailleurs, elles permettent d'enregistrer et de documenter les valeurs nécessaires tout au long du processus de montage.



Figure 15 -1: presse pour essieux

Il est également possible d'utiliser des douilles de butée pour atteindre les positions de montage géométriques des pièces à caler. Cela implique cependant une tolérance suffisamment précise pour les cotes de longueur axiale sur l'essieu-axe et sur le corps de roue. Si la tolérance de la cote A_R ne figure pas dans le dessin de la pièce, il est possible d'utiliser les valeurs indiquées à la section 6.6.1.7.

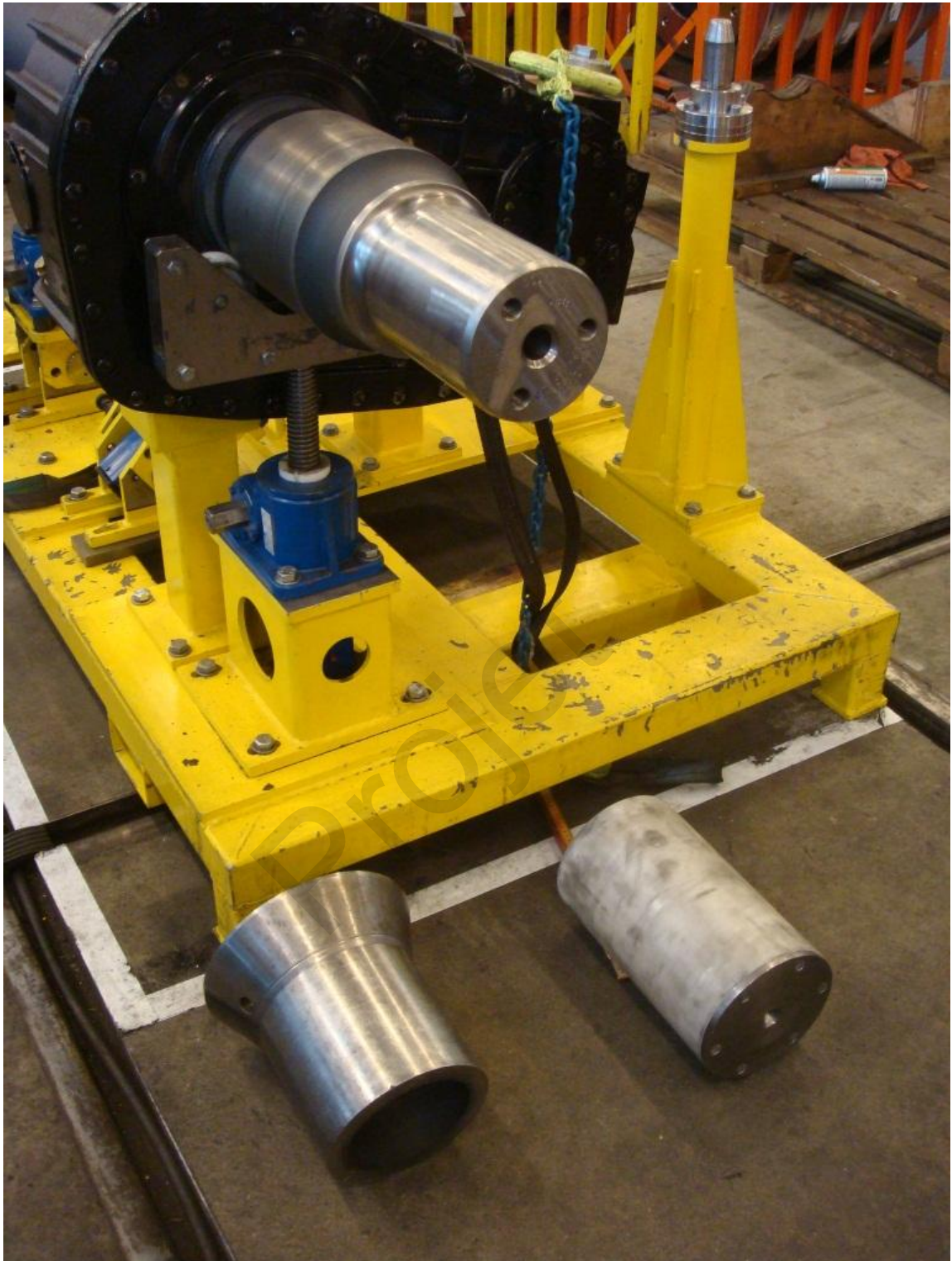


Figure 15 -2: douilles de montage

Dans tous les cas, il est important de s'assurer que les moyeux des corps de roue dépassent légèrement l'assise de l'axe, en direction du corps de l'axe, et qu'ils sont au moins à ras. Si ce n'est pas le cas, un début de fissure peut apparaître dans l'essieu-axe sous l'effet d'importantes contraintes locales, annulant ainsi l'effet avantageux du rayon de raccordement sur la répartition des contraintes. C'est particulièrement important pour les anciens modèles d'essieu, sur lesquels il faudra le cas échéant adapter les cotes du moyeu et de l'axe pour obtenir la bonne position du moyeu en saillie.

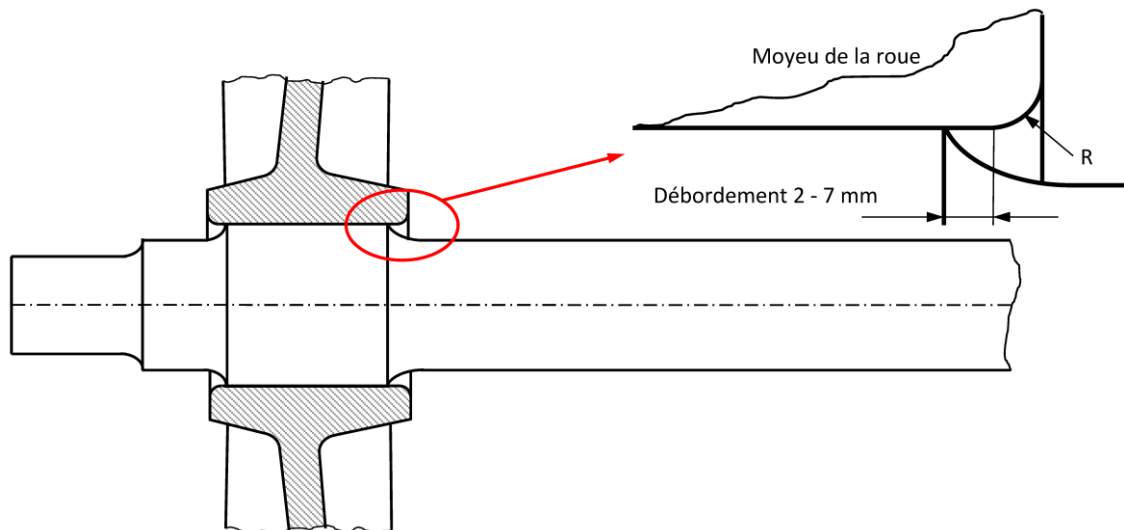


Figure 15 -3: définition du moyeu en saillie selon la norme SN EN 13103-1

15.1.2 Contrôle qualité des corps de roue et des roues monoblocs montés à froid

La qualité de la liaison entre les axes et les moyeux est évaluée en vérifiant l'effort de calage ultime et la courbe de l'effort pendant l'assemblage. Les résultats possibles de ce contrôle sont les suivants:

- l'effort de calage ultime et la courbe de pression sont conformes aux prescriptions:
→ l'essieu est correct
- la courbe de pression est correcte, mais l'effort de calage ultime présente un écart maximal de 10 % par rapport à la valeur minimale ou maximale:
→ l'essieu est correct avec un contre-essai sous pression concluant
- la pression de calage ultime ou la courbe de la pression n'est pas conforme:
→ démontage du corps de roue

Le contre-essai sous pression des essieux réalisé lorsque l'effort de calage ultime présente jusqu'à 10 % d'écart est une spécificité suisse de longue date qui n'est explicitement prévue ni dans la fiche UIC 813, ni dans la norme SN EN 13260.

Les exemples suivants de courbe de pression et d'effort de montage servent de critères pour réaliser le contrôle qualité. Les abréviations utilisées dans les graphiques sont explicitées ci-dessous:

P_F [kN]	Effort de montage général
P_{Fmax} [kN]	Effort de montage maximal atteint pendant le montage
P_{Fe} [kN]	Effort de montage au terme du montage
F_{max} [kN]	Effort de montage maximal admissible selon le dessin de la pièce
F_{min} [kN]	Effort de montage minimal admissible selon le dessin de la pièce
S [mm]	Course de calage

Les courbes d'effort de calage désignées «non conformes» ci-après ont pour conséquence le démontage du corps de roue.

15.1.2.1 Diminution de l'effort de montage P_F

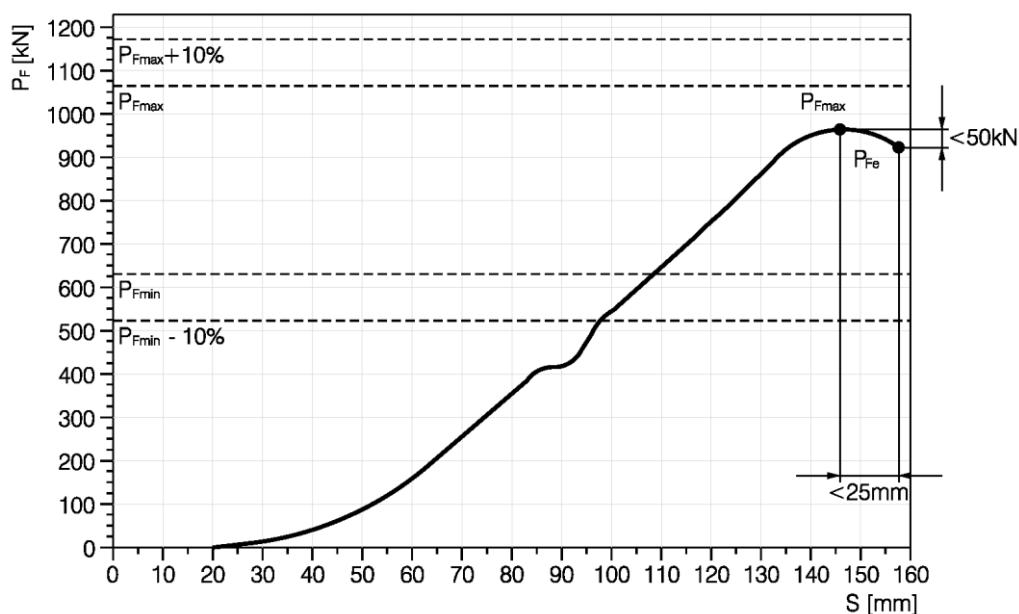


Figure 15 -4: diminution de l'effort de montage

La diminution de l'effort de montage P_F à la fin de la course de calage est conforme si la diminution de l'effort concerne une longueur de 25 mm au maximum et si cette diminution est inférieure à 50 kN.

Une diminution de l'effort de montage P_F jusqu'à 10 % maximum de la longueur de la course de calage est autorisée là où se trouve la rainure d'injection d'huile du corps de roue.

15.1.2.2 Rapport entre l'effort de montage P_{Fmax}/P_{Fe} et les limites d'effort F_{max}/F_{min}

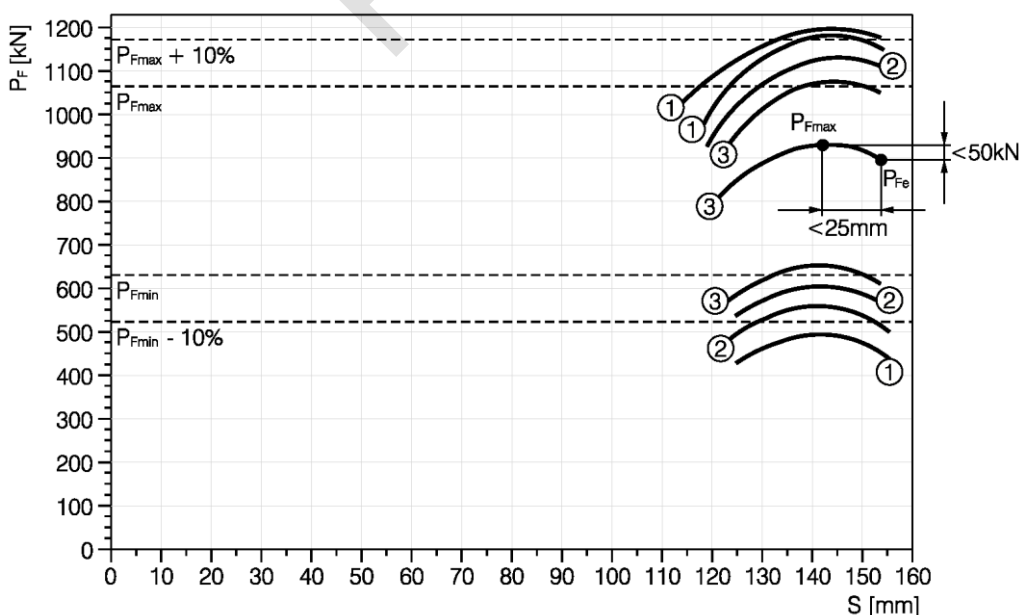


Figure 15-5: rapport entre l'effort de montage et les limites d'effort

Légende de la Figure 15-5:

Évaluation des courbes avec une diminution de la pression selon P_{Fmin} et P_{Fe} :

- ① non conforme ② conforme avec un contre-essai sous pression concluant ③ conforme

15.1.2.3 Courbe de l'effort de montage P_F avec un effet Slip-Stick (broutage)

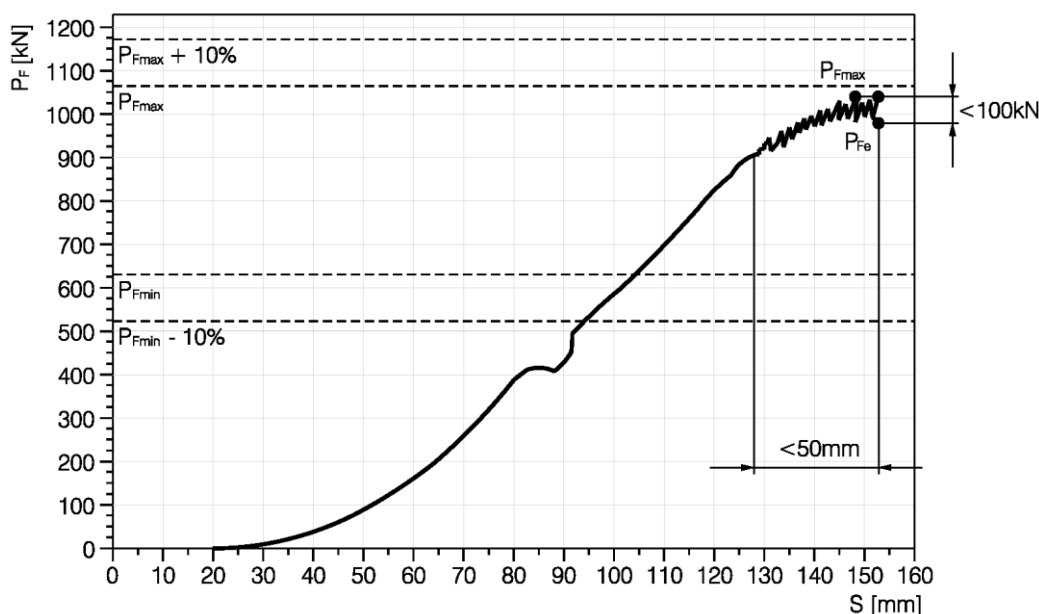


Figure 15 -6: effort de montage avec broutage

Si un effet Slip-Stick (broutage) est constaté pendant le montage, c'est autorisé sans contre-essai sous pression si les variations d'effort ne dépassent pas 100 kN et si l'effet concerne moins de 50 mm de la course de calage. Si les variations d'effort dépassent 100 kN ou si elles concernent plus de 50 mm de la course de calage, le calage n'est pas considéré conforme.

15.1.2.4 Forte hausse de l'effort de montage P_F /suspicion de corrosion

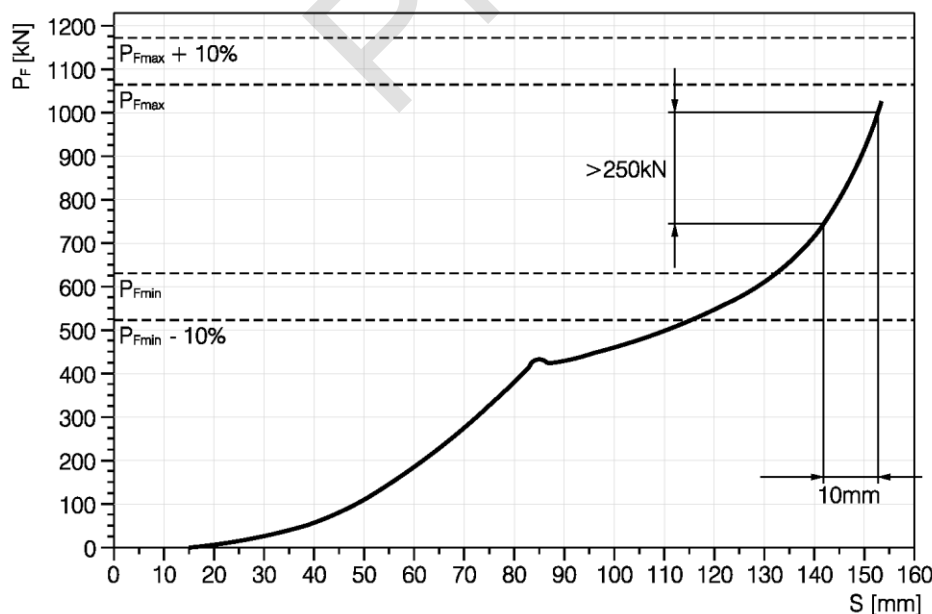


Figure 15 -7: forte hausse de l'effort de montage

Si l'effort de montage P_F augmente et dépasse 250 kN par 10 mm de course de calage, on peut supposer que les surfaces de calage se sont grippées. Une telle courbe d'effort n'est pas conforme.

15.1.2.5 Augmentation discontinue de l'effort de montage P_F

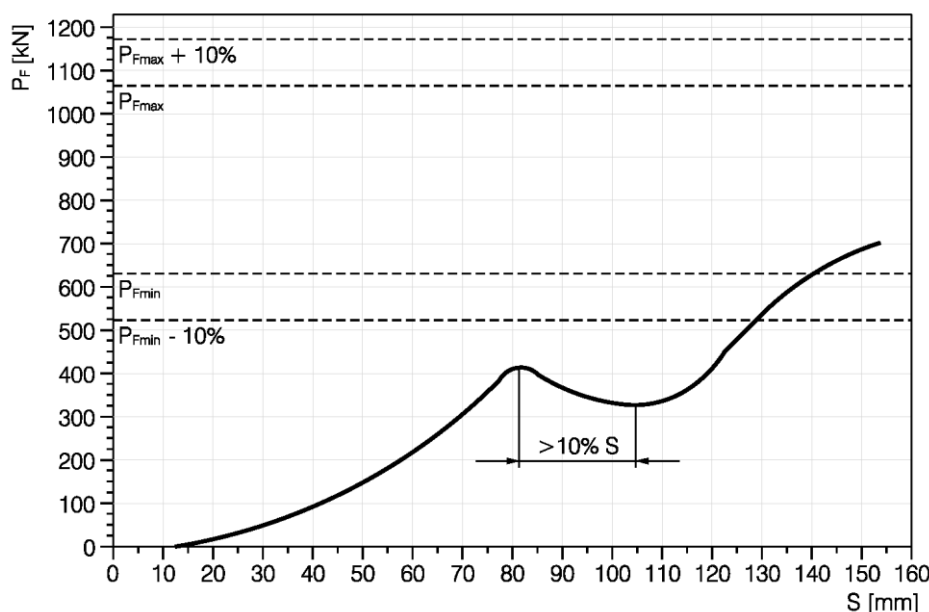


Figure 15 -8: augmentation discontinue de l'effort de montage

Si l'effort de montage P_F n'augmente pas sur plus de 10 % de la course de calage ou s'il diminue, cela laisse supposer une déformation plastique des composants. Cette courbe d'effort n'est pas conforme. La diminution de la pression à la fin du montage est une exception (cf. section 15.1.2.1).

15.1.3 Retouche de la portée de calage des moyeux sur les essieux-axes

Lorsque les anciens corps de roue sont démontés, on constate souvent de légères stries sur l'enveloppe de la portée de calage des moyeux sur les essieux-axes. Il arrive aussi qu'après de multiples démontages des corps de roue, le diamètre ne soit plus conforme aux limites de tolérance.

Il est dans ce cas souvent souhaitable de retoucher la portée de calage des moyeux.

Les nouveaux modèles d'essieux peuvent être dimensionnés de sorte que les réserves de résistance suffisent pour rectifier le diamètre de la portée de calage des moyeux jusqu'à une cote de retouche minimale admissible.

Sur les anciens modèles d'essieux, la démonstration de résistance nécessaire dans ce contexte d'après les normes SN EN 13103-1/SN EN 13103-2 n'est généralement pas concluante car les axes échouent en principe à satisfaire les critères de contrôle des normes SN EN 13103-1/SN EN 13103-2 et ne peuvent rester en exploitation que dans le cadre de la protection des installations existantes. La seule solution possible est de faire l'acquisition d'axes de substitution neufs avec un plus grand diamètre de la portée de calage du moyeu.

Les anciens essieux-axes sur lesquels les portées de calage des moyeux ont été rectifiées de manière vérifiable et sans expérience négative dans l'exploitation, peuvent aussi être soumis au même traitement dans le cadre de la protection des installations existantes.

Il est très important de vérifier la corrosion de contact au niveau de la portée de calage des moyeux des essieux-axes. Cela peut en effet entraîner une réduction locale du diamètre sur la face interne (côté de la portée de calage tourné vers le corps de l'axe). Une méthode permettant de vérifier cette caractéristique est décrite ci-après.

Les essieux-axes et les alésages des corps de roue comportant des traces de rouille comme on peut le voir sur l'image (corrosion par contact) doivent être contrôlés en réalisant un contrôle dimensionnel amélioré pour vérifier s'il est possible de les réutiliser. Le but de ce contrôle est d'empêcher le réassemblage de pièces qui présentent d'importants écarts de forme et des cotes trop petites localement.

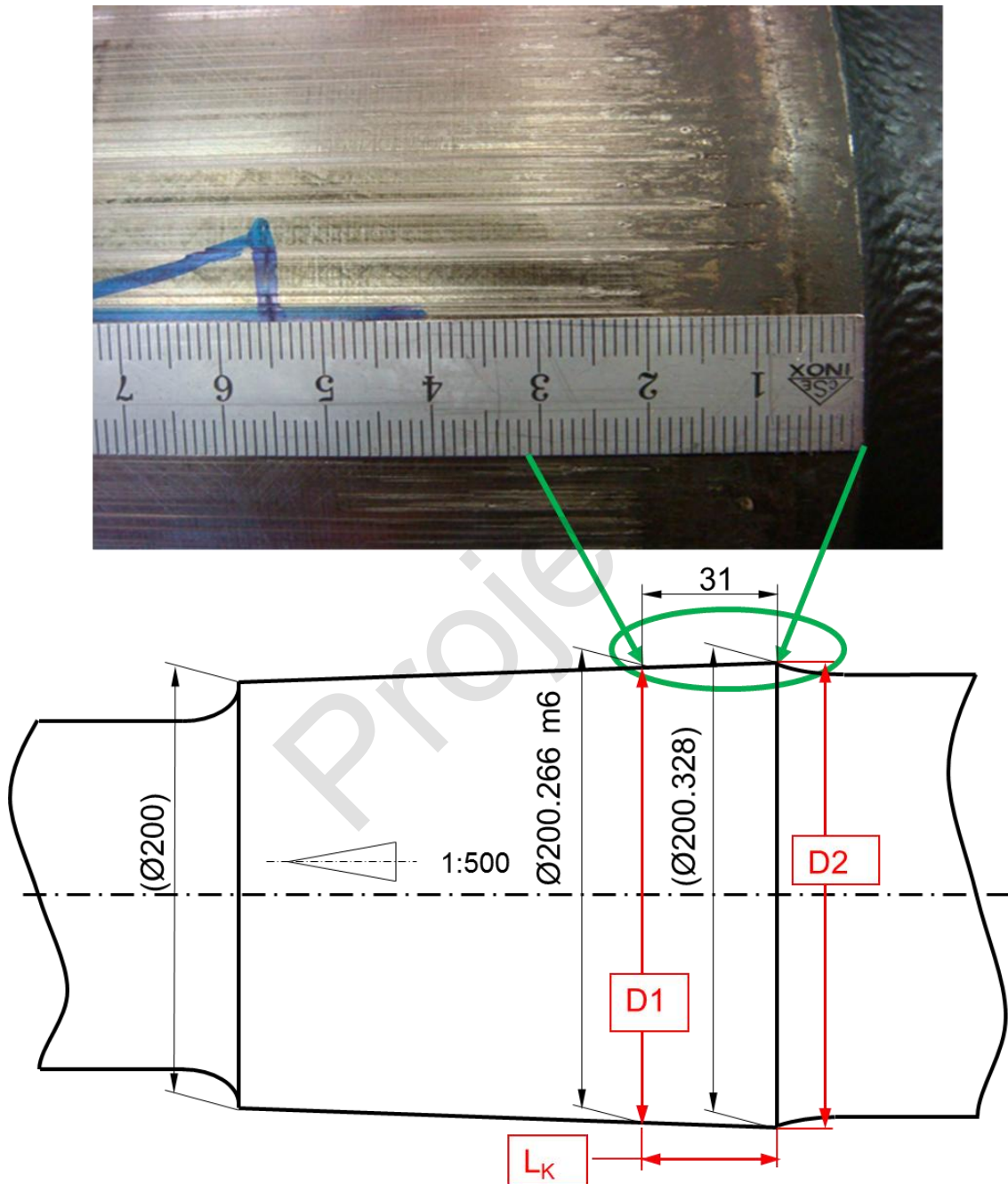


Figure 15 -9: schéma d'une méthode de mesure basé sur l'exemple d'un essieu-axe et d'un extrait du dessin correspondant

Ce contrôle peut être réalisé selon la méthode indiquée dans le tableau ci-dessous. L'écart maximal entre les dimensions réelles du cône et les dimensions nominales ne doit pas dépasser $\pm 0.03 \text{ mm}$.

La valeur est calculée comme suit:

$$D2_{\min} = D1 + \frac{L_K}{K} - 0.03$$

Formule 15-1: calcul de $D2_{\min}$ pour la prise de décision selon le Tableau 15-1

$$D2_{\max} = D1 + \frac{L_K}{K} + 0.03$$

Formule 15-2: calcul de $D2_{\max}$ pour la prise de décision selon le Tableau 15-1

$$D2_{\min} \leq D2 \leq D2_{\max}$$

Formule 15-3: limites de $D2$ pour la prise de décision selon le Tableau 15-1

où:

$D1, D2$: diamètre de la portée de calage des moyeux à l'endroit défini, en millimètres

L_K : écart entre la cote $D1$ et l'extrémité intérieure de la portée de calage du moyeu (cote $D2$), en millimètres

K : valeur nominale du cône de la portée de calage du moyeu (p. ex. 500 pour une valeur de 1:500)

Étape	Désignation	Exemple
1	Déterminer le point de mesure pour $D1$. Ce dernier doit se trouver en-dehors de la zone corrodée.	$L_K = 31$ mm à partir du bord du rayon. Ne doit cependant pas obligatoirement correspondre au point de mesure indiqué par le dessin.
2	Mesurer la cote réelle $D1$.	200.300 mm
3	Déterminer la conicité K selon le dessin.	$K = 500$ (cône 1:500)
4	Calculer l'augmentation du diamètre entre $D1$ et $D2$.	$31/500 = 0.062$ mm
5	Déterminer la cote nominale $D2$.	$200.300 + 0.062 = 200.362$ mm
6	Tolérance pour la cote réelle $D2 = D2$. Valeur nominale ± 0.03 mm.	200.362 ± 0.03 mm: D2 Minimum 200.332 mm D2 Maximum 200.392 mm
7	Mesurer la cote réelle $D2$.	$D2 = 200.310$
8	Déterminer s'il est possible de continuer d'utiliser la pièce.	200.310 est plus petit que la valeur minimale calculée ci-dessus. L'axe est rejeté.

Tableau 15-1: décision de retoucher les portées de calage des moyeux

15.2 Contraintes résiduelles sur les jantes des roues monoblocs

Les roues monoblocs de véhicules équipés d'équipements de freinage à sabot sont susceptibles d'être soumises à des surcharges thermiques causées par des défauts de freinage et en fin de compte d'être endommagées. Que le véhicule soit équipé d'un frein à sabot normal, d'un frein d'immobilisation sous forme de frein à sabot ou d'un simple sabot de nettoyage ne change rien.

La présente section vise à expliciter les points suivants:

- apparition et effet des contraintes résiduelles sur les jantes
- traitement des essieux ayant subi des dommages thermiques dans le cadre de la maintenance lourde
- valeurs limites pour la mesure des contraintes résiduelles dans les roues monoblocs

La détection et le traitement des essieux présentant des signes de décoloration dans le cadre de la maintenance légère et en service sont décrits à la section 6.6.2.12.

Définitions

Roue monobloc ayant subi un dommage thermique	On considère qu'une roue monobloc a subi un dommage thermique lorsqu'elle présente une décoloration ou qu'on constate des couleurs de marquées sur les surfaces à nu de la jante.
revenu	
Annonce ICT	Annonce concernant un frein serré ou un dérangement aux freins, transmise par le centre d'intervention des dispositifs de contrôle des trains (CI ICT).
Annonce HFO	Annonce d'un détecteur de boîtes d'essieu chaudes.

15.2.1 Effet des contraintes thermiques sur des roues monoblocs

Sur les roues monoblocs freinées au moyen de freins à sabot, la chaleur de friction sur le matériau engendre progressivement une montée des contraintes de traction résiduelles au niveau de la jante. C'est un processus tout à fait normal auquel les roues monoblocs peuvent parfaitement résister sans subir de dommage, tant qu'il reste limité. Les contraintes de traction résiduelle dans la jante dépendent d'une part de l'étendue de l'apport de chaleur, et d'autre part de la forme de l'âme du voile de roue. Moins l'âme du voile de roue est incurvée, plus on constate de contraintes de traction résiduelles dans la jante car une âme de voile de roue non incurvée ne possède pas la même capacité de réaction élastique.

Les contraintes de traction résiduelles dans la jante sont à éviter pour les raisons suivantes:

- D'importantes contraintes de traction résiduelles favorisent l'apparition de fissures par des entailles dans la jante.
- Les fissures axiales préexistantes sur la jante s'amplifient plus rapidement sous l'effet des contraintes de traction résiduelles.
- Les contraintes de traction résiduelles peuvent entraîner une déformation du corps de roue si l'âme du voile de roue est peu incurvée ou rectiligne, et par conséquent causer une modification non admissible de la cote A_R («déjettement» de la roue monobloc).

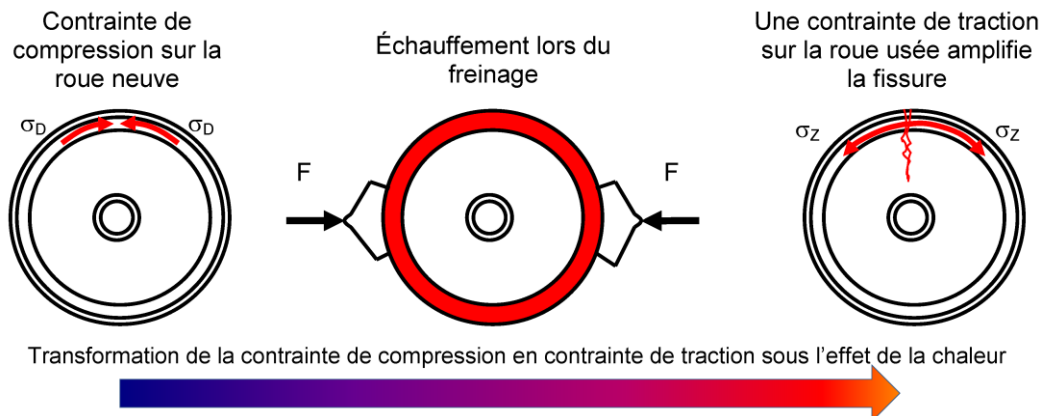
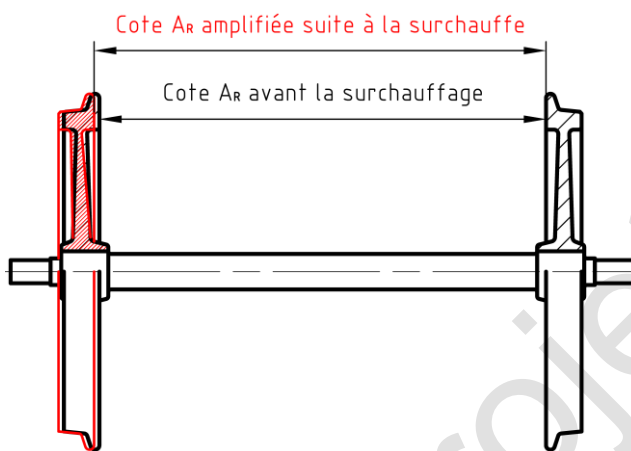
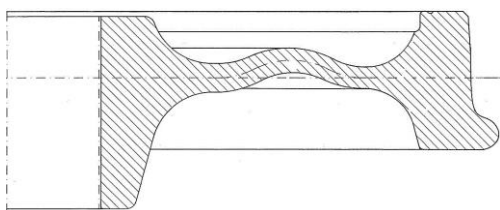
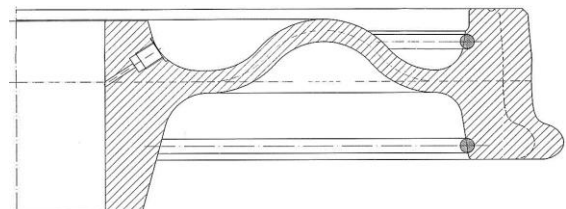


Figure 15 -10: mécanisme d'endommagement de la roue monobloc en cas de surcharge thermique

Figure 15 -11: déjettement d'une roue monobloc avec une âme rectiligne, modification de la cote A_R

Ces dernières années, une modification de la structure des voiles de roue a permis d'atténuer considérablement l'apparition de contraintes de traction résiduelles et leurs effets négatifs. Cela concerne en particulier ce que l'on appelle des «voiles de roue à faible contrainte interne» qui sont aujourd'hui presque exclusivement utilisés dans les voitures freinées par des sabots.

L'utilisation d'essieux avec des voiles de roue à faible contrainte interne dans des wagons de marchandises est recommandée, à fortiori si des semelles de frein K ou LL sont utilisées.

Figure 15-12:
roue monobloc de construction ancienne avec une âme peu incurvéeFigure 15-13:
roue monobloc à faible contrainte interne (voile de roue à faible contrainte interne ou roue à cloche)

15.2.2 Traitement des roues monoblocs ayant subi un dommage thermique dans le cadre de la maintenance lourde et valeurs limites pour la mesure des contraintes résiduelles

Les essieux dont les roues monoblocs ont subi un dommage thermique doivent être changés. Lorsqu'ils sont démontés du véhicule, une fiche doit être établie et les accompagner pour informer l'atelier qu'il s'agit d'un dommage thermique.

Les essieux sur lesquels des roues ont subi des dommages thermiques doivent être soumis aux étapes de remise à neuf habituellement appliquées au modèle d'essieu correspondant. Les roues monoblocs considérées comme ayant subi un dommage thermique sont les roues monoblocs telles qu'elles sont définies à la section 15.2, ainsi que toutes les roues monoblocs suspectées d'un dommage thermique. Ces suspicions peuvent être motivées par:

- une exfoliation continue sur la table de roulement
- une corrosion excessive dans la zone extérieure de la jante

Outre la remise à neuf normale, un contrôle des contraintes résiduelles doit aussi être réalisé. Ce contrôle peut s'effectuer avant ou après le reprofilage, avec des appareils de contrôle permettant de mesurer les contraintes résiduelles par des méthodes non destructives.

Les valeurs limites admissibles pour les contraintes résiduelles dans la jante sont précisées dans le tableau suivant:

Type d'acier	Modèle de roue, catégorie selon VPI 04, annexe 1, chapitre 1	Valeurs autorisées [MPa]	Source
ER6	Roues monobloc avec résistance à la rupture de la jante inconnue	300 max.	SN EN 15313
	Roues monobloc avec une résistance à la rupture de la jante conforme à la norme SN EN 13262	400 max.	SN EN 15313
	Catégorie 1 (d1)	-300 à +400	VPI 09-4.1
ER7	Roues monoblocs normales avec une âme peu incurvée	300 max.	–
	Roues monobloc avec résistance à la rupture de la jante inconnue	300 max.	SN EN 15313
	Catégorie 1 (d1)	-300 à +400	VPI 09-4.1
	Catégorie 3 (d3)	-350 à +300	VPI 09-4.1
	Catégorie 2 (d2)	-350 à +300	VPI 09-4.1
	Roues monobloc avec une résistance à la rupture de la jante conforme à la norme SN EN 13262	400 max.	SN EN 15313

Type d'acier	Modèle de roue, catégorie selon VPI 04, annexe 1, chapitre 1	Valeurs autorisées [MPa]	Source
ER8, ER9	Catégorie 3 (d3)	-350 à +250	VPI 09-4.1
R1, R6, R7	Catégorie 1 (d1)	-300 à +400	VPI 09-4.1
R1, R7, BV1	Catégorie 2	-350 à +300	VPI 09-4.1
R2, R3, R8, R9, BV2, BV2N	Catégorie 3 (d3)	-350 à +250	VPI 09-4.1
R7	Catégorie 3 (d3)	-350 à +300	VPI 09-4.1

Tableau 15-2: valeurs limites admissibles pour les contraintes résiduelles dans la jante

Les aciers portant la désignation ER ont été fabriqués conformément à la norme SN EN 13262; leur résistance à la rupture est connue. Ceux portant la désignation R sont conformes aux prescriptions de la fiche UIC 812-3, sans que la résistance à la rupture du matériau soit indiquée.

Le type d'acier peut être déterminé grâce au poinçonnage du fabricant visible sur la face interne du moyeu de la roue.

La mesure doit être réalisée pour tous les matériaux avec une constante acoustico-élastique de $k = 150$ (constante spécifique au matériau). Pour certains types de matériaux, et à condition que cela soit justifié, il est parfois possible d'utiliser des valeurs k plus faibles. Malgré le marquage sur la roue, il n'est pas toujours simple d'identifier avec certitude le type de matériau. Il est donc recommandé de ne pas utiliser des valeurs k trop faibles. En effet, si les valeurs k sont trop faibles, les valeurs de tension sont plus faibles aussi, ce qui nuit à l'évaluation des roues.

Les méthodes de mesure des contraintes résiduelles sur la jante sont définies dans la norme SN EN 13979-1.

Les roues monoblocs ayant une âme de roue incurvée et respectant les valeurs limites de contrainte résiduelle peuvent rester en exploitation sans aucune limite particulière. La peinture doit simplement être réparée avant la remise en service.

Les roues monoblocs qui dépassent les valeurs limites de contrainte résiduelle sont généralement mises au rebut. Il reste néanmoins possible de régénérer les roues monoblocs, mais cette option n'est économique que pour de grandes quantités de pièces car l'équipement et le savoir-faire requis sont très spécifiques.

Si les roues monoblocs ont subi un dommage thermique et possèdent une âme de roue rectiligne, il est recommandé de les mettre au rebut dès que l'on constate une amplification de la cote A_R ou une hausse des valeurs de contrainte résiduelle.

15.3 Appariement des roues monoblocs et des disques de frein sur essieu-axe pour l'équilibrage

Sur les essieux, les balourds entraînent divers effets négatifs et impactent le confort de roulement, la formation de polygones au niveau des roues et les contraintes subies par les pièces de l'essieu. Les valeurs limites définies à la section 6.6.2.4 doivent donc être respectées, et dans tous les cas ne doivent pas être dépassées.

Lorsque les essieux sont assemblés avec des disques de frein sur essieu-axe, les voiles de roue, mais aussi d'autres composants sont concernés par les problèmes de balourd.

Afin de limiter ces problèmes, les essieux moteurs sont appariés avec des composants qui varient considérablement selon le modèle. Les indications du fabricant ou du détenteur des véhicules à cet égard doivent être respectées.

15.3.1 Appariement d'essieux équipés de roues monoblocs

Les essieux équipés de roues monoblocs peuvent être appariés selon plusieurs configurations différentes:

- a) balourd des voiles de roue dans le même sens
- b) balourd des voiles de roue avec un décalage de phase de 180°
- c) balourd des voiles de roue dans une position quelconque

La méthode privilégiée ou prescrite pour les essieux des wagons est l'orientation des balourds dans le même sens a). Dans cette configuration, l'écart de position des balourds résiduels admissibles pour les deux roues ne doit pas dépasser 15°.

Dans le cas de balourds avec un décalage de phase de 180°, il est certes possible que le balourd statique soit éliminé sur l'essieu, mais on constate une tendance à la formation de polygones en exploitation en raison du balourd dynamique restant.

Le montage des roues avec une position quelconque des balourds est à éviter.



Figure 15 -14: marquage du balourd et de sa position sur le voile de roue pour le moyeu

15.3.2 Appariement d'essieux équipés de roues monoblocs avec deux ou trois disques de frein sur essieu-axe

L'appariement de roues monoblocs et de disques de frein sur essieu-axe pour l'équilibrage est recommandé comme suit:

- a) Deux disques de frein sur essieu-axe: montage des disques de frein sur essieu-axe avec des balourds orientés dans le même sens. Les voiles de roue sont montés avec leur balourd décalé de 180° par rapport au balourd des disques de frein sur essieu-axe. En général, un équilibrage dynamique est ensuite recommandé, même s'il n'est pas obligatoire.
- b) Trois disques de frein sur essieu-axe: montage des disques de frein sur essieu-axe avec des balourds décalés de 120°. Les roues sont montées avec leur balourd de façon quelconque, mais tous orientés dans le même sens, comme indiqué à la section 15.3.1 a).

D'autres méthodes d'appariement peuvent être prescrites par le fabricant des essieux, en particulier pour les essieux circulant à plus de 200 km/h et les essieux montés avec des disques de frein sur essieu-axe et une boîte de transmission.

Projet

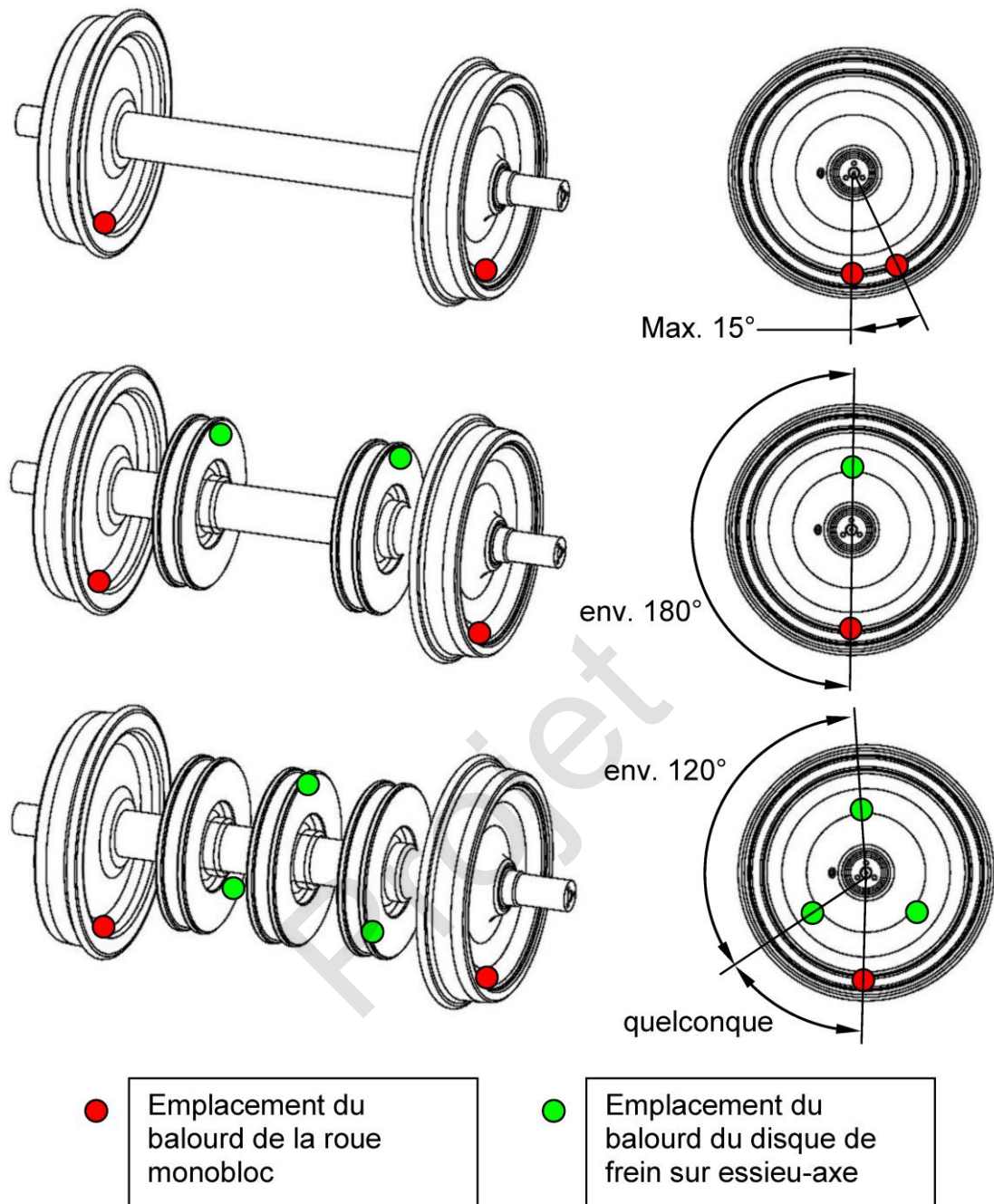


Figure 15 -15: appariement des roues monoblocs et des disques de frein sur essieu-axe pour l'équilibrage

16 Bibliographie

Un certain nombre d'informations et d'extraits, parfois modifiés, sont issus des sources ci-après.

16.1 Sources

En principe, toutes les normes et tous les ouvrages de référence cités au chapitre 2.

Autres sources:

- Bargel/Schulze: Werkstoffkunde, VDI-Verlag, 1994
- B. Kämpfer u. a: Verschleiss- und Schädigungserscheinungen an Schienenfahrzeugrädern. ZEV Rail Glasers Annalen 132 (2008) 3
- Weichert, N.: Messtechnik und Messdatenerfassung, Oldenbourg Verlag, 2000
- Wolf, F.: Einsatz von Messsystemen für die Radsatzgeometrie in Fertigung und Instandhaltung, DB Systemtechnik GmbH, 2013
- Diverses publications de fabricants

16.2 Bibliographie complémentaire

Outre les normes et les ouvrages de référence cités au chapitre 2, les ouvrages ci-après permettent d'approfondir les connaissances sur les essieux:

- Railway technical Handbook, SKF Group, 2010
- Wheels for freight cars, Lucchini RS, 2010
- Reliability and Safety in Railway Products, Lucchini RS, 2008
- Structural reliability assessment of railway axles, Lucchini RS, 2011
- Elektrische Triebfahrzeuge Band 1, K. Sachs, Springer-Verlag, 1973
- Laufwerke, Hanneforth / Fischer, Transpress-Verlag, 1986
- Lauf der Schienenfahrzeuge im Gleis, Hans-Ludwig Krugman, Oldenbourg Verlag, 1982
- Deuce, R.: Schäden an Radlaufflächen - Ein Leitfaden, Bombardier 2007

16.3 Liste des figures

L'ensemble des images, des photographies, des dessins, des plans et des croquis non cités ci-après est l'œuvre des membres du groupe de travail R RTE 41000.

Figure 6-1:	extrait du dessin DB Fwg665.0.02.001.001
Figure 6-2:	extrait du dessin BV 1RW8491.201-C
Figure 6-3:	extrait du dessin BV 1RW9385.303-A
Figure 6-4:	extrait du dessin SWS 1-602 021
Figure 6-5:	extrait du dessin BLS Bö 22778
Figure 6-6:	extrait du dessin BLS MI 13344
Figure 6-7:	extrait du dessin BV 2RW 8491.405
Figure 6-8:	extrait du dessin CFF ZfW 411.00.455.2
Figure 6-9:	extrait du dessin VSG 2RW 7375.406.03
Figure 6-10:	extrait du dessin STAG 11.0.182.0
Figure 6-11:	extrait du dessin BV 2RW 7226.401.03
Figure 6-12:	de Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge (véhicules moteurs électriques) (dessin VSG 1RW7439.101.02)
Figure 6-13:	de Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge (véhicules moteurs électriques)
Figure 6-15:	extrait du dessin FAG Z-578693
Figure 6-16:	extrait du dessin SKF 1-040-381
Figure 6-17:	extrait du dessin SIG 602 234
Figure 6-18:	extrait du dessin historique des CFF
Figure 6-19:	extrait du dessin Knorr 1C64306/1
Figure 6-20:	extrait du dessin Knorr C60060-1
Figure 6-21:	extrait du dessin Kovis 1-05-07-00
Figure 6-22:	extrait du dessin BV 2RW 7922.407
Figure 6-23:	extrait du dessin STAG BU_1235633
Figure 6-24:	extrait du dessin SWS 7-602 005
Figure 6-25:	extrait du dessin SLM 0-802.022.756
Figure 6-26:	extrait du dessin SLM 10-102895
Figure 6-27:	extrait du dessin ADtranz 3EGK 483 111 A 0100
Figure 6-28:	extrait du dessin SWS 602 132

Figure 6-29:	extrait du dessin Tibram 1-11-0100, type EB-5
Figure 6-30:	extrait du dessin CFF ZfW 411-10-283-1
Section 6.6.2.9:	div. fig.: issues des instructions de contrôle de l'EVIC
Figure 7-3:	de Bargel/Schulze: Werkstoffkunde (Science des matériaux)
Figure 9-2:	de Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge (véhicules moteurs électriques), section 3.13
Figure 12-5:	extrait de VPI 04 (guide VPI)
Figure 14-21:	publication d'un fabricant
Figure 14-23:	publication d'un fabricant en partie
Figure 14-24:	publication d'un fabricant en partie
Figure 14-25:	publication d'un fabricant en partie
Figure 14-30:	publication d'un fabricant
Figure 14-35:	publication d'un fabricant
Figure 14-42:	Alstom Schienenfahrzeuge AG, Neuhausen am Rheinfall
Figure 14-43:	Alstom Schienenfahrzeuge AG, Neuhausen am Rheinfall
Figure 14-44:	publication d'un fabricant
Figure 15-12:	extrait du dessin CFF ZfW 411.00.455.2
Figure 15-13:	extrait du dessin VSG 2RW 7375.406.03
Figure A1-11:	extrait du dessin DB 3Fwg 000.02.002.003
Figure A1-12:	extrait du dessin Matisa MR 10443.0
Figure A1-13:	extrait du dessin Plasser UD 00.1035
Figure A3-1:	extrait de publications de Bombardier

Annexe A1 – A3 (général)

A1 Dessins de profils de roue

Vue d'ensemble des dessins de profils de roue

A1.1 Profil de roue CFF 28-2

A1.2 Profil de roue CFF 28-2 Réduction I

A1.3 Profil de roue CFF 28-2 Réduction II

A1.4 Profil de roue CFF 28-2 Réduction III

A1.5 Profil de roue CFF 28-2 Réduction IV

A1.6 Profil de roue CFF 28-3

A1.7 Profil de roue CFF 30-2

A1.8 Profil de roue CFF 30-3

A1.9 Profil de roue CFF 32-3

A1.10 Profil de roue VSG RN 02.058

A1.11 Profil de roue DB 60°/4020

A1.12 Profil de roue Matisa MR 10443.0

A1.13 Profil de roue Plasser UD00.1035

[illegible]

© UTP

Gruppe	SBB Kl.-Nr.	Ersetzt durch Ursprungszeichnung	ZFW 311.00.136.4
Radprofil/Profil de roue 28-2 l mit reduziertem Spurranz avec réduction du boubin		Gezeichnet Ju Geprüft	12.04.94
1:1		MF- NF-	
Dienststelle und Zeichnungs-Nr. Zfw 411.00.530.3		Blatt-Nr. Anz.B.	

© UTP

A1.3 Profil de roue CFF 28-2 Réduction II

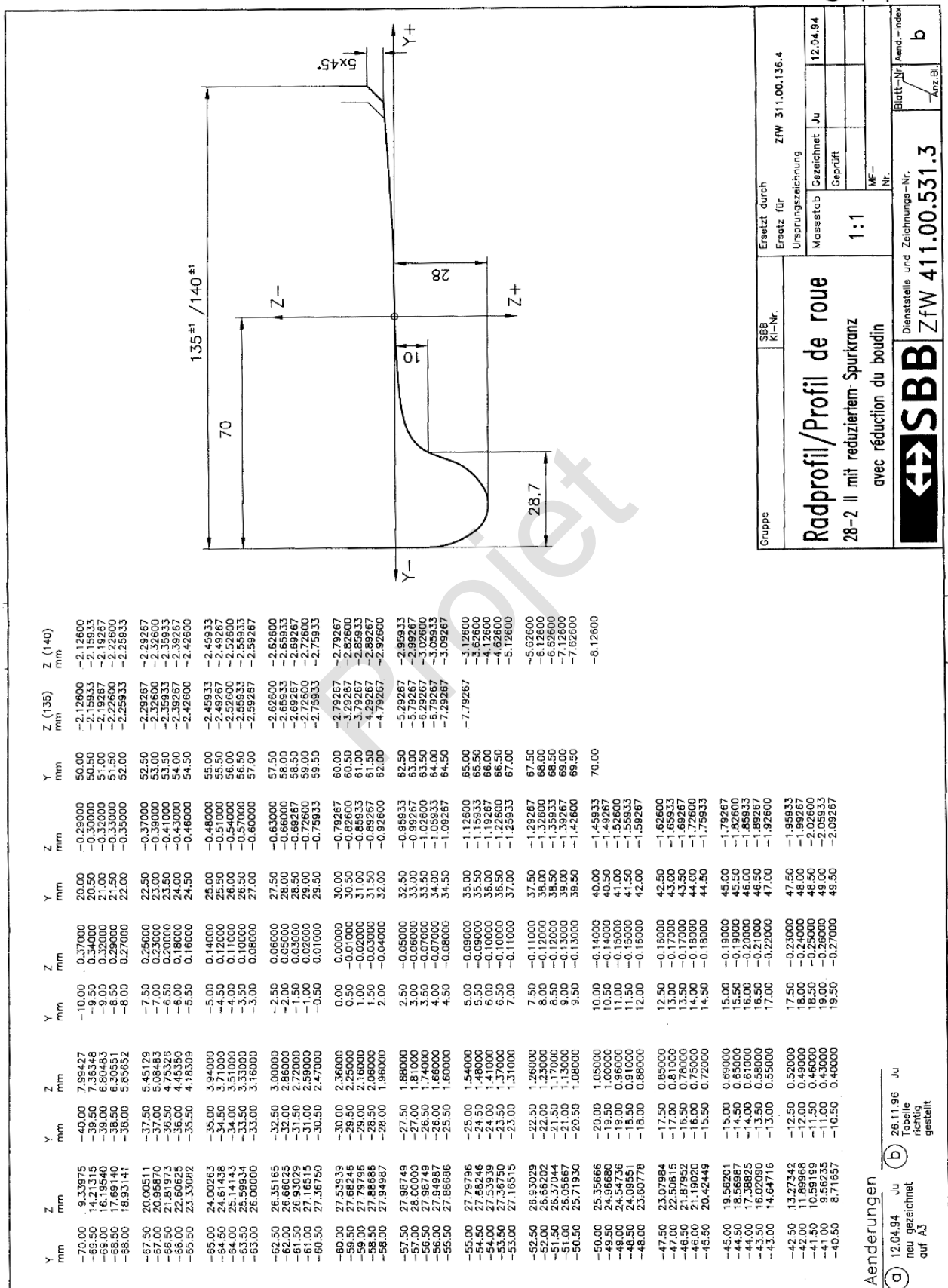


Figure A1-3: profil de roue CFF 28-2 Réduction II

Figure A1-4: profil de roue CFF 28-2 Réduction III



A1.5 Profil de roue CFF 28-2 Réduction IV

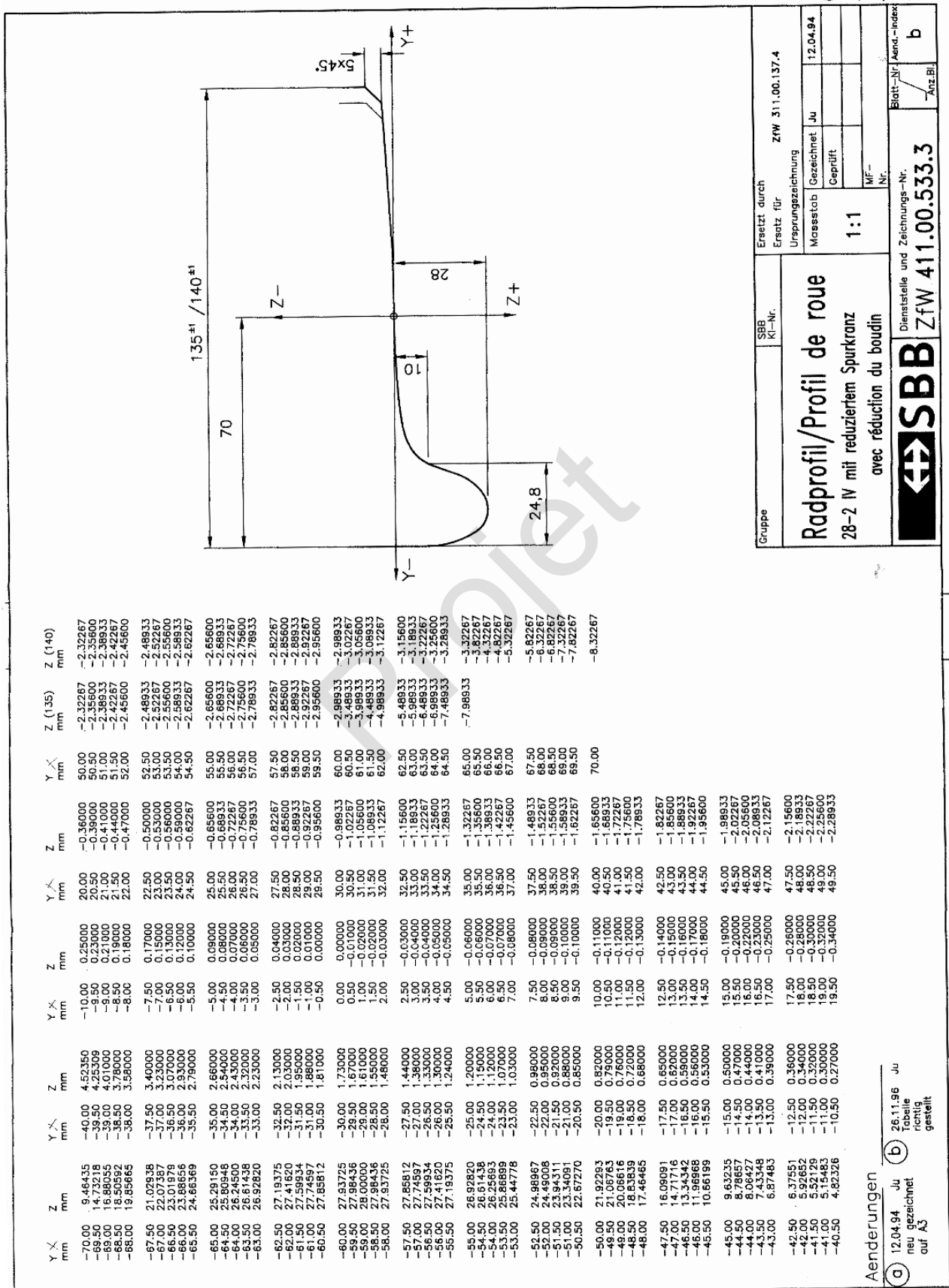
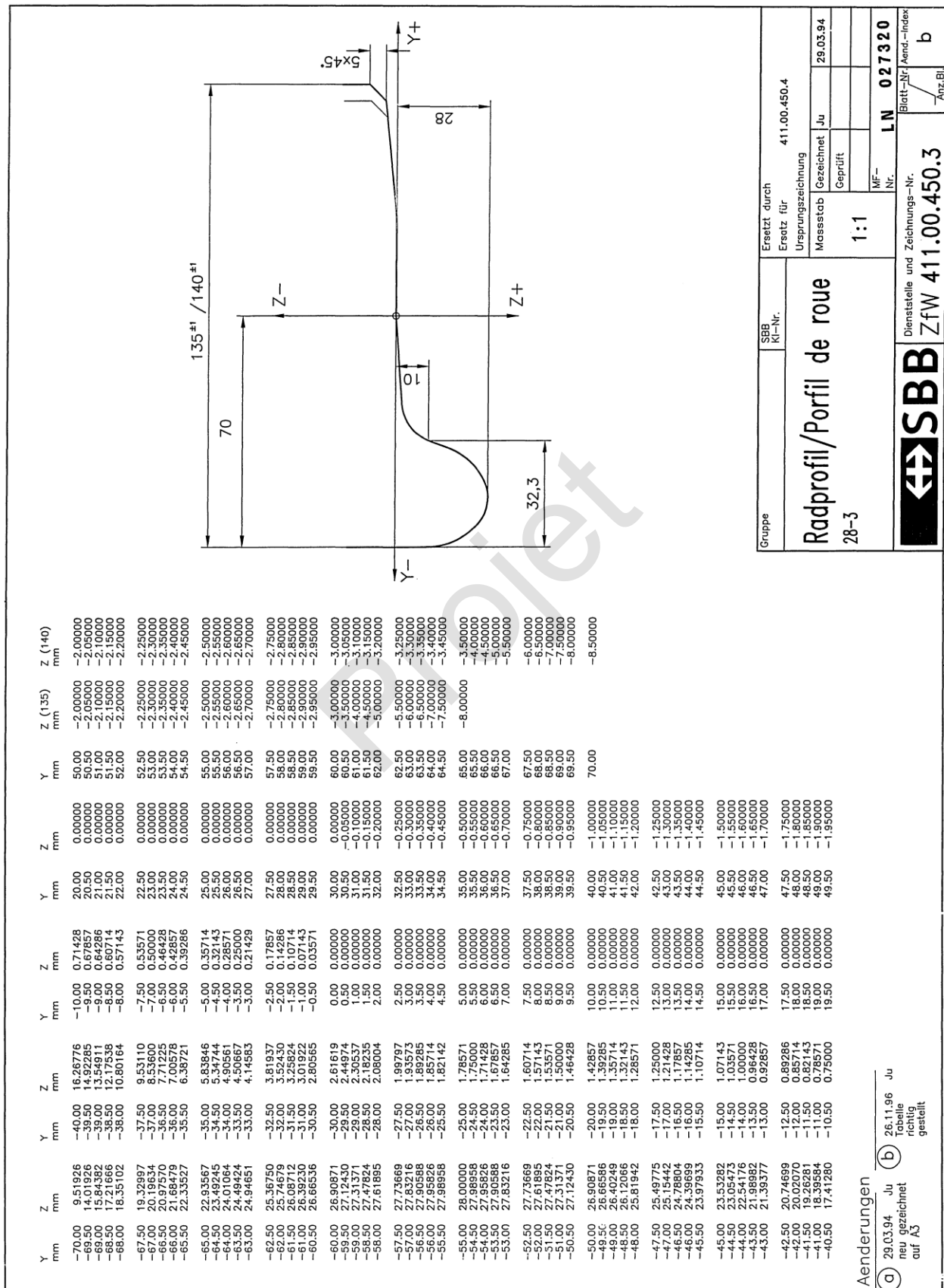


Figure A1-5: profil de roue CFF 28-2 Réduction IV

Figure A1-6: profil de roue CFF 28-3



A1.7 Profil de roue CFF 30-2

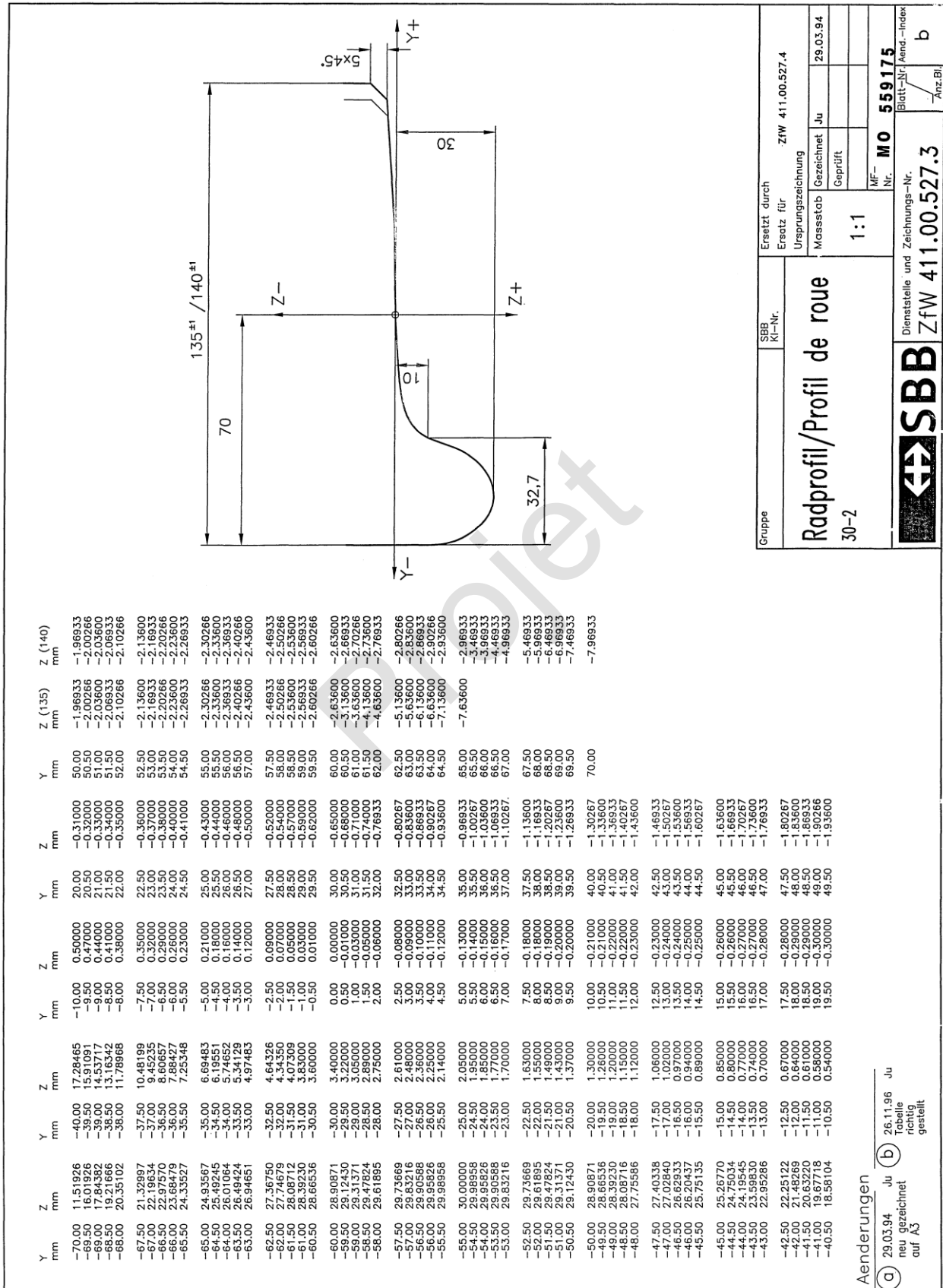


Figure A1-7: profil de roue CFF 30-2

© UTP

A1.10 Profil de roue VSG RN02.058

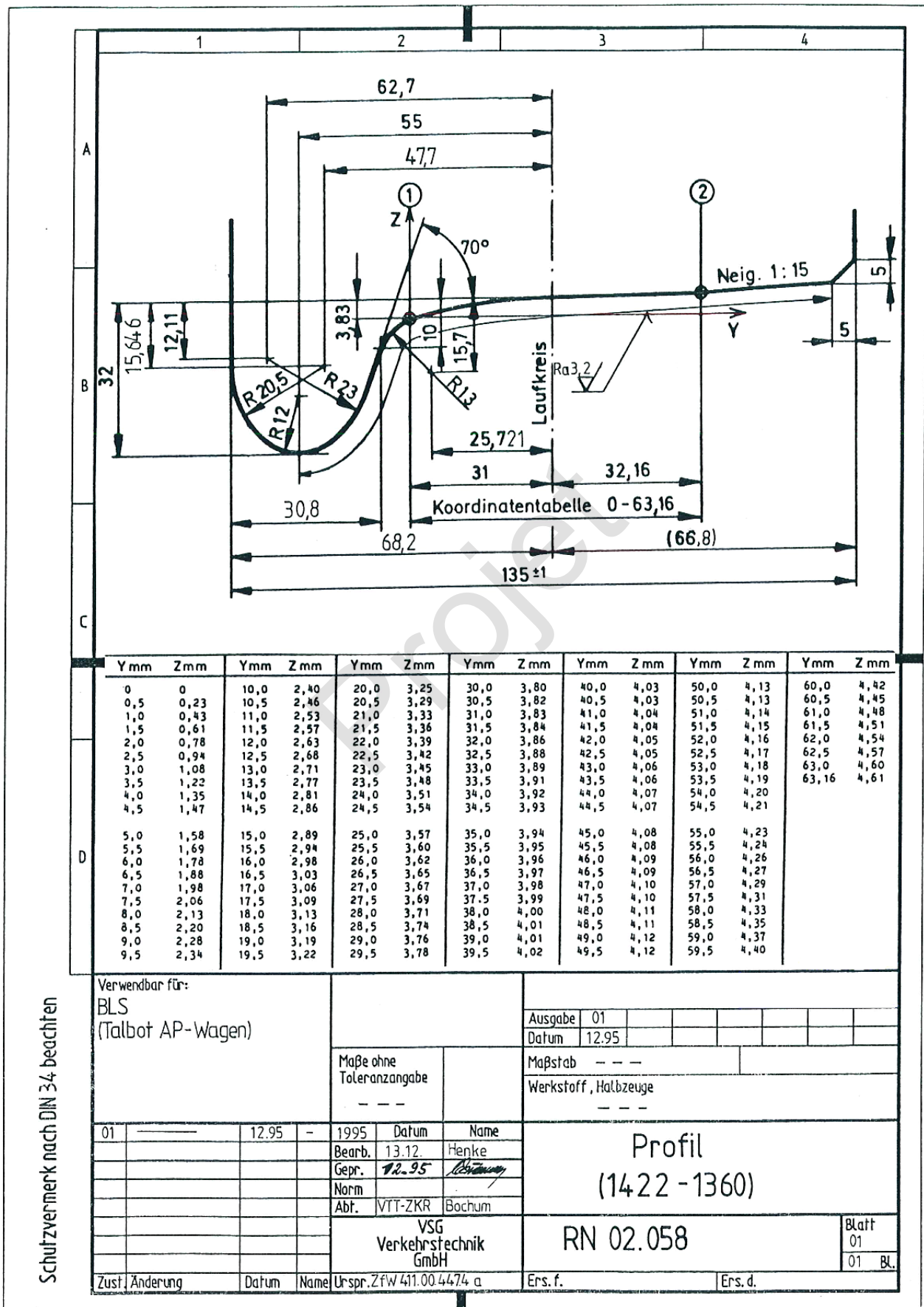


Figure A1-10: profil de roue VSG RN02.058

A1.11 Profil de roue DB 60°/4020

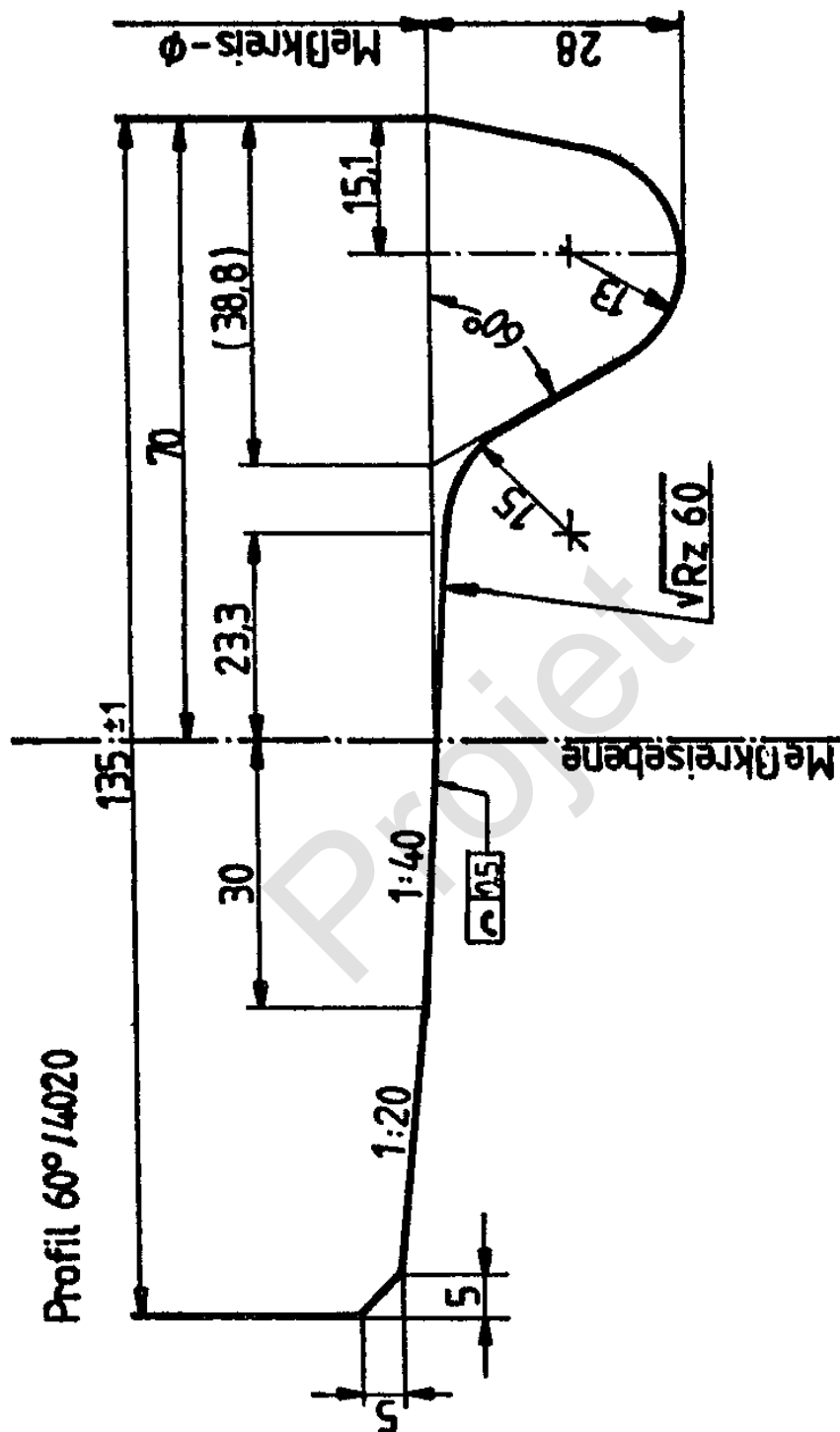
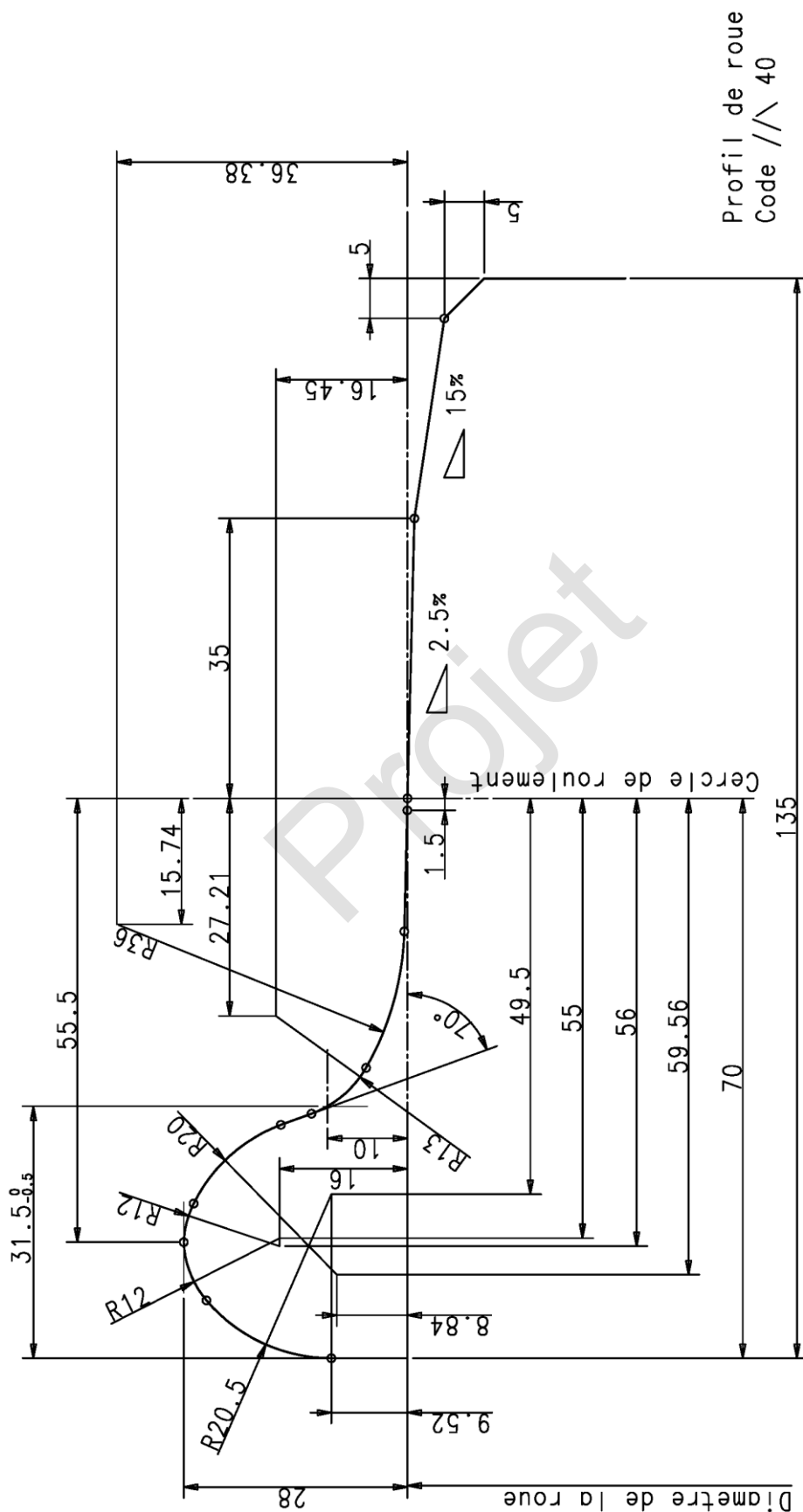


Figure A1-11: profil de roue DB 60°/4020

Légende de la Figure A1-11:

Forme de profil	N°	Utilisation des essieux pour
60°/4020	5	Voitures avec bogie BA MD 36 sans amortisseur anti-lacet pour $v > 160$ km/h et voitures avec bogie BAGörlitz $v > 120$ km/h

A1.12 Profil de roue Matisa MR 10443.0



Profil dérivé du profil 1/40 de référence, conforme à la norme EN 13715, avec un boudin d'épaisseur 31.5 et d'une contre pente de 15%

Figure A1-12: profil de roue MR 10443.0, SN EN 13715-1/40/31.5/15%, diamètre de roue > 760 mm

A1.13 Profil de roue Plasser UD00.1035

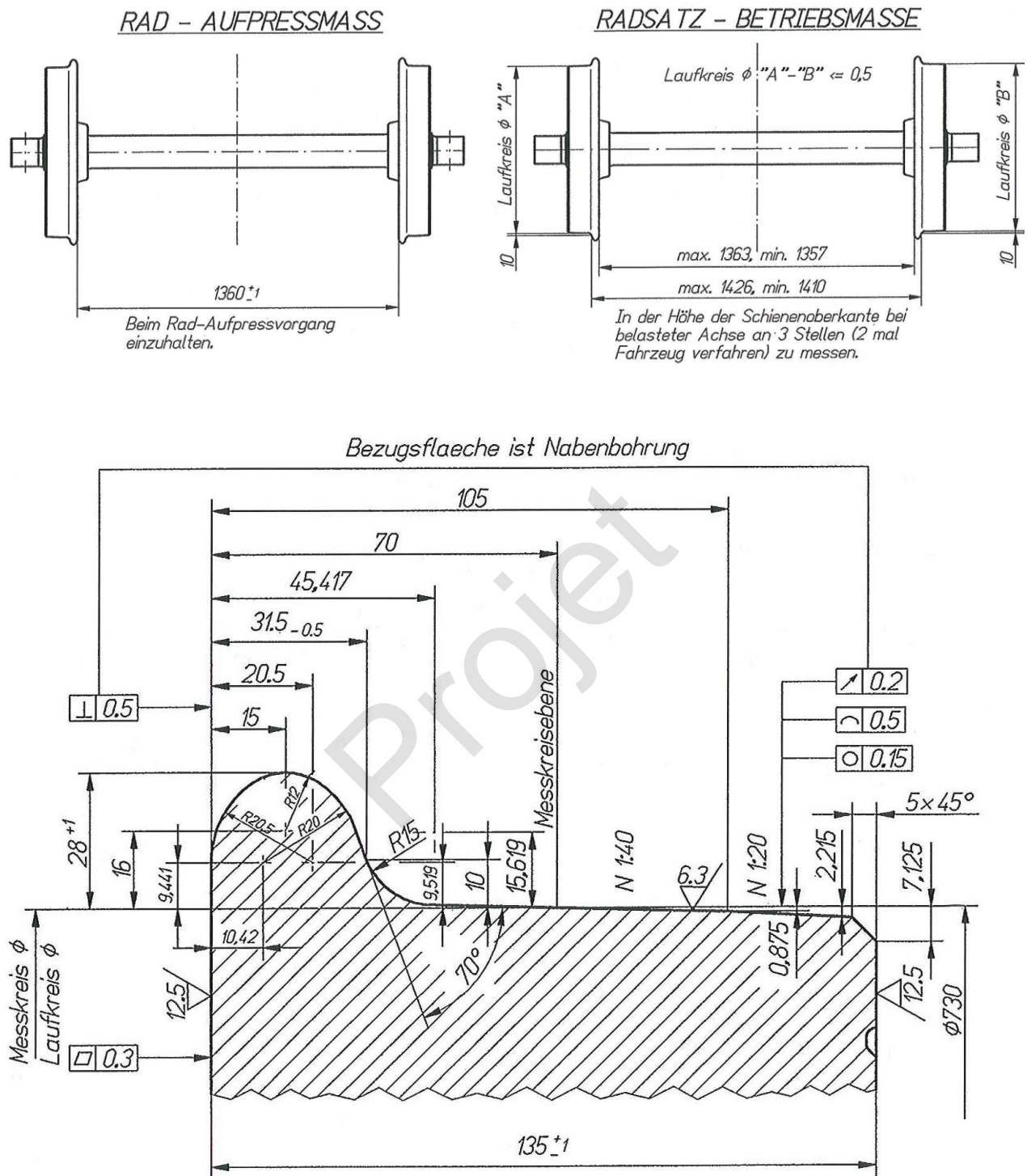


Figure A1-13: profil de bandage Plasser, diamètre de roue > 840 mm

Légende de la Figure A1-13:

Balourd statique	Roue: ≤ 50 gm
	Essieu: ≤ 125 gm
Uniquement si l'administration des chemins de fer l'exige	

A2 Dessins des instruments de mesure mécaniques

Vue d'ensemble des dessins des instruments de mesure mécaniques

A2.1 Calibre pour la mesure des boudins

A2.2 Calibre pour la mesure de la cote q_R

A2.3 Calibre pour la mesure de l'usure concave

A2.4 Calibre pour la mesure de la largeur de jante

Projet

A2.1 Calibre pour la mesure des boudins

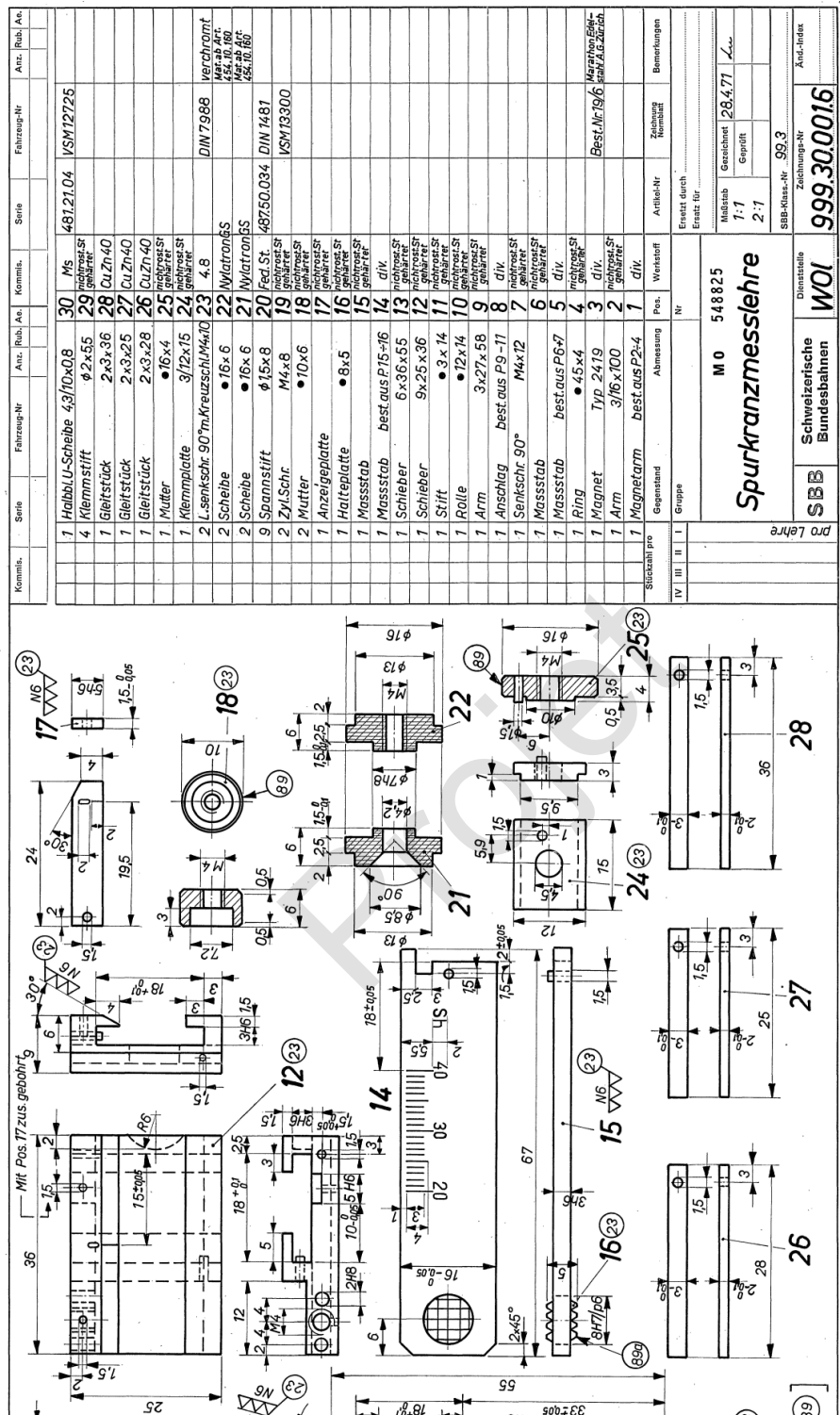


Figure A2 -1: calibre pour la mesure des boudins, partie 1

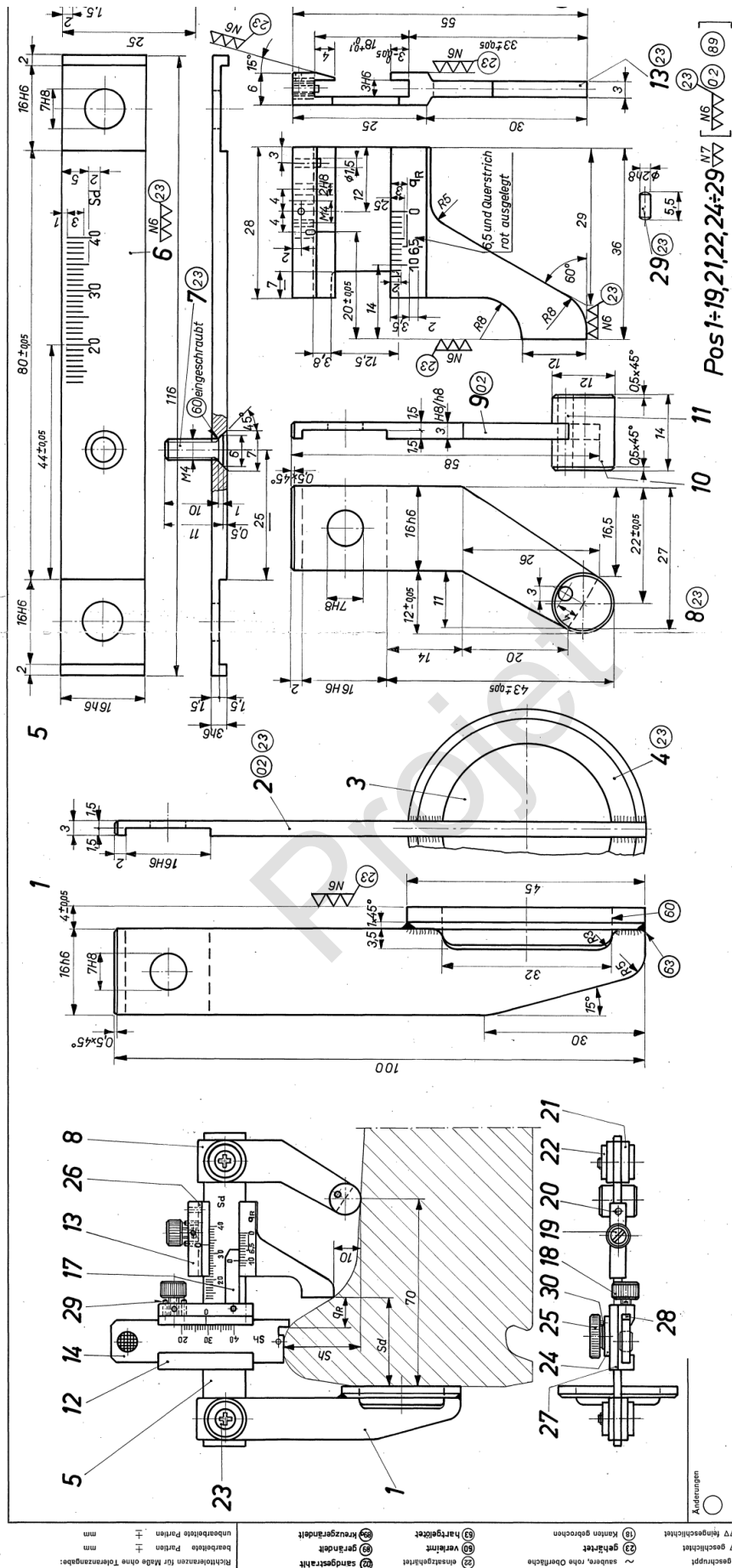


Figure A2 -2: calibre pour la mesure des boudins, partie 2

A2.3 Calibre pour la mesure de l'usure concave

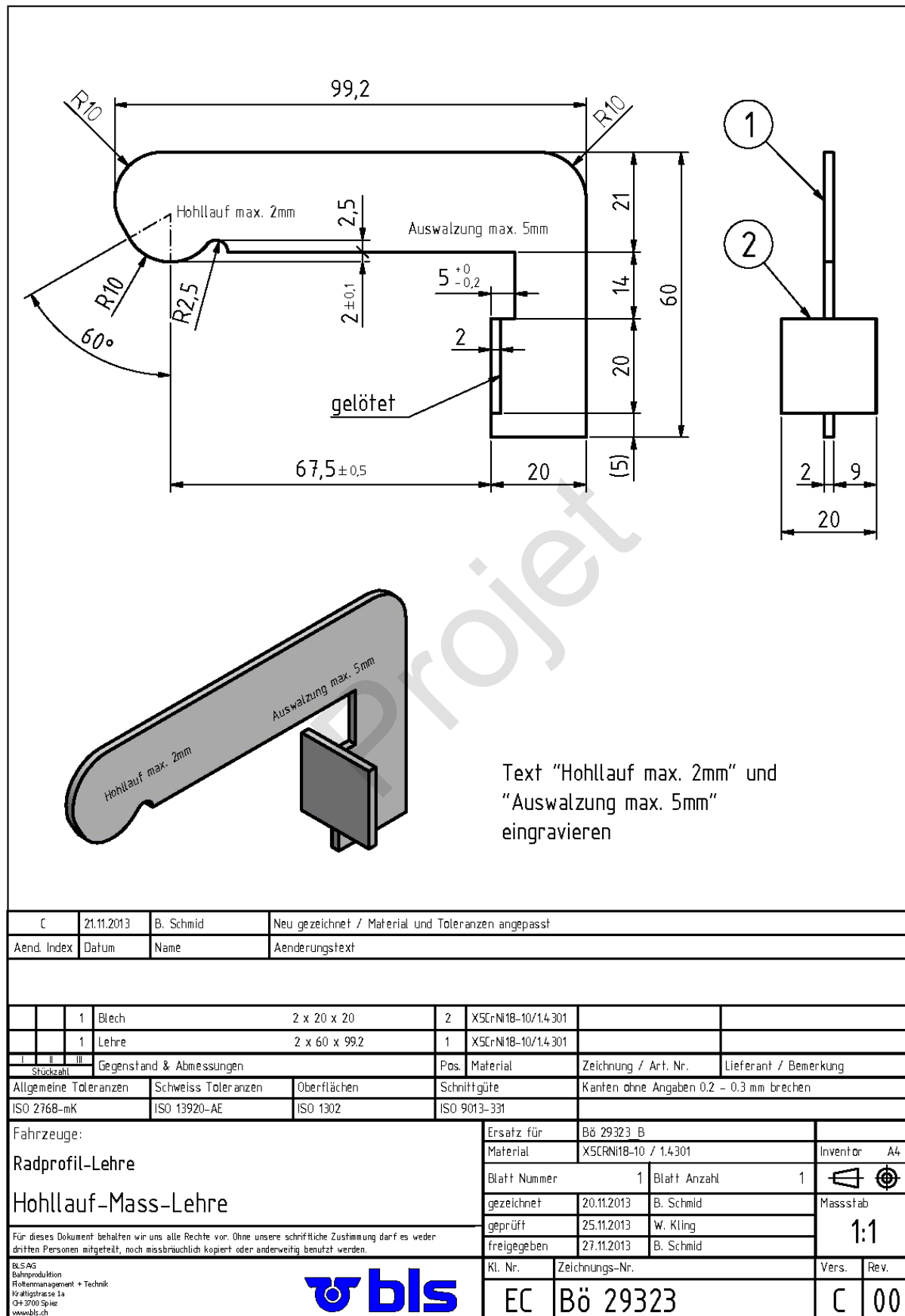


Figure A2-4: calibre pour la mesure de l'usure concave

A3 Catalogue des causes de reprofilage

Diverses raisons peuvent amener à tourner un profil de roue. L'indication des raisons pour lesquelles le profil doit être de nouveau tourné peut souvent aider à identifier les mécanismes d'endommagement et à mettre en place des mesures à cet égard.

Une liste des causes possibles est établie ci-après. L'idéal est d'indiquer les codes (numériques ou alphanumériques) des causes sur les rapports de traitement. Cela permet de réaliser une analyse statistique des causes.

Ces causes sont réparties dans cinq blocs principaux pour plus de clarté:

- **Table de roulement:** ce bloc inclut tous les dommages concernant la table de roulement, en particulier les dommages touchant les matériaux.
- **Profil de roue:** ce bloc inclut tous les dépassements des valeurs limites géométriques du profil de roue.
- **Diamètre de roue:** ce bloc inclut tous les écarts constatés par rapport au diamètre de roue et à la forme de circularité exigés.
- **Production:** ce bloc inclut toutes les causes d'un reprofilage liées à la production des essieux.
- **Particularités:** ce bloc inclut toutes les autres causes, p. ex. le tournage des profils de contrôle.

Pour avoir une bonne vue d'ensemble des dommages sur la table de roulement, il est important de préciser l'endroit où apparaissent les fissures RCF et les excoriations. Pour ce faire, la table de roulement est divisée en quatre zones, comme on peut le voir sur la Figure A3-1. L'indication de la zone est déterminante pour mieux interpréter l'apparition du défaut.

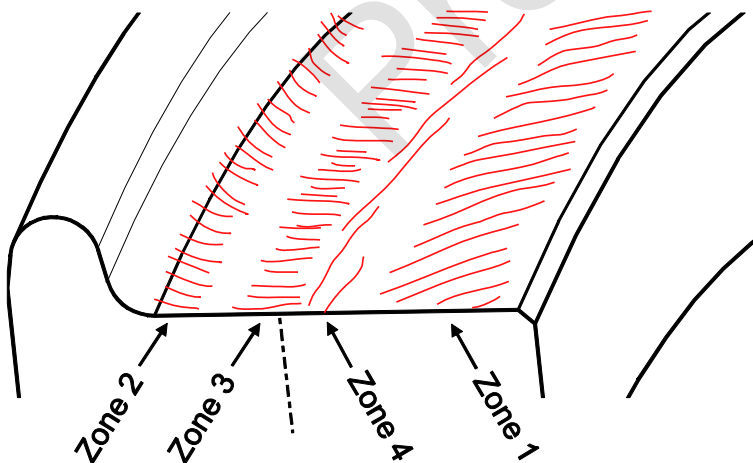


Figure A3-1: zones des dommages par fatigue de contact de roulement (RCF) sur la table de roulement

Les différents motifs associés aux causes sont cités sous la forme d'une désignation, suivie d'un code numérique à trois chiffres et d'un code alphanumérique formé de deux à quatre caractères, puis d'un renvoi au chapitre dans lequel le défaut est décrit en détail. L'utilisateur est libre de choisir le type de code (numérique ou alphanumérique). Pour les systèmes autorisant un seul motif de traitement, il convient d'indiquer systématiquement la cause dominante.

1. Table de roulement

	Désignation		Code	Section
	Méplats	10	FST	6.6.2.5
	Dépôt de matière	11	MATA	6.6.2.5
	Sillons circulaires sur la table de roulement	12	RLF	6.6.2.8.4
	Glissement	13	SLP	6.6.2.8.2
	Peau de crapaud	14	KTN	6.6.2.8.1
	Fissures (RCF), zone 1	15	RCF1	6.6.2.8.1
	Fissures (RCF), zone 2	16	RCF2	6.6.2.8.1
	Fissures (RCF), zone 3	17	RCF3	6.6.2.8.1
	Fissures (RCF), zone 4	18	RCF4	6.6.2.8.1
	Excoriations, zone 1	19	ABR1	6.6.2.6
	Excoriations, zone 2	20	ABR2	6.6.2.6
	Excoriations, zone 3	21	ABR3	6.6.2.6
	Excoriations, zone 4	22	ABR4	6.6.2.6
	Excoriations locales	23	ABRL	6.6.2.6
	Empreinte sur la table de roulement	24	ELF	6.6.2.8.2

Figure A3 -2: catalogue de causes, 1. Table de roulement

2. Profil de roue			
Désignation		Code	Section
Hauteur du boudin Sh	30	SH	6.6.1.1
Épaisseur du boudin Sd	31	SD	6.6.1.2
Cote q _R	32	QR	6.6.1.3
Écartement extérieur des boudins SR	33	SR	6.6.1.6
Écrasement	34	AW	6.6.1.4
Usure concave	35	HL	6.6.1.5
Boudin avec bavure	36	SG	6.6.2.7

Figure A3 -3: catalogue de causes, 2. Profil de roue

3. Diamètre de roue			
Désignation		Code	Section
Adaptation du diamètre de roue aux autres essieux du train de roulement/véhicule	40	ARDF	6.6.2.3
Différence de diamètre droite/gauche	41	DDRL	6.6.2.3
Formation de polygones	42	POLY	6.6.2.1
Ovalisation	43	UNRD	6.6.2.1
Aplatissement singulier	44	SIAB	6.6.2.8.5

Figure A3 -4: catalogue de causes, 3. Diamètre de roue

4. Production			
	Désignation	Code	Section
	Roues monoblocs neuves	50 NVR	–
	Bandages neufs	51 NRD	–
	Reprise du centre de l'axe	52 WZN	–
	Montage de roues monoblocs usées	53 GVRM	–

Figure A3 -5: catalogue de causes, 4. Production

5. Particularités			
	Désignation	Code	Section
	Reprofilage préventif	60 PRAR	–
	Reprofilage basé sur le kilométrage	61 LLR	–
	Tournage du profil de contrôle	62 VPR	–
	Enlèvement de matière pour la détermination du diamètre	63 ADM	–
	Modification du profil de roue	64 AERP	–
	Indication UT	65 UTA	–
	Enlèvement de matière pour l'essai UT	66 MAUT	–
	Influences extérieures (projection de ballast, etc.)	67 FEF	–

Figure A3 -6: catalogue de causes, 5. Particularités