

Livrable 2025 P4.2

Maîtrise de système Interaction véhicule/voie ferrée à écartement métrique
Projet: 4 Rigidité de la voie
Module: catalogue des dommages

Catalogue des dommages Voie ferrée



ID:	RAILPlusSF-00130	Livrable inclus dans l'objectif détaillé de l'OFT
Date / Statut:	19.05.2026 / Validé	Nombre de pages 96
Niveau de confidentialité	Public	
Établi par:	Albin Gehriger Appenzeller Bahnen	
Auteur:	Fabienne Tresch / Matterhorn Gotthard Bahn	
Vérifié:	Hanspeter Schläpfer / Zentralbahn	
Approuvé:	Martin Siegen / Matterhorn Gotthard Bahn Anthony Monnier / MOB David Baer / Matterhorn Gotthard Bahn	

Synthèse

Situation initiale

Les chemins de fer à voie métrique manquaient jusqu'à présent d'un catalogue des dommages à la voie ferrée structuré de manière méthodique et par composants. Les documentations internes existantes des exploitants de chemins de fer sont hétérogènes, plus ou moins détaillées, ce qui complique l'échange interentreprises et l'intégration dans les systèmes numériques de gestion des installations. L'objectif du présent document est de créer une base standardisée pour recenser, classer et évaluer les dommages à la voie ferrée, qui soit exploitable tant sur le plan opérationnel que stratégique. Le catalogue a été élaboré dans le cadre de la maîtrise de système « Interaction véhicule/voie ferrée à écartement métrique » et s'adresse aux spécialistes tels que les inspecteurs des voies, les spécialistes de la voie ferrée et les gestionnaires d'installations.

Principaux résultats et bilan

Le catalogue des dommages couvre presque tous les composants pertinents de la voie ferrée, de la géométrie de la voie aux banquettes et à l'infrastructure en passant par les rails, les appareils de voie, les traverses et le lit de ballast. Les éventuels dommages ne figurant pas dans ce catalogue seront ajoutés au fur et à mesure. Les dommages sont classés par composants et par catégories de dommages et sont assortis de codes de défaut uniques, ce qui permet une attribution cohérente et un traitement numérique. Pour chaque type de dommage sont décrits les caractéristiques, les causes, les procédures de détection, les effets ainsi que les mesures correctives et préventives. L'intégration de références normatives (par exemple, règlements R RTE, normes EN), d'images et de commentaires issus de la pratique facilite l'application et la compréhension.

La section « Dommages spécifiques aux chemins de fer » est prévue pour les ajouts dont l'élaboration et le financement ne sont pas inclus dans le périmètre du projet de la maîtrise de système Interaction. La responsabilité du contenu incombe aux chemins de fer concernés.

Il convient de mettre en évidence en particulier :

- la délimitation claire par rapport aux dommages non liés à l'interaction (par exemple, ouvrages d'art, installations de sécurité) ;
- la possibilité d'un ajout spécifique au chemin de fer ;
- l'intégration dans des systèmes numériques pour l'évaluation de l'état et la planification de mesures;
- la prise en compte des particularités de la voie métrique, par exemple pour l'usure ondulatoire à ondes longues ou l'usure des semelles.

Recommandations

- Mise à jour régulière du catalogue fondée sur les retours d'expérience pratiques et les nouvelles conclusions issues de la recherche et de l'exploitation
- Intégration prioritaire dans les systèmes numériques de gestion des installations afin de permettre une évaluation comparable de l'état
- Ajout de sections non développées (par exemple, défauts généraux, appareils de dilatation) par la maîtrise de système ou les centres Voie métrique
- Définition et harmonisation de valeurs limites pour la voie métrique dans le cadre de la maîtrise de système

Table des matières

1	Introduction	6
1.1	À propos de la maîtrise de système	6
1.2	Problématique	6
1.3	Littérature existante.....	6
1.4	Mission.....	7
1.5	Délimitation	7
2	Catalogue des dommages.....	8
2.1	Voie ferrée – Géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie [code de défaut G-10x]	9
2.1.1	<i>Déjettement de voie et écrasement de voie [code de défaut G-101].....</i>	10
2.1.2	<i>Seuil de remise en état (SRE) Géométrie de la voie [code de défaut G-102].....</i>	11
2.1.3	<i>Seuil de remise en état (SRE) Usure du rail [code de défaut G-103].....</i>	13
2.1.4	<i>Défaut général de la géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie [code de défaut G-199].....</i>	15
2.2	Voie ferrée – Rails [code de défaut S-XXXX].....	17
2.2.1	<i>Écaillage «flaking» et ébréchures «spalling» sur la table de roulement [code de défaut S-1211 / S-2211]</i>	20
2.2.2	<i>Ébréchure du congé de roulement «shelling» [code de défaut S-1221 / S-2221].....</i>	22
2.2.3	<i>Fissures de type head check [code de défaut S-1223 / S-2223].....</i>	23
2.2.4	<i>Déformation plastique (repliure, blessure accidentelle, formation de lèvres) [code de défaut S-123 / S-223].....</i>	25
2.2.5	<i>Trace de patinage isolée/unique [code de défaut S-125 / S-2251]; plusieurs traces de patinage [code de défaut S-2252].....</i>	26
2.2.6	<i>«Squat», fissuration et affaissement localisé de la table de roulement [code de défaut S-127 / S-227]</i>	28
2.2.7	<i>Usure ondulatoire à ondes courtes [code de défaut S-2201]</i>	30
2.2.8	<i>Usure ondulatoire à ondes longues [code de défaut S-2202]</i>	31
2.2.9	<i>Traces / blessures accidentelles [code de défaut S-301].....</i>	33
2.2.10	<i>Fissuration transversale [S-111 / S-211], fissuration transversale des soudures [S-411 / S-421 / S-431]</i>	34
2.2.11	<i>Fissuration horizontale du champignon [S-112 / S-212], de l'âme ou de l'âme dans une soudure.....</i>	36
2.2.12	<i>Fissuration verticale longitudinale du champignon [S-113 / S-213], de l'âme ou du patin</i>	38
2.2.13	<i>Usure latérale excessive (chanfreinage) [S-2203] et usure verticale [S-2204].....</i>	39
2.2.14	<i>Fissurations thermiques [code de défaut S-XXXX].....</i>	40
2.2.15	<i>Défaut général [code de défaut S-XXXX]</i>	41
2.3	Voie ferrée – appareils de voie [code de défaut W-XXX]	42
2.3.1	<i>Attribution selon le code de défaut de rail [S-XXXX].....</i>	43
2.3.2	<i>Dommmages aux lames (sommier / lame) [code de défaut W-1xx].....</i>	44
2.3.3	<i>Dommmages aux rails intermédiaires [code de défaut W-2xx]</i>	50
2.3.4	<i>Dommmages au croisement (pattes de lièvre, cœur, contre-rail) [code de défaut W-3xx]</i>	51
2.3.5	<i>Dommmages au raccordement (rails de transition et de roulement) [code de défaut W-4xx]... </i>	56
2.3.6	<i>Défaut général aux appareils de voie [code de défaut W-5xx]</i>	57
2.4	Voie ferrée – appareil de dilatation [code de défaut D-xxx].....	62
2.4.1	<i>Dommmages aux traverses centrales avec profilés en U [code de défaut D-1xx].....</i>	62

2.4.2	<i>Dommmages au demi-appareil de dilatation [code de défaut D-2xx]</i>	63
2.5	Voie ferrée – joint de rail éclissé [code de défaut ST-xxx].....	64
2.5.1	<i>Dommmages à l'éclisse (fissuration et rupture) [code de défaut ST-110]</i>	65
2.5.2	<i>Dommmages aux boulons [code de défaut ST-120]</i>	66
2.5.3	<i>Dommmages à l'isolation du joint de rail éclissé isolé [code de défaut ST-130]</i>	67
2.5.4	<i>Ouverture du joint de rail éclissé non isolé [code de défaut ST-140]</i>	69
2.5.5	<i>Défauts généraux du joint de rail éclissé [code de défaut ST-199]</i>	70
2.6	Voie ferrée – traverses et fixation des rails [code de défaut XX-xxx].....	71
2.6.1	<i>Fissuration et rupture de la traverse [code de défaut SW-110]</i>	72
2.6.2	<i>Corrosion des traverses en acier [code de défaut SW-120]</i>	73
2.6.3	<i>Viellissement/pourriture des traverses en bois [code de défaut SW-130]</i>	74
2.6.4	<i>Défaut général des traverses ou de la fixation des rails [code de défaut SW-199]</i>	75
2.6.5	<i>Dommmages spécifiques aux semelles [code de défaut ZW-110]</i>	76
2.6.6	<i>Dommmages spécifiques aux selles à nervures [code de défaut RP-110]</i>	77
2.6.7	<i>Dommmages spécifiques aux fixations [code de défaut BF-110]</i>	78
2.6.8	<i>Dommmages spécifiques aux plaques de guidage [code de défaut WFP-110]</i>	79
2.7	Voie ferrée – pont avec une superstructure sans ballast [code de défaut SLO-xxx].....	80
2.7.1	<i>Dommmages à la fixation des rails [code de défaut SLO-110]</i>	80
2.7.2	<i>Dommmages aux contre-rails [code de défaut SLO-120]</i>	80
2.7.3	<i>Dommmages aux traverses de remplissage [code de défaut SLO-130]</i>	80
2.7.4	<i>Dommmages à la fixation de la voie ferrée sur un pont [code de défaut SLO-140]</i>	80
2.7.5	<i>Défaut général de la voie ferrée avec des ponts avec superstructure sans ballast [code de défaut SLO-199]</i>	80
2.8	Voie ferrée – lit de ballast [code de défaut SB-xxx].....	81
2.8.1	<i>Remontées de boue (mud pumping) [code de défaut SB-110]</i>	82
2.8.2	<i>Usure/fatigue du ballast [code de défaut SB-120]</i>	84
2.8.3	<i>Pollution du lit de ballast [code de défaut SB-130]</i>	85
2.8.4	<i>Epaulement de ballastage [code de défaut SB-140]</i>	86
2.8.5	<i>Défaut général du lit de ballast de la voie ferrée [code de défaut SB-199]</i>	87
2.9	Voie ferrée – infrastructure [code de défaut UB-xxx].....	88
2.9.1	<i>Évacuation des eaux (voie ferrée – infrastructure) [code de défaut UB-110]</i>	89
2.9.1	<i>Défaut général de la voie ferrée – infrastructure [code de défaut UB-199]</i>	89
2.10	Voie ferrée – banquette [code de défaut BK-xxx].....	90
2.10.1	<i>Banquette [voie ferrée – banquette] [code de défaut BK-110]</i>	91
2.10.2	<i>Défaut général de la banquette [voie ferrée – banquette] [code de défaut BK-199]</i>	92
3	Catalogue des dommages spécifiques aux chemins de fer	93
4	Conclusions et recommandations	94
4.1	Conclusions.....	94
4.2	Recommandations.....	94
5	Perspectives	95
6	Listes	96
6.1	Références.....	96
6.2	Figures.....	96
6.3	Tableaux.....	96

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
DCh	Demi-changement
DE-OCF	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer
MB	Management Board
OCF	Ordonnance sur les chemins de fer
RTE	Ouvrage de référence en matière de technique ferroviaire
SFI	Maîtrise de système Interaction véhicule/voie ferrée à écartement métrique
SKK	Conditionnement du champignon du rail
SKS	Dispositif de graissage des boudins
SRE	Seuil de remise en état
TB	Technical Board
UTP	Union des transports publics
VSJ	Voie sans joints

Glossaire

Terme	Description
Fatigue de contact de roulement	Fatigue du matériau due à des sollicitations répétées mécaniques ou thermomécaniques au contact roue-rail entraînant la propagation des fissures
Neutralisation	Libération des contraintes dans la voie pour éviter les déjettements de la voie avant le soudage des rails
Plaque de guidage	Élément de guidage pour le maintien de l'écartement de la voie
Selle à nervures	Élément de fixation du rail sur la traverse
Semelle	Élément situé entre le rail et la traverse pour l'amortissement et la transmission des forces
Semelle de traverse	Couche élastique placée sous les traverses pour l'amortissement et la répartition de la charge

1 Introduction

1.1 À propos de la maîtrise de système

L'interaction entre le véhicule et la voie ferrée est déterminante pour la sécurité d'exploitation, la fiabilité, la disponibilité, la rentabilité et l'impact environnemental des chemins de fer à voie métrique. Au cours des dernières années, les problèmes dans ce domaine se sont multipliés, notamment une usure excessive des roues et des rails, une augmentation des émissions de bruit ainsi que des restrictions de disponibilité des véhicules. Ces difficultés entraînent une hausse des coûts de maintenance et nuisent à l'efficacité du système dans sa globalité.

Afin de répondre de manière méthodique à ces problématiques techniques et opérationnelles complexes, l'Office fédéral des transports (OFT) a confié à RAILplus AG la maîtrise temporaire du système « Interaction véhicule/voie ferrée à écartement métrique ». L'objectif de cette initiative à l'échelle de la branche est de développer, sur la période 2022-2027, une approche coordonnée qui, grâce à l'acquisition ciblée de connaissances, à la mise en œuvre de mesures techniques et à l'élaboration de recommandations pratiques, pose les bases d'une optimisation durable de l'interface entre le véhicule et la voie ferrée.

Dans le cadre de cette maîtrise de système, les lacunes existantes en matière de connaissances sont analysées, les connaissances techniques sont consolidées et de nouvelles compétences sont développées, notamment au moyen d'offres de formation et de formats d'apprentissage numériques. Les connaissances acquises sont par exemple intégrées dans les ouvrages de référence en matière de technique ferroviaire (RTE) de l'Union des transports publics (UTP) et mises à la disposition de tous les chemins de fer à voie métrique ainsi que d'autres parties intéressées.

Les centres de compétence Voie métrique nouvellement créés sont une solution amenée à succéder à la maîtrise temporaire du système Interaction, qui restera en place jusqu'en 2027.

Ces centres préservent les connaissances acquises dans le cadre de la maîtrise de système, les transfèrent dans la pratique opérationnelle des chemins de fer et apportent à ces derniers conseil et soutien. De surcroît, ils encouragent les échanges au sein de la branche, assurent le transfert de connaissances et garantissent le développement continu des connaissances.

1.2 Problématique

Les chemins de fer à voie métrique manquaient jusqu'à présent d'un catalogue harmonisé des dommages à la voie ferrée. Certains exploitants ferroviaires disposent certes de catalogues internes, mais ceux-ci présentent des différences importantes de structure, d'étendue et de niveau de détail avec un potentiel d'optimisation globalement évident. Cette absence d'uniformité dans la documentation complique l'échange systématique de connaissances et la coopération interentreprises. RAILplus a été plus d'une fois alertée sur la nécessité d'établir une solution standardisée, notamment au regard de l'introduction prochaine de systèmes de gestion des installations. Un catalogue cohérent des dommages est donc déterminant pour garantir une gestion de l'infrastructure efficace, comparable et numérisable.

L'intérêt d'une définition uniforme des dommages est manifeste dans l'exemple suivant : l'enquête menée dans le cadre de l'analyse des connaissances existantes 0 a révélé que de nombreux chemins de fer ne font pas correctement la différence entre l'usure ondulatoire à ondes longues [S-2202] et l'usure ondulatoire à ondes courtes [S-2201]. Contrairement à l'usure ondulatoire à ondes longues, l'usure ondulatoire à ondes courtes est plutôt rare sur la voie métrique. Pourtant, l'usure ondulatoire à ondes longues a souvent été qualifiée à tort par le passé d'usure ondulatoire à ondes courtes. Il est donc aujourd'hui impossible de déterminer la proportion réelle d'usure ondulatoire à ondes longues et d'usure ondulatoire à ondes courtes. Cette erreur de classification complique l'interprétation, la recherche des causes et la détermination des mesures à prendre. Il a en outre été constaté que des erreurs étaient commises dans la traduction, en particulier entre l'allemand et le français. L'utilisation du code de défaut est donc essentielle pour garantir une traduction correcte et cohérente.

1.3 Littérature existante

Il existe déjà des normes et des réglementations établies pour le recensement des défauts des rails, notamment la norme SN EN 17397-1 [1] et la fiche technique IRS « Défauts de rails » [3]. En

complément, RAILplus a élaboré le « catalogue des dommages Interaction – Surfaces de contact roue et rail » [4], qui se concentre sur les zones de contact entre la roue et le rail.

Le présent catalogue s'appuie sur les normes existantes, mais les complète avec des classifications pratiques et des classifications visuelles spécialement adaptées aux exigences des chemins de fer à voie métrique. Une base méthodique comparable manquait jusqu'à présent pour d'autres composants de la voie ferrée, tels que les traverses, le lit de ballast, les éléments de fixation ou l'évacuation des eaux. Le présent catalogue comble cette lacune et complète les documents existants par un examen complet de toute la structure de la voie ferrée.

1.4 Mission

L'objectif du présent catalogue est le recensement et la classification standardisés des dommages à la voie ferrée pour les chemins de fer à voie métrique. Il est conçu comme un outil permettant d'analyser les causes, de définir des mesures techniques et organisationnelles et aidant à hiérarchiser les activités de maintenance. Il s'adresse aux inspecteurs des voies, aux spécialistes de la voie ferrée, aux chefs de team Voie ferrée et aux chefs de district. La structure du catalogue, basée sur les composants, permet une intégration directe dans les systèmes de gestion des installations et contribue donc à une gestion moderne des actifs.

La structure modulaire par composants permet une intégration transparente dans les systèmes numériques de gestion des installations et contribue à une gestion moderne des actifs. Outre son utilisation opérationnelle, le catalogue sert également de base pour la prise de décisions d'investissement stratégiques et les prévisions d'état.

1.5 Délimitation

Le présent catalogue constitue la base de la gestion stratégique et opérationnelle des installations. Il recense les principaux dommages dans les domaines ci-après :

- géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie;
- rails;
- appareils de voie;
- appareil de dilatation;
- joint de rail éclissé;
- traverses, voie ferrée et fixation des rails;
- pont avec superstructure sans ballast;
- lit de ballast;
- infrastructure;
- banquette.

Ne sont pas pris en compte les dommages dont les causes ne relèvent pas du domaine spécialisé traité par le projet «Rigidité de la voie» de la SFI, par exemple les dommages à la voie sur dalle, aux ouvrages d'art, aux passages à niveau, aux crémaillères, aux entrées à crémaillère ou aux installations de sécurité.

Cette délimitation a été délibérément choisie afin de mettre l'accent sur les composants de la voie ferrée ayant une incidence directe sur l'interaction entre le véhicule et la voie ferrée. Une section est prévue à la fin du document afin de permettre des ajouts spécifiques aux chemins de fer et d'encourager le développement du catalogue.

2 Catalogue des dommages

Le catalogue des dommages sert au recensement et à la classification méthodiques des dommages à la voie ferrée. Il est structuré à la fois par composants et par dommages et vise à créer une base uniforme et pratique pour la documentation, l'analyse et l'évaluation des dommages, indépendamment de l'exploitant ferroviaire concerné.

La structure du catalogue s'appuie, dans la mesure du possible, sur les standards existants tels que le catalogue de données techniques des CFF et le règlement R RTE 29900 (rapport sur l'état du réseau) [5]. Les dommages sont classés dans les chapitres correspondants par composant (cases bleues) et par catégorie de dommages (cases vertes). Cette structure représentée à la Figure 1 permet une attribution cohérente et claire.

L'exemple d'un squat dans la zone des lames d'appareils de voie illustre la nécessité d'une classification précise. Le distinguer d'autres phénomènes similaires, tels un écaillage de la surface de roulement, est essentiel pour identifier correctement la cause. Pour la gestion des installations, le fait que le dommage soit localisé dans la zone du demi-changement (Dch) est également crucial, car cela a des répercussions directes sur la planification et la hiérarchisation des mesures de maintenance.

Le catalogue est établi de manière à pouvoir être utilisé aussi bien pour des applications opérationnelles sur le terrain que pour des évaluations stratégiques dans le cadre de la gestion des actifs. En complément à la structure standardisée, il est possible d'effectuer des ajouts spécifiques aux chemins de fer, qui peuvent être documentés dans la dernière partie du document.

Dans le présent catalogue, les entrées désignées comme étant un défaut général constituent une sous-catégorie des défauts spécifiques et font office de catégorie résiduelle. Elles comprennent notamment les dommages difficiles à attribuer du point de vue de la voie ferrée ou qui nécessitent l'évaluation de spécialistes d'autres domaines. Ces défauts ne sont pas prioritaires dans le catalogue.

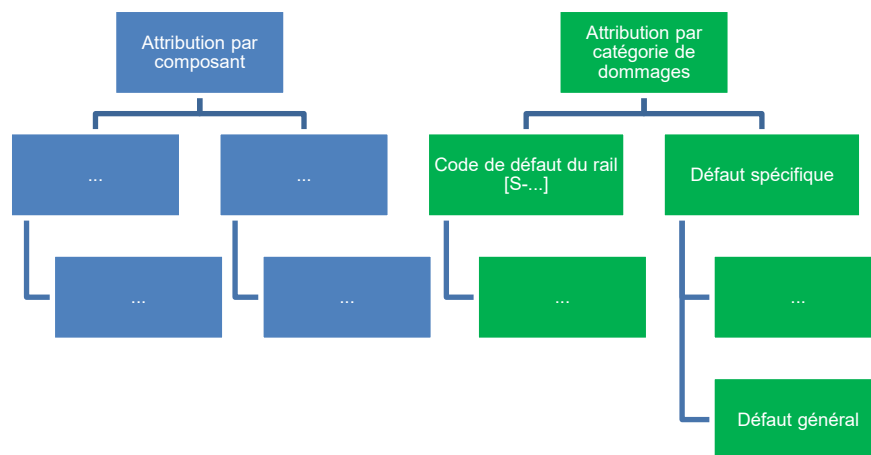


Figure 1: structure générale d'attribution des dommages à la voie ferrée

2.1 Voie ferrée – Géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie [code de défaut G-10x]

La géométrie de la voie et la qualité de la position de la voie constituent la base d’une exploitation ferroviaire sûre, confortable et économique (à faible usure). Les dommages dans ce domaine sont attribués dans le cadre de ce catalogue des dommages au composant de la voie ferrée (cases bleues) et à une catégorie de dommages spécifique (cases vertes) (cf. la Figure 2). L’association à la catégorie de dommages selon le code de défaut G-10x permet une classification standardisée et facilite l’intégration dans les systèmes numériques d’évaluation de l’état et de planification des mesures.

Le recensement méthodique de ces dommages est essentiel pour l’évaluation de la qualité de la voie, la définition de stratégies de maintenance et le suivi de l’évolution de l’état à long terme dans le cadre de la gestion des installations.

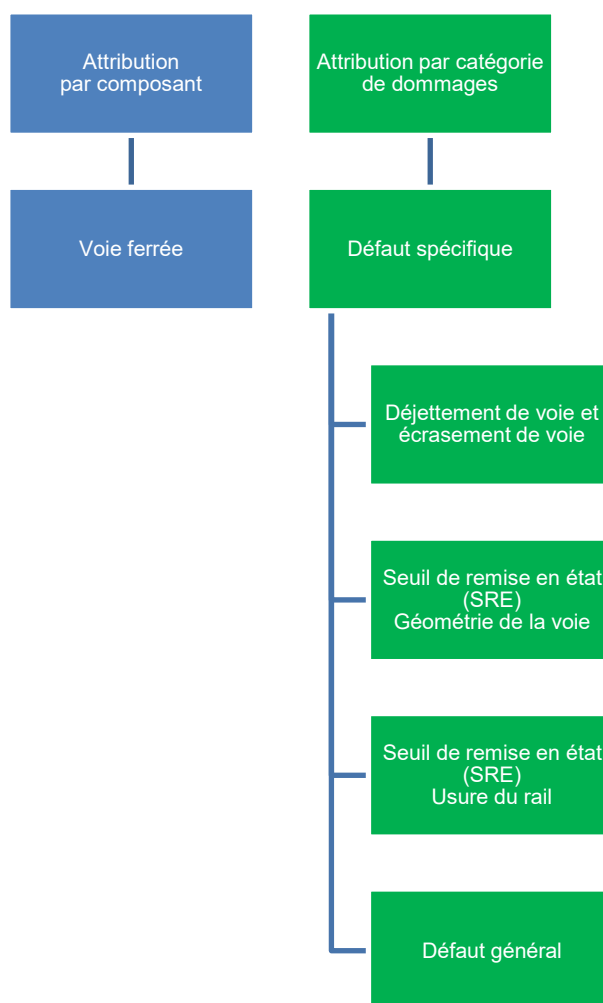





Figure 2: attribution des dommages à la voie ferrée – géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie

2.1.1 Déjettement de voie et écrasement de voie [code de défaut G-101]

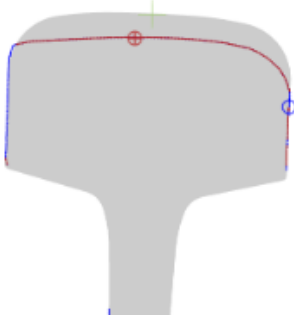
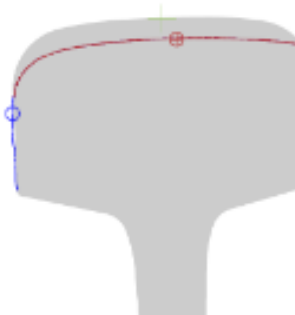
Caractéristique	Un déjettement ou un écrasement de voie est un changement de position inattendu d'une voie, se produisant sans avertissement préalable.	
Illustration [RhB]	<i>Déjettement de voie</i> 	<i>Écrasement de voie</i> 
Localisation	Les zones à risque élevé sont les tronçons sans joints présentant de petits rayons, de fortes pentes longitudinales ou des changements de déclivité importants (cuvettes), ainsi que les tronçons présentant des températures de rail différentes et les tronçons comportant des points fixes.	
Distinction	Les déjettements de voie et les écrasements de voie peuvent également être décrits à l'aide de paramètres de la position de la voie. Les paramètres de position de la voie (direction, dévers, gauche et nivellement longitudinal) doivent être considérés dans leur ensemble (cf. la section 2.1.2).	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Terrain naturel de mauvaise qualité - Superstructure de mauvaise qualité - Mauvaise neutralisation - Températures de rails élevées - Section du lit de ballast insuffisante 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Mesure manuelle ou avec le wagon de mesure - Retour d'information de l'exploitation (mécanicien de locomotive) 	
Recommandation R RTE 22541 [6]	<p>Déjettement de la voie (déplacement latéral > 50 mm)</p> <p>La remise en état de la voie s'effectue selon le chiffre 16.1 du règlement R RTE 22541, par la mise en œuvre de mesures telles qu'un découpage des rails, un dressage, une neutralisation, un soudage, un bourrage et un compactage. Lorsque le déplacement latéral est supérieur à 50 mm, le tronçon déformé doit être découpé et enlevé, puis remplacé provisoirement par un tronçon éclissé. Le épaulement de ballastage réglementaire doit être rétabli et toute la voie doit être neutralisée en reprenant la neutralisation des tronçons adjacents soudés sans joints sur au moins 100 m de part et d'autre du tronçon déformé.</p> <p>Écrasement de la voie (déplacement latéral ≤ 50 mm)</p> <p>La remise en état de la voie s'effectue selon le chiffre 16.1 du règlement R RTE 22541, en principe par la mise en œuvre de mesures limitées localement comme un refroidissement des rails au moyen d'eau, un dressage du défaut et le cas échéant un bourrage local. Les écrasements pouvant être parcourus ne peuvent l'être en règle générale qu'à vitesse réduite. La voie située de part et d'autre du tronçon déformé doit être protégée au moyen d'anticheminants conformément à l'annexe A3 de [6].</p>	

2.1.2 Seuil de remise en état (SRE) Géométrie de la voie [code de défaut G-102]

<p>Caractéristique</p> <p>R RTE 22570 [7] D RTE 29700</p>	<p>La qualité de la position des voies à adhérence est décrite selon le règlement R RTE 22570 avec les paramètres suivants : écartement de la voie, dressage, dévers, gauche et nivellement longitudinal.</p> <p>À l'atteinte du seuil de remise en état (SRE), les entreprises ferroviaires doivent procéder à une évaluation des risques et définir, sur la base des expériences faites, du type de chemin de fer, de l'état de la superstructure, du tracé de la ligne, des vitesses, de la qualité de l'infrastructure et de la charge de la voie, des mesures spécifiques pour que la circulation sûre des trains continue d'être garantie.</p> <p>Pour les voies à crémaillère, les dimensions de base et les valeurs des zones de tolérance individuelles admissibles doivent être définies à chaque mise en service dans les limites prescrites par l'OCF, dans le sens longitudinal, dans le sens transversal et dans le sens vertical. Cf. les DE-OCF ad art. 33.</p> <p>Il convient en outre de tenir compte du recueil d'expériences et de recommandations figurant dans le document D RTE 29700 « Ingénierie de système Chemins de fer à crémaillère ».</p>
<p>Illustration</p> <p>[RhB]</p>	<p style="text-align: center;"><i>Gauche, affaissement irrégulier de la voie (nivellement longitudinal)</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>- Néant</p>
<p>Distinction</p>	<p>- Néant</p>
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Terrain naturel, infrastructure ou superstructure insuffisant(e) - Neutralisation insuffisante - Températures de rails élevées - Pollution du ballast - Vieillessement du ballast dû aux charges
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de méthodes de mesure appropriées est indispensable pour garantir une évaluation fiable de la géométrie de la voie. Certains paramètres, notamment le gauche et le nivellement longitudinal, ne peuvent être recensés que de manière limitée sans outils électroniques. - La réalisation régulière de courses de mesure, comme cela correspond à l'état actuel de la technique pour la voie normale, est également recommandée pour la voie métrique. Elles permettent un recensement méthodique, objectif et reproductible de la qualité de la position de la voie et constituent ainsi la base d'une maintenance préventive et de prévisions fiables de l'état de la voie.

<p>Recommandation R RTE 22570 [7]</p>	<p>Correction de la position de la voie avant l'atteinte du SRE conformément au règlement R RTE 22570 ou mise en œuvre de mesures spécifiques au chemin de fer à l'atteinte du SRE: par exemple, réduction de la vitesse.</p> <p>6.4.2 Seuil de remise en état (SRE) de la géométrie de la voie</p> <p>6.4.2.1 Voies à adhérence</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Valeurs mesurées</th> <th colspan="3">Vitesses maximales [km/h]</th> </tr> <tr> <th>$V \leq 40$</th> <th>$40 < V \leq 80$</th> <th>$80 < V \leq 120$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ecartement (voies) ¹⁾ [mm]</td> <td>Ecart max. à la consigne (écartement calculé)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">+ 25 - 2 Ecartement toutefois ≥ 997 et ≤ 1025</td> </tr> <tr> <td>Dressage ²⁾ [mm]</td> <td>Fourchette pour une longueur de corde de 10 m</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>Dévers [mm]</td> <td>Ecart max. à la consigne</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">± 10</td> </tr> <tr> <td>Gauche ³⁾ [‰] (base 3 m)</td> <td>Valeur maximale</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">3.5 ‰</td> <td style="text-align: center;">3.0 ‰</td> </tr> <tr> <td>Nivellement ²⁾ [mm]</td> <td>Fourchette pour une longueur de corde de 10 m</td> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ Pour largeurs de bandage < 110 mm: réglementation définie par le GI à l'annexe B Terminologie de mesure: cf. chiffre 3.2.2 Avant et après les appareils de voie, le saut de tolérance (et évent. le changement de l'écartement calculé) doit être pris en compte (valeurs d'interventions immédiates plus strictes selon R RTE 22566).</p> <p>²⁾ Utilisable pour l'analyse statistique uniquement avec des moyens de mesure électroniques et sur des tronçons de contrôle suffisamment longs. Si ces conditions d'utilisation ne sont pas respectées, ces paramètres ne peuvent être contrôlés que visuellement et localement. Si des courbes directionnelles comprennent des passages étroits, le rayon doit être calculé à partir d'une corde et vérifié à l'aide des paramètres correspondants de la vitesse concernée.</p> <p>³⁾ Pour l'utilisation de bogies transporteurs, la valeur maximale est de 2.5 ‰.</p> <p>Les valeurs ci-dessus s'appliquent pour la voie chargée et la voie non chargée.</p>	Valeurs mesurées		Vitesses maximales [km/h]			$V \leq 40$	$40 < V \leq 80$	$80 < V \leq 120$	Ecartement (voies) ¹⁾ [mm]	Ecart max. à la consigne (écartement calculé)	+ 25 - 2 Ecartement toutefois ≥ 997 et ≤ 1025			Dressage ²⁾ [mm]	Fourchette pour une longueur de corde de 10 m	12	10	8	Dévers [mm]	Ecart max. à la consigne	± 10			Gauche ³⁾ [‰] (base 3 m)	Valeur maximale	3.5 ‰		3.0 ‰	Nivellement ²⁾ [mm]	Fourchette pour une longueur de corde de 10 m	14	12	10
Valeurs mesurées				Vitesses maximales [km/h]																														
		$V \leq 40$	$40 < V \leq 80$	$80 < V \leq 120$																														
Ecartement (voies) ¹⁾ [mm]	Ecart max. à la consigne (écartement calculé)	+ 25 - 2 Ecartement toutefois ≥ 997 et ≤ 1025																																
Dressage ²⁾ [mm]	Fourchette pour une longueur de corde de 10 m	12	10	8																														
Dévers [mm]	Ecart max. à la consigne	± 10																																
Gauche ³⁾ [‰] (base 3 m)	Valeur maximale	3.5 ‰		3.0 ‰																														
Nivellement ²⁾ [mm]	Fourchette pour une longueur de corde de 10 m	14	12	10																														

2.1.3 Seuil de remise en état (SRE) Usure du rail [code de défaut G-103]

Caractéristique R RTE 22570 [7]	<p>Le seuil de remise en état (SRE) Usure du rail est défini selon le règlement R RTE 22570. À l'atteinte du seuil de remise en état (SRE), les entreprises ferroviaires doivent procéder à une évaluation des risques et définir, sur la base des expériences faites, du type de chemin de fer, de l'état de la superstructure, du tracé de la ligne, des vitesses, de la qualité de l'infrastructure et de la charge de la voie, des mesures spécifiques pour que la circulation sûre des trains continue d'être garantie.</p> <p>Pour les voies à crémaillère, les dimensions de base et les valeurs des zones de tolérance individuelles admissibles doivent être définies à chaque mise en service dans les limites prescrites par l'OCF, dans le sens longitudinal, dans le sens transversal et dans le sens vertical. Cf. les DE-OCF ad art. 33.</p> <p>Il convient en outre de tenir compte du recueil d'expériences et de recommandations figurant dans le document D RTE 29700 «Ingénierie de système Chemins de fer à crémaillère».</p>	
Illustration [AB]	<i>Rail de la file basse en courbe; R 100 m</i> 	<i>Rail de la file haute en courbe; R 100 m</i> 
Localisation	- Néant	
Distinction	Il est recommandé de différencier les usures du rail selon le règlement R RTE 22570 (usure du niveau, angle de la face de roulement, creux de la face de roulement, hauteur résiduelle de la face de roulement).	
Cause possible	- L'usure du champignon de rail est due aux forces tangentielles et au glissement, qui dépendent entre autres de la charge de la roue (force normale), du coefficient de frottement roue/rail, des dimensions et de la forme de la surface de contact, de la géométrie de contact ainsi que de l'angle d'attaque roue-rail et donc aussi du principe du train de roulement.	
Méthode de détection	- Mesure manuelle ou avec le wagon de mesure	



<p>Recommandation</p> <p>R RTE 22570 [7]</p>	<p>- Mise en œuvre de mesures spécifiques au chemin de fer selon le règlement R RTE 22570</p> <p>Seuil de remise en état (SRE) Usure du rail selon le règlement R RTE 22570:</p> <p>6.4.3 Seuil de remise en état (SRE) pour l'usure des rails</p> <p>6.4.3.1 <i>Voies à adhérence</i></p> <p>Usure admissible des rails pour les profils Vignole</p> <p>Les rails doivent être remplacés si l'usure ci-après des profils Vignole est atteinte:</p> <p>Usure verticale</p> <div style="text-align: right;"> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Usure</th> <th rowspan="2">Cote</th> <th colspan="2">Profil 36 E3</th> <th colspan="2">Profil 46 E1</th> <th colspan="2">Profil 54 E2</th> </tr> <tr> <th>VP</th> <th>VS</th> <th>VP et VS</th> <th>VP et VS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Usure du niveau</td> <td>a [mm]</td> <td>8</td> <td>11</td> <td>14</td> <td>19</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Usure de la surface</td> <td>F [cm²]</td> <td>4.0</td> <td>6.0</td> <td>8.0</td> <td>11.5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Usure verticale et latérale</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>Remarques:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une usure des deux côtés n'est pas autorisée. - Pour une même réduction du Wx qu'avec le profil 46 E1, le profil 36 E3 permet une plus grande usure verticale suite à la position plus basse de l'axe de gravité. </div> <div style="flex: 1; text-align: right;"> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Usure</th> <th rowspan="2">Cote</th> <th colspan="2">Profil 36 E3</th> <th colspan="2">Profil 46 E1</th> <th colspan="2">Profil 54 E2</th> </tr> <tr> <th>VP</th> <th>VS</th> <th>VP</th> <th>VS</th> <th>VP</th> <th>VS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Usure du niveau</td> <td>a [mm]</td> <td>6</td> <td>11</td> <td>14</td> <td>19</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Usure de la surface</td> <td>F [cm²]</td> <td>5.0</td> <td>7.0</td> <td>10.0</td> <td>13.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Angle de la face de roulement</td> <td>α [°]</td> <td colspan="6">30</td> </tr> <tr> <td>Creux de la face de roulement</td> <td>c [mm]</td> <td>2</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hauteur résiduelle de la face de roulement</td> <td>b [mm]</td> <td colspan="6">1</td> </tr> </tbody> </table> <p>S'il ne ressort pas clairement quelle usure est déterminante, l'usure de la surface sert de critère principal d'évaluation.</p>								Usure	Cote	Profil 36 E3		Profil 46 E1		Profil 54 E2		VP	VS	VP et VS	VP et VS	Usure du niveau	a [mm]	8	11	14	19			Usure de la surface	F [cm ²]	4.0	6.0	8.0	11.5			Usure	Cote	Profil 36 E3		Profil 46 E1		Profil 54 E2		VP	VS	VP	VS	VP	VS	Usure du niveau	a [mm]	6	11	14	19			Usure de la surface	F [cm ²]	5.0	7.0	10.0	13.0			Angle de la face de roulement	α [°]	30						Creux de la face de roulement	c [mm]	2		2		2		Hauteur résiduelle de la face de roulement	b [mm]	1					
	Usure	Cote	Profil 36 E3		Profil 46 E1		Profil 54 E2																																																																																			
VP			VS	VP et VS	VP et VS																																																																																					
Usure du niveau	a [mm]	8	11	14	19																																																																																					
Usure de la surface	F [cm ²]	4.0	6.0	8.0	11.5																																																																																					
Usure	Cote	Profil 36 E3		Profil 46 E1		Profil 54 E2																																																																																				
		VP	VS	VP	VS	VP	VS																																																																																			
Usure du niveau	a [mm]	6	11	14	19																																																																																					
Usure de la surface	F [cm ²]	5.0	7.0	10.0	13.0																																																																																					
Angle de la face de roulement	α [°]	30																																																																																								
Creux de la face de roulement	c [mm]	2		2		2																																																																																				
Hauteur résiduelle de la face de roulement	b [mm]	1																																																																																								

2.1.4 Défaut général de la géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie [code de défaut G-199]

Cette section n'est pas définitive. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

Le défaut lié à des rails mal ou excessivement graissés n'est délibérément pas classé dans la section «Rail», car les défauts de ce chapitre sont codés selon des pratiques déjà établies. Son ajout entraînerait des ambiguïtés et une confusion possible dans l'utilisation du catalogue.

2.1.4.1 Rails mal graissés / rails excessivement graissés [G-199]

Caractéristique	<p>Un graissage insuffisant du boudin/du flanc du rail peut entraîner une usure latérale excessive (chanfreinage) [S-2203] dans les courbes serrées.</p> <p>Des rails excessivement graissés peuvent apparaître, notamment dans les zones de rayons serrés, en raison de l'augmentation de l'angle de contact (déplacement vers l'avant du contact du boudin) sur la roue avant sur la file haute courbe, ce qui conduit à un dépôt de graisse SKS sur le rayon du champignon.</p> <p>Il est important que le graissage des boudins n'ait lieu que dans les courbes et uniquement sur les flancs des rails de la file haute en courbe. Un graissage excessif entraîne une remontée de la graisse sur la table de roulement, ce qui nuit à la traction. Une défaillance du graissage dans les courbes serrées a des conséquences catastrophiques tant pour les rails que pour les roues. Il est donc recommandé que l'infrastructure effectue des contrôles périodiques du film lubrifiant sur les flancs des rails.</p>	
Illustration [RAILplus]	<p><i>Contamination du rail gauche par de la graisse du dispositif de graissage des boudins</i></p> 	<p><i>Contamination du rail extérieur (à droite) par de la graisse du dispositif de graissage des boudins</i></p> 
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Champignon - Flanc du rail 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Distinction entre le graissage des boudins (SKS) et le conditionnement du champignon du rail (SKK) 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Graissage des boudins insuffisant ou excessif - Graissage des appareils de voie (automatisé ou manuel) - Graissage initial insuffisant ou excessif 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel - Retour d'information du mécanicien de locomotive sur les conditions de traction - Surveillance automatisée de la traction sur les véhicules 	
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaises conditions de traction - Utilisation du dispositif de sablage (High Positive Friction Modifier) - Différents dommages mécaniques dus au contact sur la surface de contact entre la roue et le rail - Impact sur la sécurité contre le déraillement (coefficient de frottement entre la roue et le rail) 	
Recommandation	<ul style="list-style-type: none"> - Annonce au matériel roulant 	

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">- Optimisation conjointe du graissage entre le véhicule et l'infrastructure- Des dispositifs de graissage adaptés aux besoins sont testés dans le cadre de la maîtrise de système et seront disponibles dans un avenir proche. |
|--|---|

2.2 Voie ferrée – Rails [code de défaut S-XXXX]

Le recensement des dommages aux rails est effectué par leur association au composant concerné (cases bleues) et à la catégorie de dommages correspondante (cases vertes). Dans ce contexte, le composant est en principe attribué au rail dans le présent catalogue. Les défauts des rails qui concernent spécifiquement les appareils de voie ou les appareils de dilatation sont traités séparément dans des chapitres ultérieurs. Dès que le recensement est effectué dans un système de gestion des installations, une attribution précise des dommages au composant correspondant est généralement nécessaire.

Le système d'attribution est représenté schématiquement à la Figure 3.

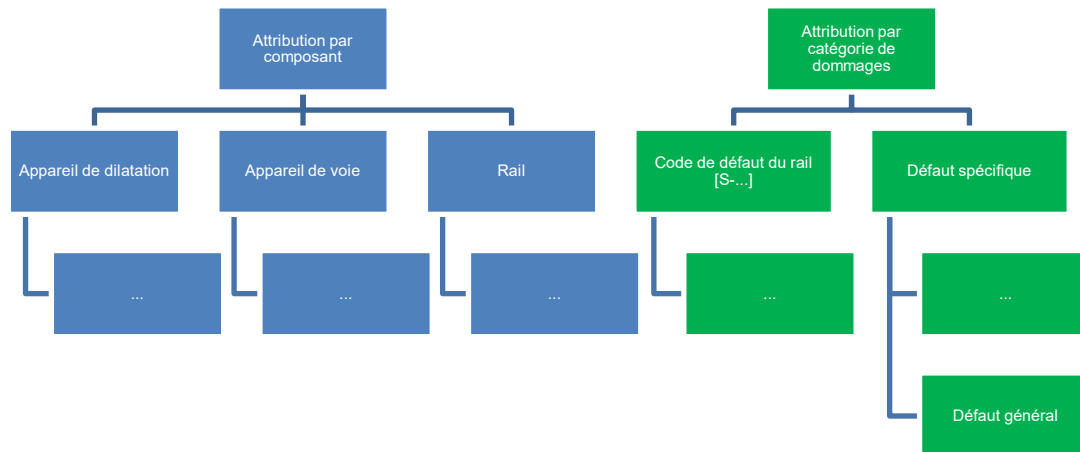


Figure 3: attribution des dommages à la voie ferrée – rails

Le codage des défauts du rail s'appuie sur les pratiques établies, telles qu'elles sont décrites dans les sources [1], [3] et [4].¹

Dans le cadre de [4], il a également été recommandé de faire la distinction entre le code de défaut de la roue et le code de défaut du rail pour assurer un codage selon la norme SN EN 17397:

- les codages de défauts précédés d'un **R** indiquent un **défaut de la roue**;
- les codages de défauts précédés d'un **S** indiquent un **défaut du rail**.

Le codage des défauts du rail est alors défini comme suit:

code de défaut: **S** - _ _ _ _

Le premier chiffre indique la situation du défaut.

Le deuxième chiffre indique l'emplacement du défaut.

Le troisième chiffre indique le motif et la nature du défaut.

Le quatrième chiffre indique d'autres caractéristiques du défaut et les différences.

¹ La description du codage des défauts du rail ainsi que le contenu des sections 2.2.1 à 2.2.9 sont entièrement basés sur la source [4] et ont été repris dans le catalogue des dommages.

1 ^{er} chiffre	2 ^e chiffre	3 ^e chiffre	4 ^e chiffre
Situation	Emplacement	Motif, nature	Autres caractéristiques et différences
1. Extrémité de rail 2. Pleine barre	0. Section entière 1. Champignon 3. Âme 5. Patin	0. Origine inconnue 1. Plan transversal 2. Plan horizontal 3. Plan vertical longitudinal 4. Corrosion 5. Passant par un trou 6. Ne passant pas par un trou 9. Replieure	
	2. Surface du champignon	0. Usure 1. Défauts de surface du rail 2. Défauts du congé de roulement 3. Écrasement 4. Dénivellation locale 5. Traces de patinage 7. Fissuration et affaissement localisé de la table de roulement 8. Gouttes d'eau	
Situation	Emplacement	Origine, cause	Autres caractéristiques et différences
3. Défauts causés par des dommages au rail	0. Section entière	1. Impacts accidentels 2. Usinages intempestifs ou non-conformes 3. Déformation permanente	
Situation	Méthode de soudage	Motif, nature	(Pas de 4 ^e chiffre)
4. Défauts de soudures et de rechargement	1. Soudure par étincelage 2. Soudure par aluminothermie 3. Soudure à l'arc 4. Soudure oxyacétylénique (autogène) 5. Soudure au gaz sous pression 6. Soudure par induction 7. Rechargement 8. Autres méthodes de soudage	1. Plan transversal 2. Horizontal ou écaillage (défibrage) 5. Traces de patinage 7. Fissuration et affaissement localisé de la table de roulement	Autres caractéristiques et différences

Tableau 1: système de codification des défauts de rails basé sur la norme SN EN 17397

1	Défauts en extrémité		SN-EN-17397	Catalogue des dommages Interaction – Surfaces de contact rail	Catalogue des dommages Voie ferrée
	11/12	Champignon	✓		
		111 Fissuration transversale	✓		✓
		112 Fissuration horizontale	✓		✓
		113 Fissuration verticale longitudinale	✓		✓
		114 Corrosion	✓		
		121 Défauts de surface	✓		
		1211 Écaillage	✓	✓	✓
		1212 Long rainurage	✓		
		1213 Repli de laminage	✓		
		122 Défibrage de la surface de roulement	✓		

		1221	Ébréchure du congé de roulement «shelling» ²	✓	✓	✓
		1222	Défibrage/écaillage du congé de roulement «flaking»	✓		
		1223	Fissures de type head check	✓	✓	✓
	123		Écrasement	✓	✓	✓
	124		Dénivellation locale de la table de roulement	✓		
	125		Trace de patinage isolée/unique	✓	✓	✓
	127		Squat, fissuration et affaissement localisé de la table de roulement	✓	✓	✓
	128		Fissuration verticale dans la section du rail	✓		
	129		Laminage continu (dénivellation) de la table de roulement (livret de dommages des RhB)	✓		
13	Âme			✓		
15	Patin			✓		
2	Défauts en pleine barre					
20	Section entière			✓		
21/22	Champignon			✓		
	211	Fissuration transversale		✓		✓
	212	Fissuration horizontale		✓		✓
	213	Fissuration verticale longitudinale		✓		✓
	220	Usure		✓		
		2201	Usure ondulatoire à ondes courtes	✓	✓	✓
		2202	Usure ondulatoire à ondes longues	✓	✓	✓
		2203	Usure latérale excessive	✓		✓
		2204	Usure verticale excessive	✓		✓
	221	Défaut de surface du rail		✓		
		2211	Écaillage	✓	✓	✓
		2212	Long rainurage	✓		
		2213	Repli de laminage	✓		
	222	Défauts du congé de roulement		✓		
		2221	Ébréchure du congé de roulement «shelling»	✓	✓	✓
		2222	Défibrage/écaillage du congé de roulement «flaking»	✓		
		2223	Fissures de type head check	✓	✓	✓
	223	Écrasement		✓	✓	✓
	224	Dénivellation locale de la table de roulement		✓		
	225	Trace de patinage		✓		
		2251	Trace de patinage isolée/unique	✓	✓	✓
		2252	Plusieurs traces de patinage	✓	✓	✓
	227	Squat, fissuration et affaissement localisé de la table de roulement		✓	✓	✓
	228	Laminage continu		✓		
	228	Affaissement localisé de la table de roulement causé par l'écoulement d'eau dans les tunnels		✓		
23	Âme			✓		
25	Patin			✓		
3	Défauts causés par des dommages au rail			✓		
30	Section entière			✓		
	301	Traces / blessures accidentelles		✓	✓	✓
	302	Usinages intempestifs ou non-conformes		✓		
	303	Déformation permanente		✓		
4	Défauts de soudure et de rechargement			✓		(✓)

Tableau 2: aperçu des dommages basé sur la norme SN EN 17397 et repris dans les catalogues des dommages (colonne grise). Classification des dommages aux rails selon la norme SN EN 17397

² Les désignations employées dans la version française de la norme SN EN 17397 pour les codes de défaut 1221/2221 et 1222/2222 («flaking» resp. «shelling») sont en contradiction avec les désignations figurant dans la version allemande du présent catalogue des dommages. Les désignations françaises utilisées ici reprennent celles de la version allemande, d'où une inversion des termes par rapport à la version française de la norme SN EN 17397.



L'objectif du «livrable 3.2.1-3 Catalogue des dommages Interaction – Surfaces de contact roue et rail» [4] est de recenser les dommages causés par la mécanique de contact à la surface de roulement de la roue et du rail. Ce travail ne prend toutefois pas en compte tous les dommages aux rails (cf. le Tableau 2). L'accent est mis sur les défauts apparaissant au sein des chemins de fer à voie métrique et causés par la mécanique de contact. Une compilation spécifique à la voie métrique a été établie pour ces défauts.

Le présent livrable ne décrit cependant pas uniquement les dommages liés à la mécanique de contact, il s'intéresse à tous les dommages pertinents et apparaissant sur la voie métrique.

Ci-après sont donc présentés les aperçus des dommages élaborés dans [4] pour la voie métrique ainsi que d'autres défauts de rails pertinents pour la voie métrique. Le Tableau 2 donne un aperçu des dommages aux rails décrits ici. Une reprise intégrale des dommages cités dans la norme SN EN 17397 a été délibérément écartée. Si d'autres défauts du rail apparaissent, il convient de consulter [1] et [3].

Compilation de dommages à la surface de roulement du rail causés par la mécanique de contact



2.2.1 Écaillage «flaking» et ébréchures «spalling» sur la table de roulement [code de défaut S-1211 / S-2211]

<p>Caractéristique [1], [3], [4], [10]</p>	<p>Dans la pratique, les termes «flaking» et «spalling» sont souvent utilisés de manière interchangeable, bien qu'ils désignent des stades différents de dommages RCF initiés à la surface. Il s'agit d'une dégradation localisée et d'un détachement de matière de la surface de roulement du rail sous forme de petits morceaux ou d'écailles.</p> <p>Flaking (écaillage) Le flaking est le stade précoce des dommages RCF et se manifeste par une séparation horizontale superficielle de la surface de roulement. Il se caractérise par de petits éclats, de fines fissurations ou des motifs en forme d'écailles («peau de serpent») qui se forment généralement sur le rail de la file basse en courbe, parfois aussi dans les alignements. La profondeur est faible et limitée à la surface. Le flaking est causé par des contraintes de contact très élevées associées à une faible usure. Les microfissures se propagent dans le sens longitudinal et se rejoignent pour former un réseau.</p> <p>Spalling (ébréchures) Le spalling est le stade avancé de ce type de dommage RCF, dans lequel des morceaux de matériau plus importants («spalls») se détachent des fissurations superficielles. Les fissurations gagnent en profondeur sous l'effet de charges répétées et se rejoignent, formant ainsi des ébréchures importantes. Le spalling peut atteindre plusieurs millimètres de profondeur (jusqu'à environ 10-15 mm de largeur et 3 mm de profondeur) et entraîner un délaminage étendu sur une grande surface.</p>	
<p>À gauche: [RAILplus] À droite: [10]</p>	<p style="text-align: center;"><i>Flaking (écaillage)</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Spalling (ébréchures)</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>- Surface de roulement des rails des files basses en courbe, surface de roulement sur voie droite</p>	

Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Ébréchure du congé de roulement «shelling» [code de défaut S-1221 / S-2221], qui se caractérise par des ébréchures de matériau sur le congé de roulement et l'épaulement, plutôt que sur la table de roulement - Trace de patinage isolée/unique [code de défaut S-125 / S-2251] - «Squat», fissuration et affaissement localisé de la table de roulement [code de défaut S-127 / S-227] - Fissures de type head check [code de défaut S-1223 / S-2223] 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Contraintes de contact très élevées - Forces d'adhérence élevées dans le sens longitudinal - Faible usure 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - (Auscultation par ultrasons) ou courants de Foucault 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Usinage du rail (meulage, fraisage) - Remplacement du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive (meulage des rails dès les premiers signes) - Amélioration du matériau du rail 	
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rupture de rail <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant 	
Recommandation	À un stade avancé, lorsque la profondeur du dommage est supérieure à l'enlèvement possible par fraisage	Remplacer immédiatement les rails, effectuer des examens par ultrasons si nécessaire
	À un stade précoce, lorsque la profondeur du dommage est inférieure à l'enlèvement possible par fraisage	Meuler ou fraiser les rails en fonction de la profondeur du dommage, effectuer des examens par ultrasons si nécessaire

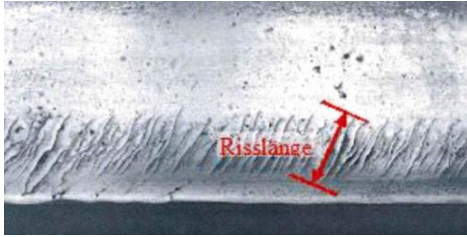



Cet extrait est basé sur [4].

2.2.2 Ébréchure du congé de roulement «shelling» [code de défaut S-1221 / S-2221]

Caractéristique [4]	<p>Le défaut de rail «shelling» se caractérise par des ébréchures du congé de roulement qui prennent naissance à l'intérieur du champignon du rail.</p> <p>Les fissurations se forment horizontalement sous la surface du congé de roulement. Des ébréchures oblongues apparaissent à intervalles irréguliers au niveau du congé de roulement.</p> <p>Les fissurations se propagent à l'intérieur du rail en direction de la surface. À un stade avancé, elles entraînent un écaillage du matériau du congé de roulement et des affaissements localisés de la table de roulement.</p>	
Illustration À gauche: [8] À droite: [RAILplus]		
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Congé de roulement du champignon du rail, généralement sur le rail de la file haute en courbe 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Fissures de type head check [code de défaut S-1223 / S-2223] - Ébréchure de la table de roulement «spelling» [code de défaut S-1221 / S-2221] qui se caractérise par des ébréchures du matériau au niveau de la table de roulement 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Programmes de meulage insuffisants - Programmes de graissage inappropriés - Fatigue de contact de roulement - Forte pression superficielle 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle optique automatique 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective Selon la profondeur de l'ébréchure du congé de roulement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail - Fraisage du rail - Remplacement du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimisation des programmes de graissage - Amélioration de la combinaison rail/roue (profils, acier à rail) 	
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rupture de rail <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bruit 	
Recommandation	À un stade avancé	Remplacer immédiatement les rails
	À un stade précoce	Meuler/fraisier les rails

Cet extrait est tiré de [4].


2.2.3 Fissures de type head check [code de défaut S-1223 / S-2223]

<p>Caractéristique</p> <p>Directive 821.2007 [9]</p> <p>[4]</p>	<p>Les fissures de type head check apparaissent généralement sur les voies soumises à une charge élevée, dans les courbes à grand rayon, au niveau de l'épaule du rail extérieur. Une fois que la profondeur de la fissuration atteint 3 à 5 mm, celle-ci s'agrandit de plus en plus rapidement. Si les fissurations se rejoignent, cela peut entraîner un «spalling»/des ébréchures ou, dans les cas extrêmes, une rupture du rail. La vitesse de propagation des fissurations est toujours supérieure à l'enlèvement de matière dû à l'usure des rails. Les fissurations ne sont donc pas «éliminées» par l'usure des rails. Dans les courbes serrées, les «head checks» n'apparaissent pas ou ne se propagent pas en raison de l'usure élevée des rails.</p> 		
<p>Illustration</p> <p>EN 17397-1 [1]</p>	<p><i>Fissures de type head check de stade 1</i></p> <p>Longueur visible des «head checks» inférieure à 20 mm.</p> 	<p><i>Fissures de type head check de stade 2</i></p> <p>Longueur visible des «head checks» supérieure à 20 mm. Formation de zones noires le long des fissurations. Les fissurations s'étendent à l'intérieur du champignon du rail.</p> 	<p><i>Fissures de type head check de stade 3</i></p> <p>Des zones présentant des ébréchures («shelling») apparaissent. Les ébréchures sont la conséquence de la jonction des longues fissurations sous la surface.</p> 
<p>Localisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dans les courbes: congé de roulement/épaule du rail extérieur 		
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ébréchure du congé de roulement «shelling» [code de défaut S-1221 / S-2221] 		
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fatigue de contact de roulement - Forces tangentielles élevées au contact entre la roue et le rail 		
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle à chaque stade - À un stade précoce et jusqu'à une profondeur de 5 mm avec des courants de Foucault - Auscultation par ultrasons lorsque la profondeur des fissurations est supérieure à 5 mm. L'évaluation correcte de la profondeur peut être compromise par les effets de masquage des fissurations voisines. 		
<p>Mesure immédiate pour remédier au défaut</p>	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reprofilage (meulage ou fraisage) ou remplacement des rails en fonction de la profondeur des fissurations <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la combinaison des matériaux de la roue et du rail - Essieux à réglage radial 		
<p>Conséquences</p>	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervalles de meulage et de fraisage fréquents, rupture des rails si le défaut persiste <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant 		

Recommandation	Stade 3	Fraiser ou remplacer immédiatement les rails, tronçon de ralentissement jusqu'à l'élimination du défaut
	Stades 1 et 2	Procéder à un usinage mécanique des rails ou remplacer les rails

Cet extrait est tiré de [4].

2.2.4 Déformation plastique (repliage, blessure accidentelle, formation de lèvres) [code de défaut S-123 / S-223]

Caractéristique [4]	On observe un affaissement de la surface de roulement et un élargissement de la bande de roulement. Le matériau s'étire latéralement et, au niveau des joints de rail, parfois jusqu'en extrémité de rail. Dans des cas extrêmes, il peut se former une lèvre qui aura tendance à se détacher du rail.	
Illustration À gauche: [1] À droite: [RhB]		
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Table de roulement - Épaulement - Congé de roulement - Généralement à l'extrémité du rail derrière l'ouverture du joint de rail dans le sens de marche - Soudures Thermit - Patte de lièvre et sommier - Pointe du cœur 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Usure verticale excessive 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Impact des charges - Déformation plastique - Chocs, notamment au niveau des cœurs des appareils de voie - Traces de patinage - Matériaux de rail trop souples - Modification structurelle des soudures Thermit (exposition à des températures élevées) 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Bruit au passage de trains - (Mesure du profil) 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail - Meulage de la lèvre si nécessaire - Réparation par rechargement - Remplacement du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Évaluation du type d'acier à rail - Amélioration de la méthode de soudage - Élimination des irrégularités dans la table de roulement 	
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confort de roulement <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rupture de rail, vide sous traverses, sollicitation élevée du ballast <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vibrations, bruit 	
Recommandation	À un stade avancé	Remplacer immédiatement les rails
	À un stade précoce	Définir la durée de vie restante et poncer/fraiser les rails ou (si nécessaire) planifier leur remplacement

Cet extrait est tiré de [4].

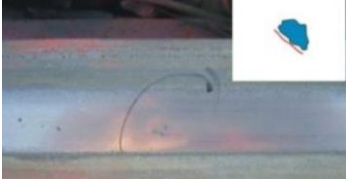




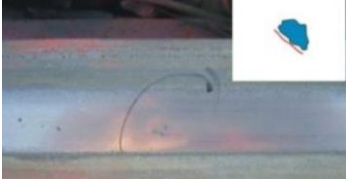


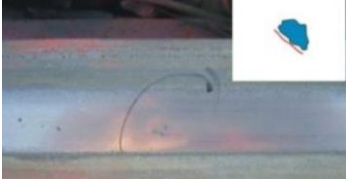


2.2.5 Trace de patinage isolée/unique [code de défaut S-125 / S-2251]; plusieurs traces de patinage [code de défaut S-2252]

Caractéristique [4]	<p>Des traces de patinage peuvent apparaître sur toutes les lignes, en particulier dans les zones de démarrage et de freinage, en raison du patinage d'un ou plusieurs essieux moteurs des véhicules moteurs/rames automotrices. Les traces de patinage se trouvent généralement en face l'une de l'autre sur les deux rails. Le patinage, qu'il soit unique ou répété, provoque une tache durcie de forme ovale ou allongée. Les fissurations causées par les sollicitations thermomécaniques au niveau de la trace de patinage peuvent se rejoindre et entraîner des ébréchures de la table de roulement. Sous l'effet du passage des trains, la surface de roulement s'approfondit progressivement, ce qui entraîne une augmentation de la charge dynamique.</p> <p>Certaines fissurations peuvent se propager vers l'âme du rail et entraîner une rupture verticale permanente, en particulier pendant les périodes de froid. Les traces de patinage peuvent généralement être éliminées par correction des défauts isolés (rechargement). Le retrait du rail n'est nécessaire qu'en cas de dommages extrêmes ou d'accumulation de défauts. Les traces de patinage doivent être éliminées le plus tôt possible par rechargement.</p>	
Illustration À gauche: [1] Au centre: [3] À droite: RhB	<i>Trace de patinage (traction)</i>	<i>Trace de patinage (serrage rapide)</i>
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Surface de roulement - Épaulement - En général, sur les rails situés à proximité de signaux d'arrêt 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Écaillage et ébréchures de la table de roulement «spalling» [code de défaut S-1211 / S-2211] - «Squat», fissuration et affaissement localisé de la table de roulement [code de défaut S-127 / S-227] 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation de la traction ou protection antipatinage absente ou insuffisante - Patinage des roues - Gestion du frottement (mauvaises conditions d'adhérence) 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail présentant un aspect ondulé - Meulage des traces de patinage légères si nécessaire - Retrait des rails présentant des fissurations «en peau de crocodile» qui s'étendent jusqu'au congé de roulement à proximité de la trace de patinage <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimisation de la régulation de la traction et de l'antipatinage - Formation du personnel des locomotives 	
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confort de roulement <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vibrations, dommages à la voie ferrée, rupture de rail <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vibrations, bruit 	

Recommandation	Traces de patinage très profondes	Remplacer immédiatement les rails
	Dommages de faible étendue	Meuler/fraiser les rails ou (si nécessaire) planifier le remplacement des rails, rechargement

Cet extrait est tiré de [4].


2.2.6 «Squat», fissuration et affaissement localisé de la table de roulement [code de défaut S-127 / S-227]

Caractéristique [4]	Ce défaut se manifeste sur la surface de roulement par un élargissement et un affaissement localisé de l'épaulement (élargissement ovale de la bande de roulement), accompagné d'une tache sombre et de fissurations en forme d'arc ou de V. En anglais, «to squat» signifie s'accroupir. Les «squats» étant rarement observés dans les tunnels, on suppose qu'une certaine partie de la propagation des fissurations est accélérée par des effets hydrauliques (induit par un liquide / accéléré par un liquide piégé). Ces fissurations se propagent à l'intérieur du champignon du rail. La propagation des fissurations s'effectue d'abord selon un angle faible par rapport à la table de roulement. Ensuite, lorsqu'elles atteignent 3 à 5 mm de profondeur, elles bifurquent transversalement vers le bas et peuvent provoquer la rupture du rail. Les squats peuvent être classés en trois catégories selon leur forme et peuvent apparaître de manière isolée ou en série sur le rail.								
Illustration En haut: [10] En bas: [zb]	<p style="text-align: center;"><i>«Squat» isolé</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%; text-align: left;"> Classe 1/A/léger - Petite trace - Fissuration à la surface </th> <th style="width: 33%; text-align: left;"> Classe 2/B/intermédiaire - Élargissement de la bande de roulement - Fissuration en V à la surface </th> <th style="width: 33%; text-align: left;"> Classe 3/C/grave - Élargissement important de la bande de roulement - Fissuration en V et fissuration opposée - Ébréchures à la surface </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>«Squats en série»</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>			Classe 1/A/léger - Petite trace - Fissuration à la surface	Classe 2/B/intermédiaire - Élargissement de la bande de roulement - Fissuration en V à la surface	Classe 3/C/grave - Élargissement important de la bande de roulement - Fissuration en V et fissuration opposée - Ébréchures à la surface			
Classe 1/A/léger - Petite trace - Fissuration à la surface	Classe 2/B/intermédiaire - Élargissement de la bande de roulement - Fissuration en V à la surface	Classe 3/C/grave - Élargissement important de la bande de roulement - Fissuration en V et fissuration opposée - Ébréchures à la surface							
									
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Surface de roulement - Épaulement - Sur voie droite ou dans des courbes de grand rayon 								
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - «White Etching Layers» – WEL - «Studs» 								
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Fatigue de contact de roulement - Faible résistance du matériau 								
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Auscultation par ultrasons pour déterminer la profondeur des fissurations 								
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Remplacement du rail - Fraisage du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aucune mesure préventive connue 								
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confort de roulement <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rupture de rail <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vibrations, bruit 								

Recommandation	À un stade avancé ou en cas de «squats en série»	Remplacer immédiatement le rail. Il est également possible de mettre en place un tronçon de ralentissement et/ou un éclissage d'urgence jusqu'à l'élimination du défaut.
	À un stade précoce	Prédéfinir la durée de pose restante et procéder à un usinage mécanique du rail ou remplacer le rail

Cet extrait est tiré de [4].


2.2.7 Usure ondulatoire à ondes courtes [code de défaut S-2201]

Caractéristique [4]	<p>L'usure ondulatoire à ondes courtes est un défaut à la surface de roulement du rail qui apparaît le long du champignon des deux rails, principalement sur des tronçons droits ou quasi-droits. Elle se caractérise par un aspect ondulé, avec des crêtes claires et brillantes, et par un durcissement de la surface des rails. Les creux sont généralement sombres, plus souples et présentent souvent des piqûres de corrosion. L'usure ondulatoire à ondes courtes a été observée principalement sur des voies normales, avec une longueur d'onde comprise entre 10 et 100 mm environ.</p> <p>Elle entraîne une augmentation du bruit de roulement et, en raison des charges et vibrations importantes, des coûts de maintenance plus élevés pour la voie ferrée.</p>	
Illustration [10]		
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Surface de roulement sur les deux rails sur voie droite 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Usure ondulatoire à ondes longues [code de défaut S-2202] 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - L'usure ondulatoire à ondes courtes est causée par des sollicitations dynamiques dans la zone de contact roue-rail, en interaction avec une transformation du matériau et l'enlèvement de matière dû à l'usure. - Glissement longitudinal des roues motrices 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Écoute de l'intérieur du véhicule 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - En fonction de la profondeur des ondes et des autres dommages: meulage/fraisage <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas encore connu pour la voie métrique 	
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confort de roulement (bruit) <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervalles de meulage réduits <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bruit 	
Recommandation actuelle découlant de la SFI P4	<p>Par analogie selon la section 2.2.8 Usure ondulatoire à ondes longues [code de défaut S-2202]</p>	
Recommandation découlant de la voie normale	<p>Profondeur $\geq 0,15$ mm¹¹</p> <p>$0,07$ mm \leq profondeur $<$ 0,15 mm¹¹</p>	<p>Définir la durée de vie restante et poncer/fraisier les rails ou (si nécessaire) planifier leur remplacement</p> <p>Planifier un meulage préventif des rails</p>

¹¹ Les valeurs limites pour la voie métrique seront définies dans le cadre des projets de recherche de RAILplus.

Cet extrait est tiré de [4].

2.2.8 Usure ondulatoire à ondes longues [code de défaut S-2202]

Caractéristique [4]	<p>L'usure ondulatoire à ondes longues est un défaut à la surface de roulement du rail qui apparaît le long du champignon du rail. Ce défaut ondulatoire se produit principalement dans les courbes serrées (jusqu'à un rayon d'environ 300 m) sur le rail de la file basse en courbe. Il se caractérise par une table de roulement très lisse au niveau des crêtes des ondes, tandis que la surface dans le creux des ondes semble rugueuse, plus claire et plus large qu'au niveau des crêtes. Au sein des chemins de fer à voie métrique, la longueur des ondes ne dépasse généralement pas la valeur de 100 mm dans les courbes serrées, contrairement à ce que l'on observe dans les courbes plus larges où la longueur peut dépasser 100 mm.</p> <p>L'usure ondulatoire à ondes longues est causée par le glissement transversal et les forces tangentielles qui en résultent dans les courbes serrées et très serrées. Les émissions de bruit à l'intérieur du véhicule et dans l'environnement s'en trouvent accrues. Les charges et vibrations élevées induites augmentent les coûts de maintenance de la voie ferrée (vide sous traverses, poussière de ballast). L'absence d'usinage de la surface de roulement du rail entraîne des dommages consécutifs dont la réparation peut s'avérer très coûteuse.</p>
Illustration [RAILplus]	
Localisation	Principalement à la surface de roulement des rails des files basses en courbe et parfois sur les rails des files hautes en courbe
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Usure ondulatoire à ondes courtes [code de défaut S-2201]
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Usure dynamique due principalement au glissement transversal - Forces de contact élevées dues à une mauvaise adéquation entre le profil de la roue et celui du rail, à des charges par essieu élevées et à des guidages d'essieu rigides - Déformation plastique de toute la surface de roulement du rail - Forces de contact roue-rail non optimisées, éventuellement en raison du type de traverse, des moyens de fixation ou de la semelle
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Écoute de l'intérieur du véhicule - Véhicule d'auscultation de la voie - Appareil de mesure de la rugosité des rails
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - En fonction de la profondeur de l'usure ondulatoire à ondes longues et d'autres caractéristiques des dommages (poussière de ballast): meulage/fraisage ou remplacement des rails nécessaire <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration/optimisation de la rigidité de la voie grâce à des semelles de rails plus souples, augmentation de la dureté des rails, semelles de traverses ou modifications des véhicules (par exemple, réglage radial des essieux ou conditionnement du champignon du rail, etc.)
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confort de roulement <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervalles de meulage ou de fraisage réduits

	Environnement - Vibrations, bruit	
Recommandation actuelle découlant de la SFI P4 [11]	Selon l'état actuel des connaissances, un seuil d'intervention (SRE) de $A = 0,08$ mm est recommandé pour l'amplitude de l'usure ondulatoire à ondes longues sur le rail de la file basse dans les courbes serrées. Une valeur de pointe à pointe de $A = 0,2$ mm ne doit pas être dépassée, car elle peut entraîner des risques accrus de dommages.	
Recommandation découlant de la voie normale	Profondeur $\geq 0,4$ mm	Définir la durée de vie restante et poncer/fraiser les rails ou (si nécessaire) planifier leur remplacement
	$0,05$ mm \leq profondeur $< 0,4$ mm	Planifier un meulage préventif des rails

Cet extrait est basé sur [4].

2.2.9 Traces / blessures accidentelles [code de défaut S-301]

Caractéristique [4]	<p>Une trace est causée par l'impact d'un corps étranger sur le rail (pièces métalliques, ballast, gros grains de sable, etc.).</p> <p>Elle peut être continue, isolée ou irrégulière.</p> <p>La corrosion s'accélère au niveau des traces si celles-ci ne sont pas éliminées par l'usure.</p> <p>Si des entailles apparaissent, le rail est soumis à des charges accrues, ce qui peut entraîner des fissurations et, à mesure qu'elles progressent, la rupture du rail.</p>	
Illustration SN EN 17397 [1]		
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Surface de roulement 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Néant 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Impact d'un corps étranger sur la surface de roulement - Corps étrangers provenant de chantiers 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <p>Selon la profondeur des dommages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - meulage des rails (enlèvement de matière: profondeur des dommages +0,3 mm) - fraisage des rails (enlèvement de matière: profondeur des dommages +0,3 mm) - rechargement pour les défauts isolés (enlèvement de matière: profondeur des dommages +0,3 mm) - remplacement du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel des rails pour détecter d'éventuels dommages après des travaux sur la voie - Prévention du vandalisme - Contrôle visuel après un déraillement 	
Conséquences	<p>Matériel roulant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant <p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Néant 	
Recommandation	<p>Dommages profonds ou étendus sur de grandes surfaces avec indication par ultrasons</p>	<p>Fraiser immédiatement les rails (avec contrôle des fissurations) ou les remplacer. Si ce n'est pas possible, mettre en place un tronçon de ralentissement et/ou un éclissage d'urgence jusqu'à l'élimination du défaut.</p>
	<p>Dommages mineurs et sans indication par ultrasons</p>	<p>Définir la durée de vie restante et poncer/fraiser les rails ou (si nécessaire) planifier leur remplacement/un rechargement</p>
	<p>Défauts très mineurs</p>	<p>Observer</p>

Cet extrait est tiré de [4].



Autres dommages à la surface de roulement du rail (élaboration dans le cadre du présent catalogue de dommages)

2.2.10 Fissuration transversale [S-111 / S-211], fissuration transversale des soudures [S-411 / S-421 / S-431]

<p>Caractéristique SN EN 17397 [1]</p>	<p>La norme SN EN 17397 [1] distingue plusieurs types de fissurations. Sur la voie métrique, celles-ci apparaissent souvent dans la pleine barre et dans les soudures.</p> <p>La fissuration transversale [S-111 / S-211] commence au milieu du champignon du rail ou dans la zone du congé de roulement. Il s'agit d'un défaut de fabrication causé par des inclusions internes ou des microfissures induites par l'hydrogène. L'amorçage de fissurations transversales est favorisé par les chocs.</p> <p>Lorsque la rupture du rail survient avant que le défaut ne devienne apparent, on peut observer une trace ovale lisse et brillante.</p> <p>La trace commence à s'oxyder dès que la fissuration débouche en surface et devient apparente. À ce stade, la rupture du rail est imminente.</p> <p>Les fissurations transversales dans les soudures [S-411 / S-421 / S-431] apparaissent dans les soudures par étincelage, les soudures par aluminothermie et les soudures à l'arc. C'est un défaut de fabrication causé par la conception et le procédé de soudage ou par des inclusions internes.</p>	
<p>Illustration SN EN 17397 [1]</p>	<p><i>Fissuration transversale amorcée au centre</i></p> 	<p><i>Fissuration transversale amorcée dans la zone du congé de roulement</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>Selon les informations données au début du chapitre ou selon [1], [3] et [4].</p>	
<p>Confusions possibles</p>	<p>Les fissurations peuvent être confondues entre elles ou avec une multitude d'autres défauts. Il convient notamment de les distinguer des fissurations transversales à la surface du champignon du rail, par exemple les head checks ou les fissurations par défibrage. Les fissurations transversales dans les soudures ne doivent pas être confondues avec un cratère d'arc intempestif à proximité de la soudure, par exemple des blessures accidentelles.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fissures de type head check S-1223 / S-2223 - Défibrage S-1222 / S-2222 - Fissurations transversales sous rechargement S-471 - Fissurations transversales sur soudures S-411 - Blessures accidentelles S-301 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de fabrication causé par des inclusions internes ou des microfissures induites par l'hydrogène - Chocs - Soudure défectueuse - Surcharge - Fatigue du matériau - Techniques de soudage inappropriées - Impuretés dans le matériau de soudage 	




Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Auscultation par ultrasons 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail - Éclissage provisoire du rail - Remplacement (immédiat) du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'un matériau de rail moins sensible à la cause identifiée 	
Recommandation	Rupture de rail	Les rails cassés doivent être retirés.
	Rails fissurés	Les rails fissurés doivent faire l'objet d'une observation ou être retirés. Dans certains cas, une réparation est possible.
	-	-

2.2.11 Fissuration horizontale du champignon [S-112 / S-212], de l'âme ou de l'âme dans une soudure

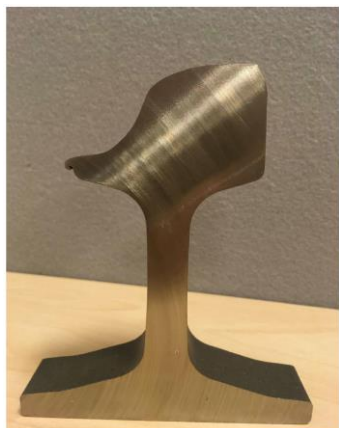

<p>Caractéristique SN EN 17397 [1]</p>	<p>La fissuration horizontale du champignon [S-112 / S-212] prend naissance à l'intérieur du champignon et se propage parallèlement à la table de roulement. L'évolution de la fissuration est accélérée par les chocs appliqués sur les joints en mauvais état. On peut observer un affaissement localisé de la table de roulement, qui peut être caractérisé par une trace sombre contrastant avec la surface brillante de la bande de roulement. Une petite fissure apparaît sur l'une ou les deux faces latérales du champignon, ainsi que sur la tranche de celui-ci dans la lacune du joint. Elle peut être accompagnée d'une fissuration verticale ou évoluer en fissuration transversale. À un stade avancé, un fragment de métal peut se détacher. À ne pas confondre avec une fissuration verticale longitudinale ou avec le défibrage [S-2222] de la table de roulement.</p> <p>La fissuration horizontale de l'âme [S-132 / S-1321 / S-1322 / S-232 / S-2321 / S-2322] peut s'amorcer en tout point de l'âme. C'est un défaut de fabrication si elle prend naissance en pleine barre. La fissuration naissante en extrémité tend à détacher le champignon ou le patin de l'âme. Ce type de fissuration est causé par les contraintes entre l'éclisse et le rail dues au déplacement vertical du joint sous le passage des trains, causé par une mauvaise géométrie de la voie, la qualité du joint ou un mauvais éclissage. La fissuration progresse parallèlement vers la surface de roulement et peut s'incurver vers le haut ou vers le bas, conduisant à une rupture par décollement du champignon ou du patin ou à une fragmentation du rail. À ne pas confondre avec la fissuration de trous [S-135, S-235] lorsqu'elle passe par un trou.</p> <p>La fissuration horizontale de l'âme dans les soudures [S-412 / S-422 / S-432] s'amorce à n'importe quel endroit de l'âme dans les soudures. C'est un défaut de fabrication causé par la conception et le procédé de soudage ou par des inclusions internes. Le défaut peut être favorisé par des trous d'éclissage réalisés trop près de la soudure. La fissuration se développe parallèlement à la surface de roulement et peut s'incurver vers le bas et/ou vers le haut, provoquant la rupture du champignon ou du patin ou la fragmentation du rail.</p>	
<p>Illustration SN EN 17397 [1]</p>	<p><i>Fissuration horizontale dans le champignon de pleines barres</i></p> 	<p><i>Fissuration horizontale dans le champignon de pleines barres avec une propagation en fissuration transversale</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>Selon les informations données au début du chapitre ou selon [1], [3] et [4]</p>	
<p>Confusions possibles</p>	<p>Les fissurations peuvent être confondues entre elles ou avec une multitude d'autres défauts. Cette liste n'est pas exhaustive.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fissuration des trous dans l'âme S-135 / S-235 - Défibrage S-1222 / S-2222 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Apparition spontanée sans cause spécifique - Défaut de fabrication - Chocs - Soudure défectueuse - Contraintes - Autres 	

Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel (fissures) - Auscultation par ultrasons
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail - Éclissage provisoire du rail - Retrait (immédiat) du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du matériau du rail?
Recommandation	<ul style="list-style-type: none"> - Retrait (immédiat) du rail
	<ul style="list-style-type: none"> - Éclissage provisoire du rail
	<ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail



2.2.12 Fissuration verticale longitudinale du champignon [S-113 / S-213], de l'âme ou du patin

Caractéristique SN EN 17397 [1]	<p>La fissuration verticale longitudinale du champignon [S-113 / S-213] est un défaut de fabrication causé par l'apport d'inclusions laminées dans le rail, essentiellement lors du processus de coulée en lingots.</p> <p>Elle se manifeste en plusieurs endroits sur toute la longueur du rail et peut se propager à travers une soudure. Le champignon tend progressivement à se séparer en deux parties selon un plan parallèle à l'âme. Dès que le défaut atteint la table de roulement, il est identifiable à différents endroits: une ligne noire en surface, un affaissement de la table de roulement, un élargissement du champignon qui correspond à l'ouverture de la fissure, ainsi qu'une ligne brillante ou fissuration dans le congé âme-champignon.</p> <p>À ne pas confondre avec le repli de laminage [S-1213, S-2213].</p> <p>La fissuration verticale longitudinale de l'âme [S-133 / S-233] et la fissuration verticale longitudinale du patin [S-153 / S-253] sont des défauts de fabrication. Elles sont décrites dans les documents [1], [3] et [4].</p>		
Illustration SN EN 17397 [1]	<p><i>Fissuration verticale longitudinale visible le long de la surface supérieure du rail</i></p> 	<p><i>Fissuration verticale longitudinale du champignon</i></p> 	<p><i>Fissuration verticale longitudinale de l'âme</i></p> 
Localisation	Selon les informations données au début du chapitre ou selon [1], [3] et [4]		
Confusions possibles	Cf. [4]. Les fissurations peuvent être confondues entre elles ou avec une multitude d'autres défauts. Cette liste n'est pas exhaustive. <ul style="list-style-type: none"> - Repli de laminage S-1213 / S-2213 		
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de fabrication 		
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel (fissures) - Auscultation par ultrasons 		
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation du rail - Éclissage provisoire du rail - Retrait (immédiat) du rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du matériau du rail? 		
Recommandation	-	Retrait (immédiat) du rail	
	-	Éclissage provisoire du rail	
	-	Observation du rail	

2.2.13 Usure latérale excessive (chanfreinage) [S-2203] et usure verticale [S-2204]

<p>Caractéristique</p> <p>SN EN 17397 [1]</p>	<p>L'usure latérale excessive (chanfreinage) [S-2203] est causée par les frottements entre la roue et le rail à la suite des choix de conception.</p> <p>L'évolution de l'usure latérale dépend des facteurs suivants: rayon de la courbe, insuffisance/excès de dévers de la voie, combinaison matériau-profil, graissage insuffisant, charge par essieu et entraxe des essieux des véhicules. Elle se caractérise par une réduction du profil du rail au niveau du congé de roulement.</p> <p>L'usure latérale excessive constitue un défaut à partir du moment où elle est nuisible à la maintenance des voies (surécartement excessif), elle est susceptible de provoquer une rupture par affaiblissement du profil (atteinte du congé inférieur du champignon), elle affecte négativement la géométrie de contact à un point tel que la fatigue de contact de roulement augmente de façon significative.</p> <p>L'usure latérale excessive (chanfreinage) des rails généralement situés sur les files hautes des courbes de petit rayon résulte des frottements roue/rail.</p> <p>Ce défaut peut se produire alternativement sur les deux rails en lignes droites, sous l'effet du comportement «suiveur» des véhicules.</p> <p>L'usure verticale excessive [S-2204] est causée par les charges roulantes et par un matériau et un profil non adaptés l'un à l'autre. C'est également une des principales causes de l'usure ondulatoire à ondes longues [S-2202].</p> <p>Elle s'accroît sous l'effet des charges et du reprofilage du rail. Ce défaut affecte généralement la file basse des courbes de faible rayon à la suite d'un choix de conception. À ne pas confondre avec l'écrasement [S-223].</p>	
<p>Illustration</p> <p>SN EN 17397 [1]</p>	<p style="text-align: center;"><i>Usure latérale excessive</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Usure verticale excessive</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>Selon les informations données au début du chapitre ou selon [1], [3] et [4]</p>	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Écrasement [S-223] 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Graissage - Choix du profil - Choix du matériau 	
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure - Contrôle visuel 	
<p>Recommandation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Il est impossible de formuler une recommandation générale. En cas d'usure excessive, le rail doit être remplacé. - Pour réduire l'usure, il convient d'en éliminer les causes. À cette fin, la maîtrise de système Interaction propose plusieurs solutions. <ul style="list-style-type: none"> ○ Optimisation du graissage des boudins ○ Profil de roue et profil de rail adaptés l'un à l'autre ○ Utilisation d'aciers à rail résistants à l'usure ○ Réduction des forces transversales 	

2.2.14 Fissurations thermiques [code de défaut S-XXXX]

<p>Caractéristique</p>	<p>Les fissurations thermiques apparaissent dans les zones soumises à un glissement important, généralement dû à un fort patinage des roues des véhicules moteurs. La surface de roulement est surchauffée par la chaleur du frottement, ce qui entraîne un déplacement du matériau et des modifications locales de la structure. La surface présente des zones rugueuses, souvent rondes ou ovales, avec des traces métalliques et des lignes de fissurations thermiques. Ces fissurations ne sont pas dues à la fatigue de contact de roulement (RCF), mais constituent un dommage thermique indépendant.</p>	
<p>Illustration [RAILplus]</p>		
<p>Localisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Surface de roulement du rail dans les zones soumises à un glissement important (par exemple, zones de démarrage, lignes à forte déclivité, zones de patinage). 	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Écaillage (flaking) - Ébréchures (spalling) - Ébréchure du congé de roulement - Head check 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Glissement élevé → chaleur de frottement extrême - Roues de locomotive ou véhicule moteur avec une régulation insuffisante de la traction - Conditions météorologiques défavorables (par exemple, humidité, feuilles mortes) 	
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Auscultation par ultrasons en cas de suspicion de fissurations profondes 	
<p>Conséquences</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des conditions de traction et de la commande de traction - Surveillance continue de la progression des fissurations, en particulier en cas de suspicion de dommages profonds - Prise en compte des propriétés du matériau: sous l'effet de la chaleur, le matériau peut devenir cassant (risque de WEL – White Etching Layer) - Éviter les dommages consécutifs: dans les cas extrêmes, les fissurations thermiques peuvent entraîner des ébréchures sur de grandes surfaces, voire une rupture du rail 	
<p>Recommandation</p>	<p>À un stade avancé, lorsque la profondeur du dommage est supérieure à l'enlèvement possible par fraisage</p>	<p>Remplacer immédiatement les rails, effectuer des examens par ultrasons si nécessaire</p>
	<p>À un stade précoce, lorsque la profondeur du dommage est inférieure à l'enlèvement possible par fraisage</p>	<p>Meuler ou fraiser les rails en fonction de la profondeur du dommage, effectuer des examens par ultrasons si nécessaire</p>

2.2.15 Défaut général [code de défaut S-XXXX]

Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.3 Voie ferrée – appareils de voie [code de défaut W-XXX]

Les appareils de voie sont des éléments de voie ferrée déterminants pour la sécurité et soumis à d'importantes contraintes d'exploitation. Leur géométrie et leur fonction complexes nécessitent une approche différenciée dans le catalogue des dommages. La présente logique permet une attribution des défauts par composants et par dommages afin de soutenir de manière ciblée les processus de maintenance opérationnelle et la gestion stratégique des installations. Dans la mesure du possible, les défauts doivent être recensés sous le code de défaut de rail [S-XXXX].

L'évaluation et le traitement des dommages sont soumis aux règlements applicables, en particulier:

- R RTE 22566: Pose, contrôles et entretien des branchements, voie métrique [12]
- D RTE 22556: Mesures de contrôle des branchements [13]
- R RTE 22240: Soudages sur voies et appareils de voie [14]

L'attribution des défauts s'effectue selon la Figure 4 qui présente les composants pertinents des appareils de voie de manière méthodique. Les entrées sont structurées de manière à pouvoir être transférées directement dans des systèmes numériques de gestion des installations.

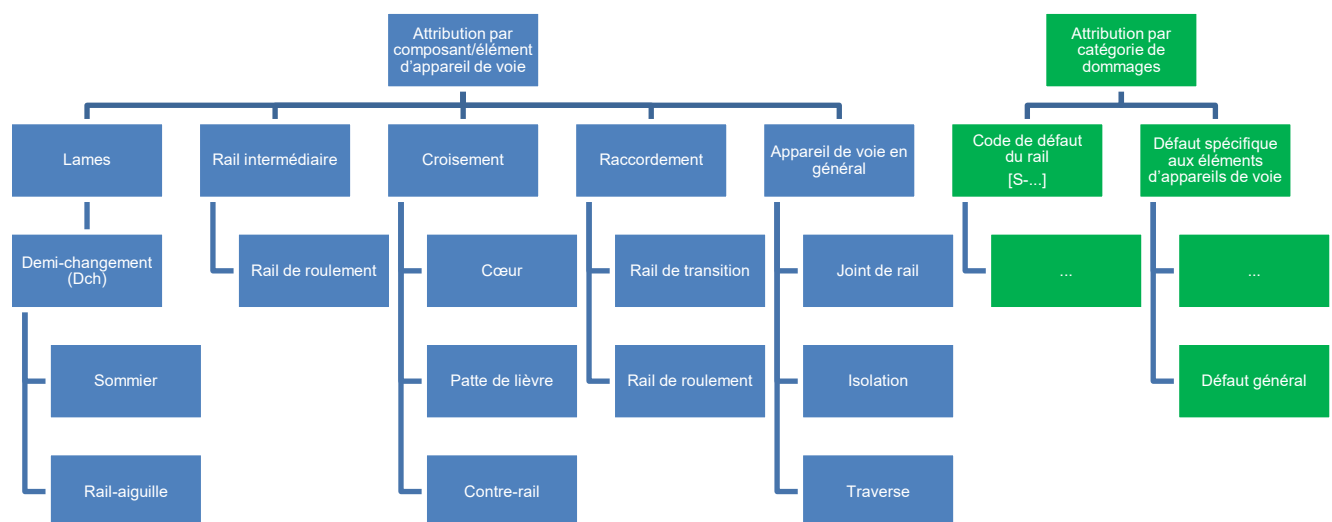


Figure 4: attribution des dommages à la voie ferrée – appareils de voie


L'attribution est expliquée ci-après à l'aide d'exemples:

- un squat dans la zone de la lame peut être associé à l'élément d'appareil de voie «demi-changement» ainsi qu'au code de défaut du rail «squat»;
- un cœur déformé doit être attribué à l'élément d'appareil de voie «cœur» et aux dommages spécifiques aux éléments d'appareils de voie;
- une rupture du sommier peut être attribuée à l'élément d'appareil de voie «demi-changement» et au code de défaut du rail «fissuration transversale».

2.3.1 Attribution selon le code de défaut de rail [S-XXXX]

Comme pour les autres éléments de la voie ferrée, des défauts du rail apparaissent également au niveau des appareils de voie. Ces défauts sont décrits par le code de défaut de rail [S-XXXX].

Les défauts de rail typiques au niveau des appareils de voie sont répertoriés ci-après, avec une référence au code de défaut correspondant. Leur évaluation et leur traitement sont soumis aux règlements et aux prescriptions techniques applicables en vigueur (par exemple, RTE, directives internes). Les défauts particulièrement importants sont traités en détail dans le présent chapitre. Il s'agit notamment des ébréchures au niveau du cœur et/ou des pattes de lièvre, par exemple [code de défaut S-1223 / S-2223] ou [code de défaut S-1221 / S-2221], qui sont traitées en détail à la section 2.3.4.2.

<p>Illustration</p> <p>[MGB]</p>	<p>S-2222 <i>Ébréchure du congé de roulement</i></p> 	<p>S-227 <i>Squat</i></p> 
<p>Illustration</p> <p>[MGB]</p>	<p>S-225 <i>Trace de patinage sur le cœur</i></p> 	<p>S-223 <i>Déformation plastique / repliure sur le sommier</i></p> 

Les sections suivantes abordent un certain nombre de dommages spécifiques aux appareils de voie.

2.3.2 Dommages aux lames (sommier / lame) [code de défaut W-1xx]



Les dommages spécifiques aux lames des appareils de voie sont présentés ci-après.

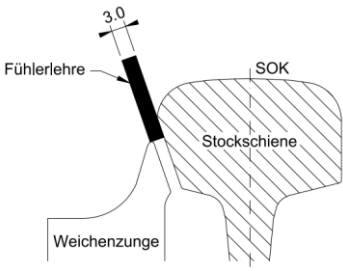
Les règlements R RTE 22566 (Pose, contrôles et entretien des branchements, voie métrique) [12] et D RTE 22556 (Mesures de contrôle des branchements, voie métrique) [13] sont pertinents en la matière, notamment en ce qui concerne les réserves d'usure et les dommages au sommier, aux lames et au cœur. Les valeurs limites d'usure verticale du rail dans la zone du profil intégral sont basées sur le règlement RTE 22570 (Pose, contrôle et entretien des voies, voie métrique) [7] et sont déterminantes pour l'évaluation et l'entretien.

2.3.2.1 Défaut au niveau des butoirs de lame (fissuration ou déformation) [code de défaut W-110]



Cette section n'est actuellement pas développée. Le code de défaut correspondant [W-110] est déjà réservé afin que les dommages pertinents puissent être décrits de manière méthodique et évalués ultérieurement si nécessaire.

2.3.2.2 Lame déformée [code de défaut W-120]

Caractéristique	La lame est déformée et n'est plus en contact avec le sommier ou le butoir de lame.	
Illustration	<i>Lame déformé / n'est plus en contact avec le sommier</i>	<i>La lame n'est plus en contact avec le butoir de lame</i>
[MGB]		
Localisation	Demi-changement sur toute la longueur	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Talonnage (franchissement dans une position non prévue de l'appareil de voie) - Coincement de corps étrangers - Dommages consécutifs dus à des problèmes avec le moteur, l'appareil de calage ou le chauffage de l'appareil de voie 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle du parallélisme et de l'appui de la lame sur le sommier ou le butoir de lame selon le règlement R RTE 22566 - Contrôle du décollement à la pointe de la lame et de la largeur de passage de la lame ouverte - Contrôle du calage de pointe et du calage auxiliaire 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de l'appareil de voie afin de détecter d'éventuels dommages mécaniques - Si la praticabilité n'est pas garantie, l'appareil de voie doit être verrouillé <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation du personnel de la manœuvre 	



<p>Conséquences</p>	<p>- Restriction de l'exploitation (interdiction de la branche déviée concernée ou de l'ensemble de l'appareil de voie, réduction de la vitesse, etc.)</p>							
<p>Procédure de contrôle selon le règlement D RTE 22556 [13]</p>	<p>Résultat du contrôle, évaluation et mesures selon les chapitres 8.4 à 8.6 du règlement D RTE 22556</p>  <table border="1" data-bbox="387 645 1481 985"> <tr> <td data-bbox="387 645 702 730"> <p>L'état nominal ne peut plus être rétabli</p> </td> <td data-bbox="702 645 1481 730"> <p>- Remplacer le demi-changement ou l'appareil de calage</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="387 730 702 913"> <p>Au moins un critère n'est pas rempli</p> </td> <td data-bbox="702 730 1481 913"> <p>- Redresser la lame - Réajuster les appareils de calage - Effectuer un contrôle visuel pour détecter les amorces de fissures ou les ruptures</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="387 913 702 985"> <p>Tous les critères sont remplis</p> </td> <td data-bbox="702 913 1481 985"> <p>- Praticabilité assurée</p> </td> </tr> </table>		<p>L'état nominal ne peut plus être rétabli</p>	<p>- Remplacer le demi-changement ou l'appareil de calage</p>	<p>Au moins un critère n'est pas rempli</p>	<p>- Redresser la lame - Réajuster les appareils de calage - Effectuer un contrôle visuel pour détecter les amorces de fissures ou les ruptures</p>	<p>Tous les critères sont remplis</p>	<p>- Praticabilité assurée</p>
<p>L'état nominal ne peut plus être rétabli</p>	<p>- Remplacer le demi-changement ou l'appareil de calage</p>							
<p>Au moins un critère n'est pas rempli</p>	<p>- Redresser la lame - Réajuster les appareils de calage - Effectuer un contrôle visuel pour détecter les amorces de fissures ou les ruptures</p>							
<p>Tous les critères sont remplis</p>	<p>- Praticabilité assurée</p>							

2.3.2.3 Ébréchures du matériau / fissurations de la lame [code de défaut W-130]



Caractéristique	Des fissurations ou des ébréchures de matériau apparaissent sur la lame.	
Illustration [MGB]	<p><i>Ébréchure et fissuration de la lame</i></p> 	<p><i>Ébréchures du congé de roulement de la lame</i></p> 
Localisation	Localement dans la zone du demi-changement sur toute la longueur	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Chocs - Fatigue du matériau 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Gabarit 2 selon le règlement D RTE 22556 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meulage de la surface endommagée - Si la praticabilité n'est pas garantie, la lame endommagée doit être verrouillée à l'état ouvert. - Remplacement du demi-changement <p>Remarque: le rechargement n'est possible que dans la zone du joint de rail. Dans toutes les autres zones ou dans la partie mobile de la lame, le rechargement est interdit, conformément au règlement R RTE 22240.</p> <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle 	
Conséquences	Le franchissement sûr de l'appareil de voie n'est plus garanti. La sécurité contre le déraillement au niveau de la pointe de la lame et en cas d'ébréchures du matériau n'est plus assurée notamment. (Cf. ORE C70 Système antidéraillement sur l'appareil de voie: pointe de la lame et ébréchures)	

<p>Procédure de contrôle selon le règlement D RTE 22556 [13]</p>	<p>Résultat du contrôle, évaluation et mesures selon le chapitre 8.2.1 du règlement D RTE 22556</p>	
	<p>Ecaillages au-dessus de la marque et plus courts que la jauge</p> <p>Ecaillages au-dessus de la marque et plus longs que la jauge</p> <p>Marque</p> <p>Ecaillage au-dessous de la marque et plus petit que la jauge</p> <p>Ecaillage au-dessous de la marque</p>	
	<p>● △ □</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ne plus circuler sur la lame, le verrouiller à l'état ouvert - Remplacement du demi-changement: les demi-changements présentant des ruptures ou des amorces de fissures doivent être remplacés. L'élimination de tels dommages par des soudages de réparation ou par soudage de coupons de rail est interdite.
	<p>○ ▲ □</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Meulage de la surface endommagée, augmentation des intervalles de contrôle, durée de vie réduite
<p>○ △ ■</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Meulage de la surface endommagée, augmentation des intervalles de contrôle 	

2.3.2.4 Selles de glissement usées ou sales / problèmes de graissage [code de défaut W-140]

Caractéristique	Les coussinets de glissement des selles de glissement des lames sont usés ou sales. Les surfaces de glissement des selles en acier peuvent se corroder en raison d'un graissage insuffisant.	
Illustration [MGB]	<p><i>Selles de glissement sans graissage usées (EcoGliss)</i></p> 	<p><i>Surface de glissement corrodée d'une selle en acier</i></p> 
Localisation	Selles de glissement des lames	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Usure normale des selles de glissement sans graissage (p. ex. «EcoGliss») - Pollution dû à un graissage excessif ou insuffisant, éventuellement favorisé par les conditions météorologiques ou d'autres facteurs 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle de l'appui uniforme de la lame sur les selles de glissement - Augmentation des forces d'inversion, l'appareil de voie n'atteint plus sa position de fin de course 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des selles sans graissage - Nettoyage et graissage des autres selles de glissement <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vérification des aides à l'inversion et ajout des aides manquantes - Lors de l'acquisition d'appareils de voie, prévoir des selles de glissement de lames avec un système de rouleau intégré; ne plus utiliser de selles sans graissage. - Contrôle visuel de l'état de graissage dans le cadre des rondes périodiques de surveillance des voies; assurer un graissage régulier - Surveillance des forces de manœuvre et des temps d'inversion 	

2.3.2.5 Galets d'inversion défectueux ou fonctionnant mal/mal réglés [code de défaut W-150]

Caractéristique	Les rouleaux d'inversion présentent une usure/un méplat d'un seul côté ou peuvent être écrasés. Les galets d'inversion en métal peuvent laisser des traces dans le patin de la lame.	
Illustration [MGB]	<p><i>Méplat sur un galet d'inversion en acier</i></p> 	<p><i>Galet d'inversion en plastique écrasé</i></p> 
Localisation	Dispositions d'inversion de changements	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Galets bloqués par des dépôts de saleté ou de graisse lubrifiante - Galets bloqués en raison d'un réglage incorrect de la hauteur - Galets défectueux en raison de la fatigue/du vieillissement du matériau - Galets sur les côtés des selles endommagés par une bourreuse 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle de l'appui uniforme de la lame sur les selles de glissement et de l'appui de la lame sur les galets pendant l'inversion - Augmentation des forces d'inversion, l'appareil de voie n'atteint plus sa position de fin de course 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle et ajustage de la hauteur des galets - Remplacement des galets ou des cassettes à galets défectueux <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Évaluer le choix du matériau et la disposition des galets et les adapter si nécessaire - En cas d'acquisition : choisir des dispositifs d'aide à l'inversion à rouleaux réglables et des selles de glissement de lames avec un système de galets intégré. Éviter si possible une disposition latérale des systèmes de galets dans la case entre traverses. 	

2.3.2.6 Défaut général des lames (sommier / lame) [code de défaut W-199]

Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.3.3 Dommages aux rails intermédiaires [code de défaut W-2xx]

Dans la zone des rails intermédiaires des appareils de voie, il faut veiller tout particulièrement à ce que l'usure verticale des rails au niveau du profil Vignole ne dépasse en aucun cas les valeurs limites fixées dans le règlement R RTE 22570 (Pose, contrôle et entretien des voies, voie métrique).

À l'heure actuelle, aucun dommage spécifique ne justifie une description détaillée dans cette section. Si des mesures s'avéraient nécessaires à l'avenir, cette section pourrait être complétée afin de recenser et d'évaluer de manière méthodique les dommages pertinents. La plage de code de défaut [W-2xx] est réservée à cet effet.

2.3.3.1 Défaut général des rails intermédiaires [code de défaut W-299]

Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.3.4 Dommages au croisement (pattes de lièvre, cœur, contre-rail) [code de défaut W-3xx]

Les dommages spécifiques au croisement des appareils de voie sont présentés ci-après. Pour localiser précisément les différents dommages, se reporter aux coupes A/B/C de la figure ci-après.

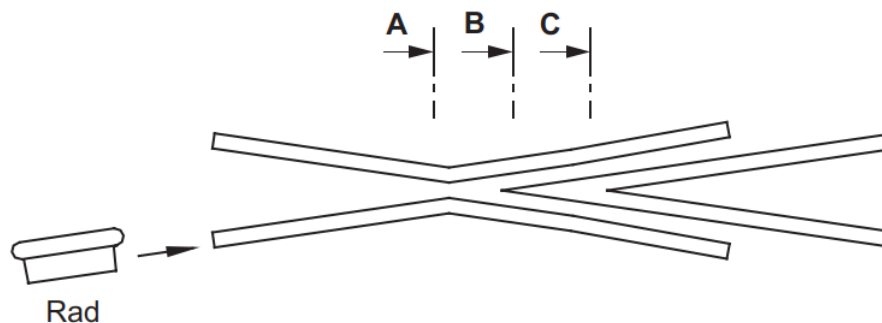


Figure 5: coupes A/B/C du croisement selon le règlement D RTE 22540

2.3.4.1 Usure des pattes de lièvre et des cœurs [code de défaut W-310]



L'usure des pattes de lièvre et des cœurs n'est pas définie précisément dans une réglementation, mais résulte des écartements et des cotes de guidage admissibles selon le règlement D RTE 22556 (Mesures de contrôle des branchements, voie métrique) [13][12].

Dans la zone du profil intégral, les valeurs limites déterminantes sont les valeurs limites définies dans le règlement R RTE 22570 (Pose, contrôle et entretien des voies, voie métrique).

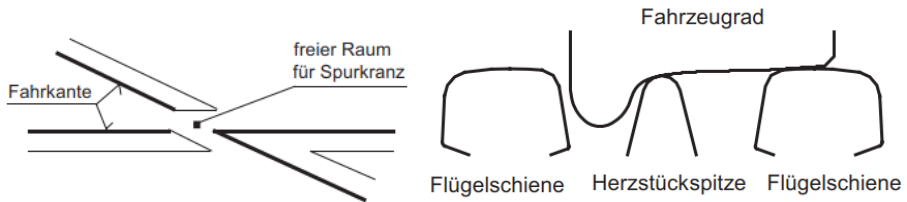


Les dommages à la pointe du cœur, tels que l'usure ou la déformation, sont particulièrement critiques. Des informations relatives à l'abaissement de la pointe figurent à l'annexe A5.2 du règlement R RTE 22240 (Soudages sur voies et appareils de voie, voie normale et voie métrique) [14].

2.3.4.2 Ébréchures du cœur et/ou des pattes de lièvre [code de défaut W-320]

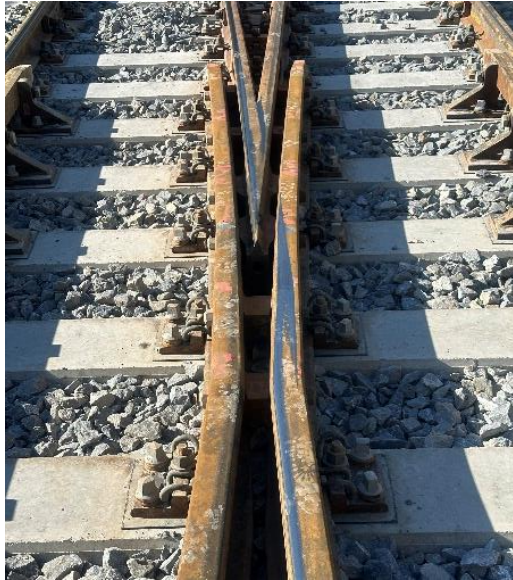

Les ébréchures du cœur et/ou des pattes de lièvre doivent être recensées sous le code de défaut de rail [S-xxxx].

Caractéristique	Des ébréchures se forment sur le congé de roulement du cœur ou des pattes de lièvre.	
Illustration	<i>Ébréchures de la patte de lièvre</i>	<i>Ébréchures du cœur</i>
[MGB]		
Localisation	- Zone du cœur	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Ébréchures dues à des head checks se rejoignant [code de défaut S-1223 / S-2223] - Écaillage et ébréchures de la table de roulement «spalling» [code de défaut S-1211 / S-2211] - Ébréchure du congé de roulement «shelling» [code de défaut S-1221 / S-2221] - Rechargement non conforme - Chocs - Meulage insuffisant 	
Méthode de détection	- Inspection visuelle	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Surveillance du défaut - Meulage - Réparation par rechargement selon le règlement R RTE 22240 - Remplacement du cœur, y c. contrôle du choix du matériau <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choix du matériau - Évaluation du cœur - Amélioration de la qualité du rechargement - Meulage précoce et régulier des repliures et des petits head checks 	



2.3.4.3 Pointe du cœur écrasée [code de défaut W-330]

<p>Caractéristique</p>	<p>L'interruption du congé de roulement dans la zone du point de croisement perturbe le comportement du véhicule en marche et entraîne une sollicitation brutale du cœur dans la zone de reprise en charge.</p> <p>Les conditions d'appui de la roue dans la zone de reprise en charge de la patte de lièvre à la pointe du cœur (Figure 5, coupe B) ne sont pas idéales. Dans le pire des cas, cela peut entraîner la déformation ou la rupture de la pointe du cœur.</p> 	
<p>Illustration</p>	<p><i>Pointe du cœur écrasée</i></p> 	<p><i>Pointe du cœur cassée</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>Pointe du cœur</p>	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Néant 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comportement du véhicule en marche non satisfaisant - Écart au niveau des écartements, cotes de guidage et/ou largeurs d'ornièrè - Chocs 	
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Utilisation d'une règle, contrôle de l'abaissement de la pointe/de la position du point zéro de la pointe du cœur (R RTE 22240, A5.2) 	
<p>Mesure immédiate pour remédier au défaut</p>	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation de la pointe du cœur - Rétablissement de la géométrie de la pointe par meulage et rechargement conformément au règlement R RTE 22240 - Remplacement du cœur <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle des écartements, cotes de guidage et/ou largeurs d'ornièrè 	

2.3.4.4 Cœur frotté [code de défaut W-340]

Caractéristique	Traces de frottement irrégulières dans toute la zone du cœur. Des traces de frottement dues à plusieurs points d'appui des roues sont visibles sur la pointe du cœur, en particulier dans la zone de la coupe C (Figure 5).	
Illustration	<p><i>Cœur présentant des traces de frottement (usure concave des roues)</i></p> 	<p><i>Cœur présentant des traces de frottement (usure concave des roues)</i></p> 
Localisation	Cœur	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	- Véhicules avec des roues présentant une usure concave	
Méthode de détection	- Inspection visuelle	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meulage - Rechargement selon le règlement R RTE 22240 [14] - Remplacement du cœur <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise hors service des véhicules concernés 	
Conséquences	- Bruit	

2.3.4.5 Dommages au contre-rail [code de défaut W-350]

Caractéristique	<ul style="list-style-type: none"> - Contre-rail usé - Contre-rail cassé/fissuré - Support du contre-rail cassé/fissuré - Boulons du contre-rail cassés 	
Illustration	<i>Usure du contre-rail</i>	<i>Boulons du contre-rail cassés</i>
		
Localisation	Contre-rail	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Écartements, cotes de guidage et/ou largeurs d'ornièrè trop étroites ou trop larges - Qualité du guidage, angle d'approche 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle des écartements, cotes de guidage et largeurs d'ornièrè selon les cotes de contrôle définies dans le règlement D RTE 22556 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajustage des cotes de guidage et des largeurs d'ornièrè - Remplacement des boulons cassés, adaptation du dimensionnement si nécessaire - Réparation ou remplacement des supports de contre-rail défectueux - Remplacement du contre-rail <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Évaluation et adaptation si nécessaire du dimensionnement des boulons - Évaluation et adaptation si nécessaire de la construction des supports de contre-rail 	
Conséquences	- Bruit	
Dispositions selon le règlement R RTE 22566 [13]	Écart de la cote de guidage > 6 mm	- Remplacer le contre-rail
	Écart de la cote de guidage < 6 mm	- Compenser l'usure du contre-rail à l'aide de cales

2.3.4.6 Défaut général au croisement (pattes de lièvre, cœur, contre-rail) [code de défaut W-399]

Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.3.5 Dommages au raccordement (rails de transition et de roulement) [code de défaut W-4xx]

Dans la zone des rails de transition et de roulement des appareils de voie, il convient de noter tout particulièrement que l'usure verticale des rails au niveau du profil Vignole ne doit pas dépasser les valeurs limites fixées dans le règlement R RTE 22570 (Pose, contrôle et entretien des voies, voie métrique) [7].

À l'heure actuelle, aucun dommage spécifique ne justifie une description détaillée dans cette section. Si des mesures s'avéraient nécessaires à l'avenir, cette section pourrait être complétée afin de recenser et d'évaluer de manière méthodique les dommages pertinents.


2.3.5.1 Défaut général au raccordement (rails de transition et de roulement) [code de défaut W-499]

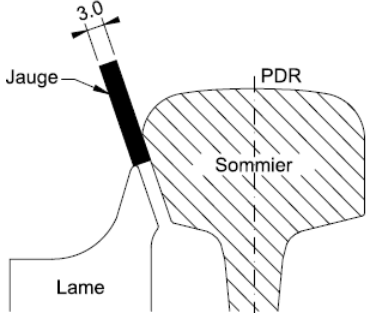
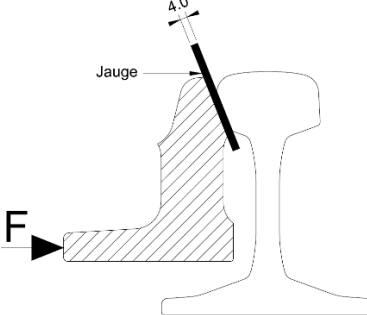
Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.3.6 Défaut général aux appareils de voie [code de défaut W-5xx]

Dans le présent catalogue des dommages, la catégorie «Défaut général» comprend tous les dommages qui ne peuvent pas être clairement attribués à une partie spécifique de l'appareil de voie ou à un élément particulier de l'appareil de voie.

2.3.6.1 Défaut général: défaut de l'appareil de calage/du moteur de l'appareil de voie [code de défaut W-510]

Caractéristique	<p>Anomalies au niveau de l'appareil de calage/du moteur de l'appareil de voie</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'appareil de voie n'atteint pas sa position de fin de course - Dérangement à la surveillance de la position - Augmentation des temps d'inversion - Dérangement au moteur de l'appareil de voie
Illustration	<p style="text-align: center;"><i>La tringle est en contact sur le côté de la traverse creuse</i></p> 
Localisation	Appareil de calage / moteur de l'appareil de voie
Confusions possibles	- Néant
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Tringle déplacée ou déformée en raison d'un flux de force insuffisant/excessif ou de chocs au niveau de l'appareil de calage - Mécanisme bloqué par des corps étrangers dans la tôle garde-ballast/la traverse creuse (par exemple, pierres de ballast) - Appareil de calage ou forces d'entraînement mal réglés - Boulons ou vis desserrés - Raccordements électriques/câbles endommagés
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure des forces/temps d'inversion - Inspection visuelle des éléments de construction mécaniques afin de détecter toute déformation ou tout blocage - Contrôle du calage et du décollement selon le règlement D RTE 22556
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle du calage et de la tringle et ajustage si nécessaire - Si la praticabilité n'est pas garantie, l'appareil de voie doit être verrouillé jusqu'au rétablissement de l'état nominal - Remplacement des éléments de construction endommagés <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Surveillance des forces de manœuvre et des temps d'inversion
Conséquences	- Dommages consécutifs au mécanisme ou au moteur



<p>Procédure de contrôle selon le règlement D RTE 22556 [13]</p>	<p>Contrôle du décollement selon le règlement D RTE 22556</p> 	<p>Contrôle du calage selon le règlement D RTE 22556</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> - Décollement > 3 mm et/ou le contrôle du calage indique la position de fin de course au poste d'enclenchement 	<ul style="list-style-type: none"> - La praticabilité n'est pas garantie. - L'état nominal peut être rétabli par la mise en œuvre des mesures suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • régler l'appareil de calage; • redresser la lame.
	<ul style="list-style-type: none"> - Décollement > 3 mm et/ou le contrôle du calage indique la position de fin de course au poste d'enclenchement (impossible de rétablir l'état nominal) 	<ul style="list-style-type: none"> - La praticabilité n'est pas garantie. - L'appareil de voie doit être verrouillé. - Remplacer le demi-changement ou l'appareil de calage.
	<ul style="list-style-type: none"> - Décollement < 3 mm et les contrôles du calage n'indiquent pas la position de fin de course au poste d'enclenchement 	<ul style="list-style-type: none"> - La praticabilité est garantie.

2.3.6.2 Défaut général: chauffage de l'appareil de voie défectueux [code de défaut W-520]

Caractéristique	<p>Le chauffage de l'appareil de voie est endommagé et ne fonctionne pas ou seulement partiellement. La neige ne fond pas complètement en raison d'une puissance de chauffage insuffisante ou inexistante. L'inversion de l'appareil de voie a pour effet de comprimer la neige dans la zone de la lame, ce qui peut entraîner la formation de glace. L'appareil de voie ne peut alors plus être complètement inversé/n'atteint plus sa position de fin de course.</p> <p>Les systèmes de chauffage des appareils de voie fonctionnant au gaz présentent des sources de défaut potentielles supplémentaires. Étant peu répandues, ces causes de défaut spécifiques ne sont pas traitées en détail dans la présente description des défauts.</p>	
Illustration	<p><i>Aucune illustration n'est actuellement disponible.</i></p> <p><i>Cette section pourra être complétée ultérieurement si nécessaire.</i></p>	<p><i>Aucune illustration n'est actuellement disponible.</i></p> <p><i>Cette section pourra être complétée ultérieurement si nécessaire.</i></p>
Localisation	- Lames	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Corps de chauffe défectueux - Débranchement au circuit de chauffage: alimentation électrique interrompue, raccordements électriques/câbles endommagés - Panne de la commande - Puissance de chauffage insuffisante 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Annonce de dérangement par le service responsable de la circulation des trains/le centre de gestion du trafic - Inspection visuelle: formation de glace / la neige ne fond pas 	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restriction de l'exploitation - Déneigement / élimination de la glace - Remplacement des éléments de construction défectueux, garantie de l'alimentation électrique <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avant l'arrivée de l'hiver, contrôle du fonctionnement et de l'état du chauffage des appareils de voie - Adaptation du nombre et de la puissance des corps de chauffe aux conditions climatiques ambiantes - Sensibilisation du centre de gestion du trafic au problème du compactage de la neige/de la formation de glace lié à l'inversion des appareils de voie 	
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> - Restriction de l'exploitation - Déraillement possible - Dommages consécutifs aux éléments de construction, déformation de la lame 	

2.3.6.3 Défaut général: fissuration dans le rail ou le cordon de soudure [code de défaut W-530 ou S-XXXX]

Les fissurations dans le rail ou le cordon de soudure doivent être recensées dans la mesure du possible sous le code de défaut de rail [S-xxxx].

Caractéristique	Des amorces de fissures apparaissent au niveau des rails à profil intégral. À un stade ultérieur, il se produit une rupture du rail ou de la soudure.	
Illustration	<p><i>Éclissage d'urgence après une rupture de soudure sur le rail intermédiaire</i></p> 	<p><i>Rupture du rail dans le demi-changement</i></p> 
Localisation	- Appareil de voie complet	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Soudure de mauvaise qualité - Les défauts du rail n'ont pas été éliminés à temps - Fatigue du matériau, traverses creuses - Fissuration transversale [S-111 / S-211], fissuration transversale des soudures [S-411 / S-421 / S-431] - Fissuration horizontale du champignon [S-112 / S-212], de l'âme ou de l'âme dans une soudure - Fissuration verticale longitudinale du champignon [S-113 / S-213], de l'âme ou du patin 	
Méthode de détection	- Inspection visuelle	
Mesure immédiate pour remédier au défaut	<p>Mesure corrective Selon le règlement R RTE 22566:</p> <p>Le dommage se situe dans le rail intermédiaire ou le raccordement:</p> <ul style="list-style-type: none"> - poser un éclissage d'urgence; - adapter la vitesse autorisée; <p><i>Remarque:</i> étant donné le danger potentiel de séparations horizontales entre le champignon et l'âme du rail, c'est interdit en cas d'amorces de fissures horizontales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - le dommage doit être réparé par le soudage de coupons de rail d'une longueur minimale de 4 m. <p>Le dommage se situe dans le demi-changement ou dans le cœur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - le demi-changement ou le cœur doit être remplacé dans son intégralité; - l'élimination de tels dommages par des soudages de réparation ou par soudage de coupons de rail est interdite. <p>Mesure préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observation des rails afin d'identifier l'apparition de défauts des rails - Mesure par ultrasons 	
Conséquences	- Déraillement	

	- Exploitation restreinte ou impossible via l'appareil de voie
--	--

2.3.6.4 Défaut général: graissage insuffisant / accumulation importante de lubrifiant [code de défaut W-540]

Cette section n'est actuellement pas développée. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de permettre une évaluation ciblée des dommages...

2.4 Voie ferrée – appareil de dilatation [code de défaut D-xxx]

L'appareil de dilatation est un élément de la voie ferrée qui permet d'absorber les variations de longueur des rails induites par la température. Il garantit ainsi un guidage continu et sûr de la voie ferrée en exploitation. Il est notamment installé dans les zones soumises à des variations de température importantes ainsi que sur des ouvrages d'art tels que les ponts, où le déplacement longitudinal libre des rails est limité par la conception.

Les appareils de dilatation sont peu utilisés sur voie métrique. En raison des coûts d'investissement et d'entretien élevés, on évite dans la mesure du possible leur installation si des alternatives techniquement équivalentes sont disponibles. Des informations complémentaires sont disponibles dans le règlement R RTE 29010 (Interaction voie/pont) [15].

En raison de leur fonction, les appareils de dilatation doivent être considérés de la même manière que les appareils de voie. Les considérations de principe sur l'importance pour la sécurité et l'attribution méthodique des dommages, telles que décrites dans l'introduction du chapitre consacré aux appareils de voie, s'appliquent donc de manière analogue.

Le contrôle géométrique du demi-changement (DCh) selon le chapitre 8 du règlement D RTE 22556 [13] s'applique également aux appareils de dilatation. De plus, le rechargement sur les appareils de dilatation est en principe interdit conformément au chapitre 7.1.4 du règlement R RTE 22240 [14]. Cette prescription doit être impérativement respectée afin de garantir l'intégrité et le bon fonctionnement des éléments de construction.

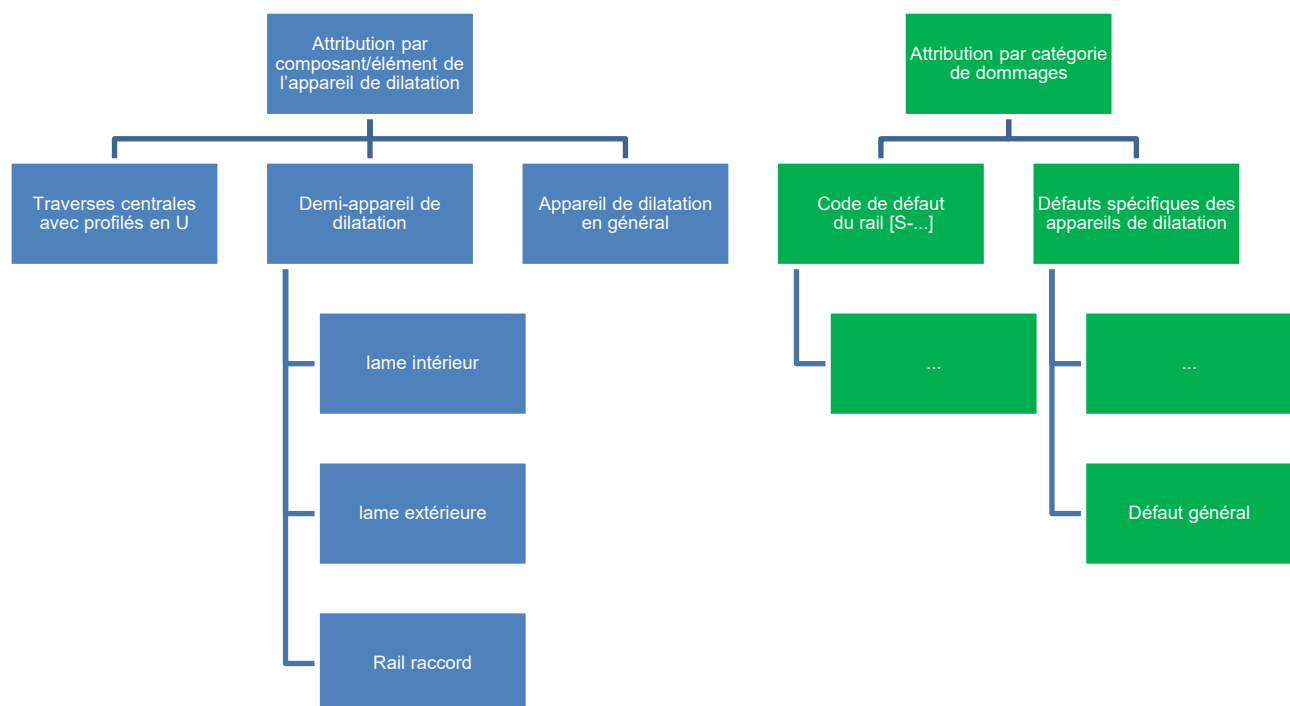


Figure 6: attribution des dommages à la voie ferrée – appareils de dilatation

À l'heure actuelle, aucun dommage spécifique n'a été répertorié pour l'appareil de dilatation, car aucun besoin pratique ni aucune accumulation systématique de dommages n'ont été constatés jusqu'à présent. Dans le domaine de la dilatation, des défauts de rails peuvent toutefois survenir, comme c'est le cas pour les appareils de voie, par exemple sous le code S-XXXX.

2.4.1 Dommages aux traverses centrales avec profilés en U [code de défaut D-1xx]

Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.4.1.1 Défaut général des traverses centrales avec profilés en U [code de défaut D-199]

Cette section n'est actuellement pas développée. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de répertorier les dommages généraux et les mesures à prendre en lien avec les appareils de dilatation.

2.4.2 Dommages au demi-appareil de dilatation [code de défaut D-2xx]

Les dommages au demi-appareil de dilatation peuvent concerner les rails-aiguilles intérieurs et extérieurs ainsi que le rail raccord. Cette section n'est actuellement pas développée. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de permettre une évaluation ciblée des dommages.

2.4.2.1 Défaut général du demi-appareil de dilatation [code de défaut D-299]

Cette section n'est actuellement pas développée. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de répertorier les dommages généraux et les mesures à prendre en lien avec les appareils de dilatation.

2.5 Voie ferrée – joint de rail éclissé [code de défaut ST-xxx]

Les dommages aux joints de rail éclissés sont attribués selon le type d'éclisse (composant, cf. cases bleues) et le type de dommage (cases vertes). À l'instar du catalogue de données techniques des CFF, on distingue les joints de rail éclissés isolés et les joints de rail éclissés non isolés.

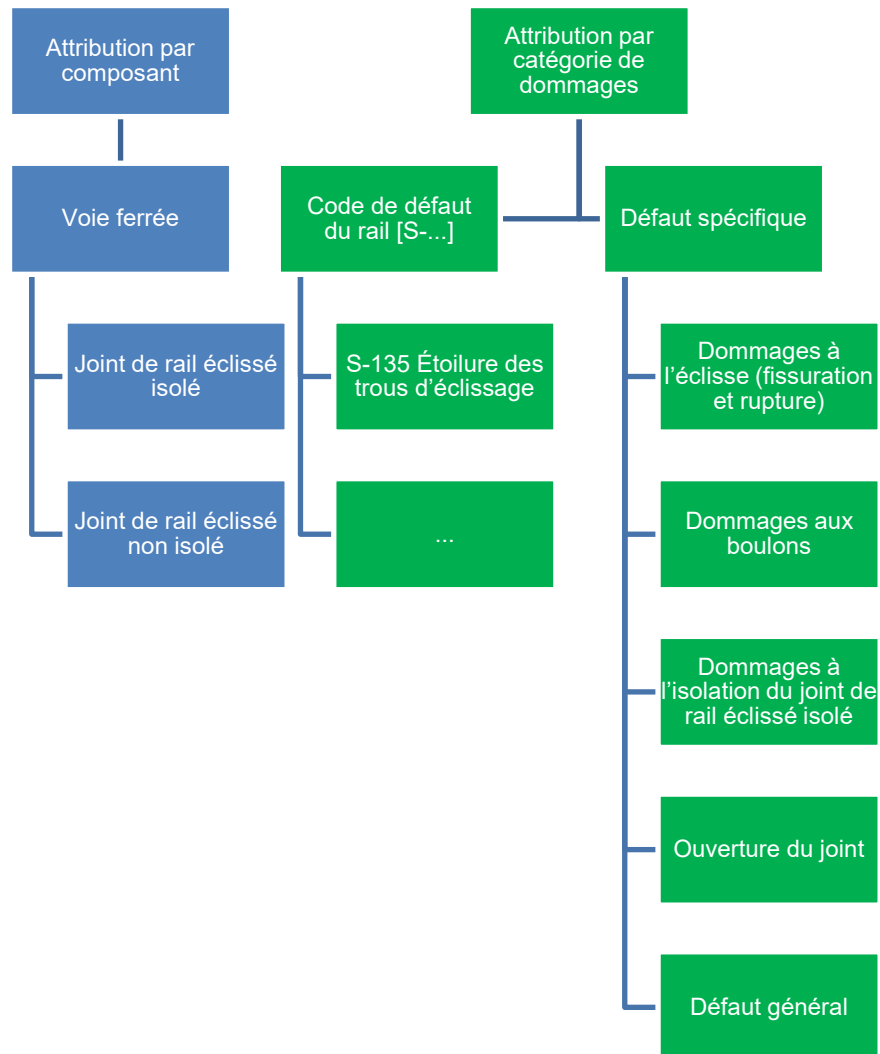


Figure 7: attribution des dommages à la voie ferrée – joint de rail éclissé


Les dommages au niveau d'un joint soudé (squat, fissuration ou défibrage) ou des trous (rupture, fissuration ou ébréchantures du perçage) sont classés comme défauts de rail. Ils ne sont **pas** attribués au joint de rail éclissé.

Une fissuration horizontale dans l'âme des cordons de soudure [S-412 / S-422 / S-432] doit par exemple être recensée selon le chapitre Défauts de rail, section 2.2.11.


Une fissuration dans un trou d'éclissage doit être attribuée au défaut de rail S-135. Étant donné qu'il ne s'agit pas dans ce cas d'un dommage lié à l'interaction et que ce défaut est rare, ce document ne traite pas de ce dommage spécifique et renvoie à la norme SN EN 17397-1 [1].

Les sections suivantes abordent un certain nombre de dommages spécifiques.



2.5.1 Dommages à l'éclisse (fissuration et rupture) [code de défaut ST-110]

Caractéristique	Les dommages aux éclisses, tels que les fissurations et les ruptures, sont généralement dus à une surcharge mécanique, à la fatigue du matériau ou à un montage incorrect.	
Illustration [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Fissuration de l'éclisse isolante</i></p> 	
Localisation	- Souvent aux endroits soumis à d'importantes charges, notamment les appareils de voie, les zones de transition ou les courbes	
Confusions possibles	- Dommages aux composants voisins (par exemple, boulons ou rails eux-mêmes)	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Charge mécanique excessive (par exemple, repliure ou forces d'impact) - Défaut ou fatigue du matériau - Montage incorrect (par exemple, précontrainte trop élevée ou trop faible) - Vieillesse ou corrosion de l'éclisse 	
Méthode de détection	- Contrôle visuel des fissurations, des ruptures ou des déformations	
Recommandation	Mesure éventuelle	immédiate - Interdiction de la voie
	Mesure pour remédier au défaut	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement de l'éclisse endommagée - Contrôle et, le cas échéant, remplacement des éléments de liaison (par exemple, boulons) - Protection temporaire de la zone jusqu'à la remise en état complète

2.5.2 Dommages aux boulons [code de défaut ST-120]


Caractéristique	Les dommages aux boulons, notamment les fissurations, ruptures ou desserrages, sont souvent la conséquence de charges dynamiques, de la corrosion ou d'erreurs de montage. Ils compromettent la sécurité de la liaison entre l'éclisse et le rail et donc l'intégrité structurelle de l'éclisse électrique.	
Illustration [RhB]	<p><i>Boulon de l'éclisse du joint de rail manquant ou cassé</i></p> 	
Localisation	- Souvent aux endroits soumis à d'importantes charges, notamment les appareils de voie, les zones de transition ou les courbes	
Confusions possibles	- Dommages dus à la corrosion n'entraînant pas d'affaiblissement structurel - Dommages à l'éclisse ou à la couche intermédiaire isolante attribués à tort au boulon	
Cause possible	- Fatigue du matériau due à une charge dynamique - Corrosion due à l'humidité et au sel d'épandage - Vibrations et chocs en exploitation	
Méthode de détection	- Contrôle visuel des fissures, des déformations ou de la corrosion - Contrôle du couple de serrage	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	- Interdiction de la voie
	Mesure pour remédier au défaut	- Remplacement des boulons endommagés ou desserrés - Contrôle et, le cas échéant, remplacement de l'éclisse - Protection de la liaison jusqu'à la remise en état complète
	Mesure préventive	- Contrôle régulier du couple de serrage - Utilisation de boulons résistant à la corrosion - Utilisation d'éléments de fixation empêchant tout desserrage intempestif

2.5.3 Dommages à l'isolation du joint de rail éclissé isolé [code de défaut ST-130]

<p>Caractéristique</p>	<p>Les dommages au joint isolant (joint de rail éclissé isolé) se présentent sous différentes formes et affectent le fonctionnement et l'intégrité de la séparation électrique entre deux rails. Les dommages typiques sont les suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> - couches intermédiaires isolantes cassées ou usées; - repliure dans la zone du joint isolant; - joints isolants ouverts avec ouverture visible. <p>Ces dommages peuvent se produire individuellement ou de manière combinée et entraîner des défaillances électriques, mécaniques ou structurelles.</p>	
<p>Illustration</p>	<p><i>Repliure au niveau du joint isolant</i></p> 	<p><i>Couches intermédiaires isolantes cassées ou usées</i></p> 
<p>Localisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entre les extrémités des rails au niveau du joint isolant - Directement sous l'éclisse ou entre l'éclisse et le rail - Souvent aux endroits soumis à une charge par essieu élevée, présentant une mauvaise position de la voie ou soumis à des contraintes thermiques 	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pollution ou dépôts ressemblant à des dommages - Dommages à l'éclisse ou au boulon attribués à tort à la couche isolante - Signes de vieillissement sans altération fonctionnelle 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Surcharge mécanique (par exemple due à une repliure, à des forces d'impact, à des méplats) - Vieillissement du matériau isolant (fragilisation, délaminage) - Défaillance du collage au niveau des joints isolants collés - Dilatation linéaire thermique sans jeu suffisant - Pénétration d'humidité et gel - Montage incorrect ou collage insuffisant au niveau des joints isolants collés - Passage de véhicules présentant des méplats ou des charges de roue élevées sur le joint isolant 	
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel des fissures, des décollements, des déformations plastiques ou des ouvertures - Contrôle de l'effet d'isolation électrique 	
<p>Recommandation</p>	<p>Mesure immédiate éventuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement de la couche intermédiaire isolante - Élimination des repliures (par exemple, par meulage) - Contrôle et, si nécessaire, bourrage complémentaire de la position de la voie - Réajustage ou remplacement des joints isolants ouverts
	<p>Mesure pour remédier au défaut</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Renouvellement du joint isolant complet en cas d'altération structurelle - Utilisation de matériaux isolants de haute qualité et résistant aux intempéries - Contrôle régulier de la séparation électrique

		- Formation du personnel à la réalisation du montage et de l'inspection dans les règles de l'art
	Mesure préventive	- Optimisation de la position de la voie au niveau des joints isolants

2.5.4 Ouverture du joint de rail éclissé non isolé [code de défaut ST-140]

Caractéristique	Les écarts au niveau des ouvertures de joints (joints de rail éclissés non isolés), en particulier un espace excessif, peuvent entraîner des pics de contrainte locaux et des surcharges dynamiques qui favorisent la défaillance du matériau aux extrémités des rails. Les fissurations et les ébréchures sont des dommages typiques résultant de tels joints de rails non conformes. Ils indiquent un ajustement insuffisant de l'ouverture ou des variations de longueur dues à des facteurs thermiques et doivent être considérés comme des dommages au joint de rail et être réparés.																																																											
Illustration [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Ouverture du joint</i></p> 																																																											
Localisation	- Entre les extrémités des rails, se manifestant sous la forme d'un espace																																																											
Confusions possibles	- Joint isolant ouvert au joint de rail éclissé isolé																																																											
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Allongement ou raccourcissement thermique du rail - Montage incorrect avec ajustage insuffisant de l'ouverture - Fatigue du matériau ou tassements dans l'infrastructure - Déplacement de la position de la voie sous l'effet de charges dynamiques 																																																											
Méthode de détection R RTE 22541 [6]	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel et mesure des ouvertures de joint à l'aide d'une jauge d'épaisseur - Comparaison avec la valeur de consigne des ouvertures de joint selon le chiffre 21.2.3 du règlement R RTE 22541 <table border="1" data-bbox="448 1391 1225 1966"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Température du rail lors du montage [°C]</th> <th colspan="3">Longueur du rail [m]</th> </tr> <tr> <th>15</th> <th>24</th> <th>30 et plus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>+35</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>+30</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>+25</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>+20</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>+15</td><td>4</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>+10</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>+5</td><td>5</td><td>8</td><td>11 ^{a)}</td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td>10 ^{a)}</td><td>12 ^{a)}</td></tr> <tr><td>-5</td><td>7</td><td>11 ^{a)}</td><td>14 ^{a)}</td></tr> <tr><td>-10</td><td>8</td><td>13 ^{a)}</td><td>16 ^{a)}</td></tr> <tr><td>-15</td><td>9</td><td>14 ^{a)}</td><td>-</td></tr> <tr><td>-20</td><td>10 ^{a)}</td><td>15 ^{a)}</td><td>-</td></tr> <tr><td>-25</td><td>10 ^{a)}</td><td>16 ^{a)}</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> <p>a) Pour des voies définitivement éclissées, de telles ouvertures de joints sont défavorables ou demandent des mesures particulières <i>Ouvertures de pose selon la température de pose et la longueur du rail</i></p>	Température du rail lors du montage [°C]	Longueur du rail [m]			15	24	30 et plus	+35	0	0	0	+30	1	1	2	+25	2	3	4	+20	3	4	5	+15	4	6	7	+10	5	7	9	+5	5	8	11 ^{a)}	0	6	10 ^{a)}	12 ^{a)}	-5	7	11 ^{a)}	14 ^{a)}	-10	8	13 ^{a)}	16 ^{a)}	-15	9	14 ^{a)}	-	-20	10 ^{a)}	15 ^{a)}	-	-25	10 ^{a)}	16 ^{a)}	-
Température du rail lors du montage [°C]	Longueur du rail [m]																																																											
	15	24	30 et plus																																																									
+35	0	0	0																																																									
+30	1	1	2																																																									
+25	2	3	4																																																									
+20	3	4	5																																																									
+15	4	6	7																																																									
+10	5	7	9																																																									
+5	5	8	11 ^{a)}																																																									
0	6	10 ^{a)}	12 ^{a)}																																																									
-5	7	11 ^{a)}	14 ^{a)}																																																									
-10	8	13 ^{a)}	16 ^{a)}																																																									
-15	9	14 ^{a)}	-																																																									
-20	10 ^{a)}	15 ^{a)}	-																																																									
-25	10 ^{a)}	16 ^{a)}	-																																																									

Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Réajustage de l'ouverture de joint (par exemple en desserrant et en déplaçant le rail) - Remplacement des tronçons de rail concernés en cas d'ouverture excessive (joint de rail non conforme)
	Mesure pour remédier au défaut	<ul style="list-style-type: none"> - Protection temporaire en cas d'ouverture critique
	Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Une voie sans joints (VSJ) est préférable pour une infrastructure ferroviaire durable. Les conditions de construction et de planification définies doivent permettre un soudage de bout en bout.

2.5.5 Défauts généraux du joint de rail éclissé [code de défaut ST-199]

Les défauts généraux au niveau du joint de rail éclissé incluent des dommages qui ne peuvent pas être clairement classés, notamment le pontage involontaire d'un joint isolant par du lubrifiant ou des altérations indéfinies des éléments de liaison.

Cette section n'est pas définitive. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de répertorier les dommages généraux et les mesures à prendre en lien avec le joint de rail éclissé.

2.6 Voie ferrée – traverses et fixation des rails [code de défaut XX-xxx]

Les traverses et leurs éléments de fixation sont des éléments de construction essentiels de la superstructure de la voie. Ils assurent le maintien de l'écartement de la voie, répartissent les charges et influent directement et indirectement sur la qualité de la position de la voie. Les dommages à ces composants ont un impact direct sur la sécurité d'exploitation et la durée de vie de la voie ferrée. Le présent chapitre décrit les dommages typiques aux traverses, aux semelles, aux selles à nervures, aux fixations et aux plaques de guidage, en fonction du type de matériau et de la fonction, et fournit une base pour leur évaluation méthodique et leur maintenance.

Outre la détermination des dommages, les dommages aux traverses doivent également être attribués à un type de traverse. Il est proposé d'attribuer les dommages aux selles à nervures, aux fixations des rails et aux plaques de guidage aux traverses correspondantes.

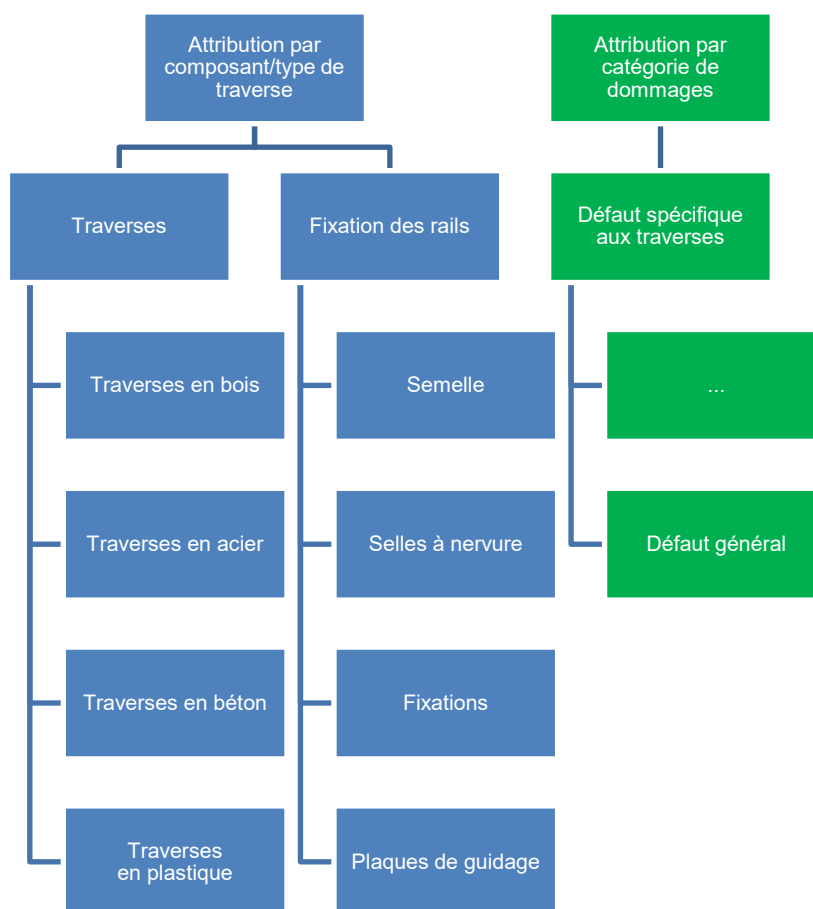






Figure 8: attribution des dommages à la voie ferrée – traverses et fixation des rails



2.6.1 Fissuration et rupture de la traverse [code de défaut SW-110]

Caractéristique	Les fissurations et les ruptures sont des dommages fréquents aux traverses des chemins de fer et sont souvent causées par la fatigue du matériau ou des charges mécaniques. Les ruptures sont des dommages plus graves, dans lesquels la traverse est intégralement ou partiellement sectionnée. Si plusieurs traverses sont touchées simultanément, ces dommages peuvent compromettre la stabilité et la sécurité du corps de la voie.	
Illustration [RhB]	<i>Fissuration longitudinale sur une traverse en béton</i> 	<i>Fissuration longitudinale sur une traverse en acier</i> 
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Au milieu de la traverse - Point de fixation - Autres 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Les fissurations des traverses peuvent être confondues avec des défauts de surface ou une fatigue du matériau. - Autres 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Usure - Fatigue du matériau - Défaut de fabrication - Importante usure ondulatoire à ondes courtes et importante usure ondulatoire à ondes longues 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle de l'écartement des rails recommandé 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	- Pose de barres d'écartement
	Mesure pour remédier au défaut	- Remplacement des traverses endommagées - Renouvellement de la superstructure
	Mesure préventive	- Utilisation de traverses plus résistantes

2.6.2 Corrosion des traverses en acier [code de défaut SW-120]

Caractéristique	Les traverses en acier peuvent être soumises à une forte corrosion, notamment à proximité des routes ou dans les tunnels, en raison du sel ou de l'écoulement d'eau, ce qui entraîne souvent des fissurations et des trous.	
Illustration [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Corrosion d'une traverse en acier</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Traverses en acier rouillées</i></p> 
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - En général, lorsque la route et la voie ferrée sont parallèles, la voie ferrée tournée vers la route est plus touchée. - Tunnels - Autres 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - La corrosion peut être confondue avec une pollution de surface ou des décolorations. 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Contamination par le sel d'épandage - Humidité et conditions météorologiques - Charges mécaniques 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle de l'écartement des rails recommandé 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Pose de barres d'écartement
	Mesure pour remédier au défaut	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des traverses endommagées - Renouvellement de la superstructure
	Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de traverses plus résistantes - Distance entre la route et la voie ferrée



2.6.3 Vieillessement/pourriture des traverses en bois [code de défaut SW-130]

Caractéristique	<p>La durée de vie des traverses en bois n'a cessé de diminuer ces dernières années, notamment parce que les traverses modernes sont souvent moins imprégnées. Cela entraîne de plus en plus souvent des dommages tels que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pourriture; - déformation des traverses en bois; - signes de vieillissement; - trou élargi dans la traverse avec jeu au niveau de la selle à nervures; - selle à nervures affaissée. <p>La plupart des dommages sont dus à l'âge. Les traverses en bois anciennes, en particulier, présentent souvent des fissurations prononcées, sont parfois très déformées, ce qui peut entraîner une réduction de l'écartement de la voie, et présentent des éléments de fixation desserrés ou qui ne tiennent plus efficacement.</p>	
Illustration [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Vieillessement/pourriture de traverses en bois</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Vieillessement/pourriture de traverses en bois</i></p> 
Localisation	- Néant	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - La pourriture peut être confondue avec de la moisissure en surface ou des décolorations. - La déformation peut être confondue avec des tassements dans l'infrastructure. - Les signes de vieillissement peuvent être confondus avec des dommages mécaniques. 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Pourriture: humidité, champignons - Déformation: charge excessive - Signes de vieillissement: utilisation prolongée, conditions météorologiques 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Évaluation de la résistance des traverses par enfouissement mécanique à l'aide d'un outil pointu 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des traverses concernées - Renforcement des traverses au moyen de fixations supplémentaires - Assainissement des trous des traverses / assainissement des trous de vis - Déplacement des plaques/selles à nervures
	Mesure pour remédier au défaut	- Renouvellement de la superstructure
	Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de traverses en bois pour une utilisation durable est déconseillée. - Amélioration de l'évacuation des eaux afin de prévenir l'humidité

2.6.4 Défaut général des traverses ou de la fixation des rails [code de défaut SW-199]

Caractéristique	<p>Outre les dommages typiques, d'autres dommages peuvent apparaître de manière isolée sur les traverses. Ils sont présentés ci-après à titre d'exemple, cette liste n'étant pas exhaustive.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dommages causés par le gel - Effritements et bords arrondis (en particulier sur les traverses en béton) - Corrosion de l'armature (traverses en béton) - Fatigue du matériau (traverses en acier) - Usure de la semelle de traverse (traverses en béton) - Tolérance de faux-équerre – traverses décalées - Bêche de traverse desserrée - Anticheminant 	
Illustration	<p><i>Aucune illustration n'est actuellement disponible. Cette section pourra être complétée ultérieurement si nécessaire.</i></p>	<p><i>Aucune illustration n'est actuellement disponible. Cette section pourra être complétée ultérieurement si nécessaire.</i></p>
Localisation	- Néant	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Dommages causés par le gel: gel et dégel de l'eau contenue dans le matériau - Effritements et bords arrondis: charges mécaniques et conditions météorologiques, travaux de bourrage, dommages causés par la construction - Corrosion de l'armature: pénétration d'humidité et d'oxygène dans le béton - Fatigue du matériau: charges mécaniques répétées - Usure de la semelle de traverse: charges constantes et mouvements des traverses, qualité de fabrication - Tolérance de faux-équerre – traverses décalées: charges irrégulières ou tassements irréguliers dans l'infrastructure - Bêche de traverse desserrée: fixation insuffisante, fortes vibrations 	
Méthode de détection	- Inspection visuelle	
Recommandation	Mesure éventuelle immédiate	- Néant
	Mesure pour remédier au défaut	- Néant
	Mesure préventive	- Néant


2.6.5 Dommages spécifiques aux semelles [code de défaut ZW-110]

Caractéristique	<p>Les dommages aux semelles sont de plus en plus fréquents ces dernières années, notamment sur les voies soumises à des charges élevées.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fatigue du matériau / semelle défectueuse: la semelle est tellement endommagée par le vieillissement, l'abrasion ou la dégradation qu'elle ne remplit plus sa fonction. Dans les cas extrêmes, le rail repose directement sur la traverse, ce qui peut entraîner une usure accrue et des dommages structurels. - Semelle décalée: la semelle ne se trouve plus dans la position prévue, ce qui peut entraîner une répartition inégale de la charge et une instabilité. - Modification de l'inclinaison de pose des rails, principalement dans les courbes serrées: au sein des chemins de fer à voie métrique, les rails des files hautes en courbe peuvent se redresser (basculer) pendant l'exploitation, ce qui modifie considérablement l'inclinaison de pose des rails. Cela peut entraîner un surécartement irréversible et nuire à la stabilité dynamique. Malgré ces modifications, la table de roulement présente encore souvent une inclinaison d'environ 1:20, ce qui est dû à l'adaptation à l'usure. Selon l'état actuel des connaissances, l'appui de rail entier est impliqué dans ce phénomène. Ce sujet est actuellement à l'étude dans le cadre de la tâche systémique. 	
Illustration [RhB]	<i>Semelle décalée</i> 	<i>Semelle usée</i> 
Localisation	Particulièrement fréquent aux endroits présentant: <ul style="list-style-type: none"> - une charge dynamique élevée (par exemple, zones de freinage et d'accélération); - des courbes serrées; - une fixation insuffisante ou desserrée. 	
Confusions possibles	<ul style="list-style-type: none"> - Éléments de fixation desserrés ou endommagés (par exemple, crampons élastiques) - Tassements dans le corps de la voie pouvant entraîner des signes similaires à ceux d'une semelle déplacée ou manquante - Confusion avec l'usure des selles à nervures 	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Fatigue du matériau due au vieillissement, aux conditions météorologiques ou à des actions chimiques - Usure due à des sollicitations dynamiques élevées (par exemple, passages fréquents de trains) - Erreur de montage lors de la fixation des rails (par exemple, mauvais positionnement ou précontrainte insuffisante) 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Indirectement via la mesure des paramètres de position de la voie 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement de la semelle défectueuse ou déplacée - Correction de la position par un réajustage de la fixation - Réduction temporaire de la vitesse si une remise en état immédiate n'est pas possible
	Mesure pour remédier au défaut	<ul style="list-style-type: none"> - Inspections régulières des endroits critiques soumis à des charges/sollicitations accrues
	Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Dans les courbes serrées soumises à des charges élevées: utilisation de semelles au moins moyennement rigides (≥ 200 kN/mm), conformément aux connaissances actuelles - Utilisation de composants suffisamment dimensionnés

2.6.6 Dommages spécifiques aux selles à nervures [code de défaut RP-110]

<p>Caractéristique</p>	<p>Les selles à nervures sont soumises à une usure mécanique et à une fatigue du matériau, en particulier sur les tronçons de voie soumis à des charges élevées ou en cas de fixation non conforme des rails. Les dommages typiques incluent les dommages suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> - selle à nervures défectueuse: fissurations, ruptures ou effritements au niveau de la nervure ou dans le corps de base de la selle à nervures; - enfoncement du patin du rail dans la selle à nervures: sous l'effet de charges dynamiques répétées, le patin du rail peut s'enfoncer dans la surface de la selle à nervures. Cela entraîne: <ul style="list-style-type: none"> o une augmentation de l'écartement de la voie; o une fixation des rails instable; o une transmission irrégulière des forces. 	
<p>Illustration</p> <p>[RhB]</p>	<p style="text-align: center;"><i>Usure de selles à nervures Aek</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Usure de selles à nervures Ke</i></p> 
<p>Localisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sont particulièrement concernés: <ul style="list-style-type: none"> o les tronçons soumis à des charges élevées; o les courbes serrées. 	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Semelle défectueuse ou décalée - Dommages à la traverse (par exemple, fissurations, effritements) - Éléments de fixation desserrés ou endommagés (par exemple, crampons élastiques) - Tassements dans le corps de la voie pouvant entraîner des signes similaires - Les selles à nervures affaissées dans des traverses en bois et le déplacement/jeu des selles à nervures sont dus au vieillissement/à la pourriture des traverses en bois. 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fatigue du matériau due à une charge dynamique répétée - Précontrainte insuffisante des éléments de fixation - Corrosion due à l'humidité, au sel d'épandage ou à des actions chimiques - Semelle manquante ou non appropriée - Charges par essieu élevées ou forces de freinage importantes 	
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle lors des rondes de surveillance des voies - Indirectement via la mesure des paramètres de position de la voie 	
<p>Recommandation</p>	<p>Mesure immédiate éventuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement de la selle à nervures endommagée - Renouvellement de la semelle si elle est concernée
	<p>Mesure pour remédier au défaut</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resserrage ou remplacement des éléments de fixation
	<p>Mesure préventive</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de selles à nervures résistant à l'usure avec une dureté de surface appropriée - Utilisation de semelles appropriées pour empêcher l'enfoncement du patin du rail - Utilisation de composants suffisamment dimensionnés - Inspections régulières des endroits critiques soumis à une charge élevée

2.6.7 Dommages spécifiques aux fixations [code de défaut BF-110]

Caractéristique	<p>Les dommages aux éléments de fixation surviennent souvent à la suite de charges dynamiques, de la fatigue du matériau ou de la corrosion.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Boulonnage des traverses défectueux: par exemple, arraché, déformé ou filetage endommagé - Boulonnage des traverses desserré: précontrainte insuffisante ou desserrage complet - Boulonnage de fixation défectueux: vis, écrous ou filetages endommagés - Boulonnage de fixation desserré: force de serrage insuffisante - Rondelles ou rondelles élastiques défectueuses: cassées, déformées ou corrodées - Crampon élastique défectueux: fissurations, fatigue du matériau ou perte de force de serrage - Plaque de serrage défectueuse: fissurations, ruptures ou déformation plastique - Rondelles élastiques défectueuses - Autres défauts de petits fers 		
Illustration [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Crampon élastique défectueux</i></p> 		
Localisation	- Néant		
Confusions possibles	Dommages aux: <ul style="list-style-type: none"> - selles à nervures; - semelles; - plaques de guidage; - traverses. 		
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Fatigue du matériau due à une charge dynamique répétée - Entretien insuffisant ou inexistant (par exemple, vis non resserrées) - Corrosion due à l'humidité, au sel d'épandage ou à des actions chimiques - Erreur de montage (par exemple, couple de serrage incorrect) 		
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Contrôle du couple pour vérifier la précontrainte - Test de frappe ou de vibration pour détecter les éléments de construction desserrés 		
Recommandation	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;">Mesure immédiate éventuelle</td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des vis, plaques, pièces de calage ou crampons défectueux - Resserrage des boulonnages desserrés par application d'un couple défini </td> </tr> </table>	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des vis, plaques, pièces de calage ou crampons défectueux - Resserrage des boulonnages desserrés par application d'un couple défini
	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement des vis, plaques, pièces de calage ou crampons défectueux - Resserrage des boulonnages desserrés par application d'un couple défini 	
	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;">Mesure pour remédier au défaut</td> <td style="vertical-align: top;">-</td> </tr> </table>	Mesure pour remédier au défaut	-
Mesure pour remédier au défaut	-		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;">Mesure préventive</td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> - Inspections régulières et resserrage des fixations selon le plan d'entretien - Utilisation de matériaux de haute qualité et résistant à la corrosion - Utilisation de composants suffisamment dimensionnés - Formation du personnel d'entretien à la détection précoce et à la réparation dans les règles de l'art - Analyse des dommages récurrents afin d'identifier les points faibles systématiques </td> </tr> </table>	Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Inspections régulières et resserrage des fixations selon le plan d'entretien - Utilisation de matériaux de haute qualité et résistant à la corrosion - Utilisation de composants suffisamment dimensionnés - Formation du personnel d'entretien à la détection précoce et à la réparation dans les règles de l'art - Analyse des dommages récurrents afin d'identifier les points faibles systématiques 	
Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Inspections régulières et resserrage des fixations selon le plan d'entretien - Utilisation de matériaux de haute qualité et résistant à la corrosion - Utilisation de composants suffisamment dimensionnés - Formation du personnel d'entretien à la détection précoce et à la réparation dans les règles de l'art - Analyse des dommages récurrents afin d'identifier les points faibles systématiques 		

2.6.8 Dommages spécifiques aux plaques de guidage [code de défaut WFP-110]

Caractéristique	Les plaques de guidage sont responsables du guidage latéral du rail et sont soumises à des forces transversales élevées, en particulier dans les courbes serrées et au niveau des appareils de voie. Les dommages tels que les fissurations, les ruptures, les déformations plastiques ou l'usure excessive peuvent nuire au maintien de l'écartement de la voie.	
Illustration [RhB]	<i>Plaque de guidage endommagée</i> 	<i>Plaque de guidage fissurée</i> 
Localisation	- En particulier dans les courbes ou au niveau des appareils de voie	
Confusions possibles	- Dommages au crampon élastique ou à la plaque de serrage - Éléments de fixation desserrés pouvant entraîner des changements de position similaires	
Cause possible	- Fatigue du matériau due à des forces transversales élevées (par exemple, dans les courbes serrées ou à grande vitesse) - Corrosion due à l'humidité ou à des actions chimiques - Erreur de montage ou fixation insuffisante	
Méthode de détection	- Inspection visuelle des fissures, des déformations ou des pièces manquantes - Mesure de la position de la voie, en particulier: o en raison de l'influence indirecte sur l'écartement de la voie/le maintien de l'écartement de la voie	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	- Remplacement de la plaque de guidage défectueuse - Resserrage ou renouvellement des éléments de fixation
	Mesure pour remédier au défaut	-
	Mesure préventive	- Inspections régulières, en particulier au niveau des appareils de voie et dans les courbes serrées - Utilisation de matériaux robustes et résistant à la corrosion - Utilisation de composants suffisamment dimensionnés - Formation du personnel d'entretien à la détection précoce et à la réparation dans les règles de l'art - Analyse des dommages récurrents afin d'identifier les points faibles systématiques

2.7 Voie ferrée – pont avec une superstructure sans ballast [code de défaut SLO-xxx]

La présente section traite des dommages et des défauts liés à la voie ferrée sur des ponts avec une superstructure sans ballast. Comme cela a déjà été mentionné dans l'introduction générale du catalogue des dommages, ce point n'entre pas dans le domaine spécialisé couvert par la maîtrise de système Interaction (SFI). Il y est stipulé que les dommages ne relevant pas du champ d'application du projet, par exemple sur les voies sur dalle, les ouvrages d'art, les passages à niveau, les crémaillères, les entrées à crémaillère ou les installations de sécurité, ne sont pas pris en compte.

Les superstructures sans ballast sur les ponts sont des constructions de voies ferrées dans lesquelles les rails sont fixés directement sur des dalles porteuses, des nervures en béton ou d'autres éléments fixes, sans couche intermédiaire de ballast.

Malgré cette délimitation, la fixation de la voie sans ballast sur les ponts a été intégrée à ce chapitre à la demande des utilisateurs, car elle revêt une grande importance dans la pratique. Les types de défauts ne sont toutefois pas décrits en détail, mais simplement présentés sous forme d'aperçu.

Une structure est prévue à la fin du document afin de permettre des ajouts spécifiques aux chemins de fer à l'instar de cette section et d'encourager le développement du catalogue.

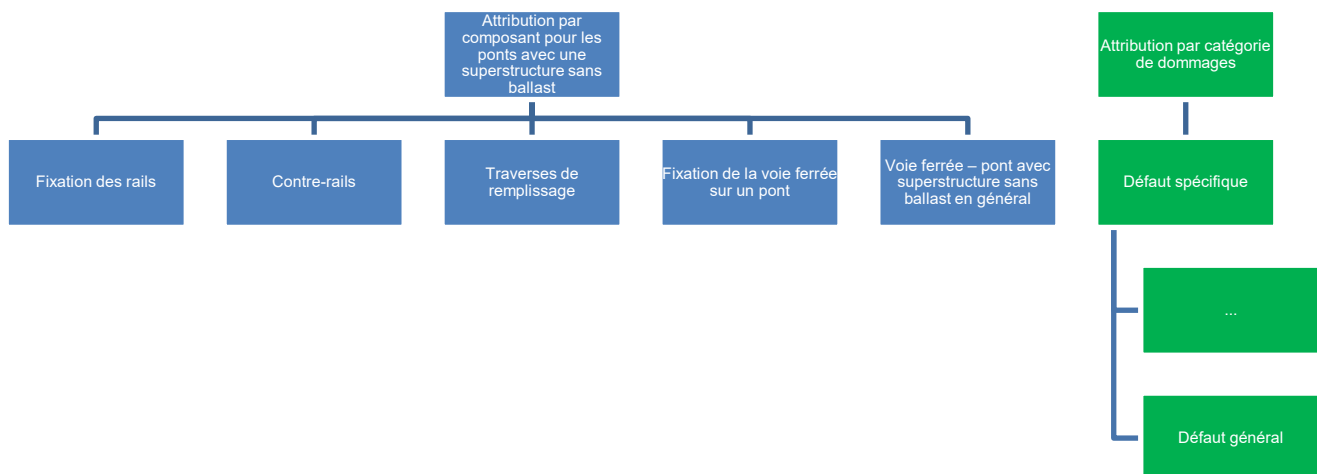


Figure 9: attribution des dommages à la voie ferrée – pont avec superstructure sans ballast

2.7.1 Dommages à la fixation des rails [code de défaut SLO-110]

Cette section n'est actuellement pas développée.

2.7.2 Dommages aux contre-rails [code de défaut SLO-120]

Cette section n'est actuellement pas développée.

2.7.3 Dommages aux traverses de remplissage [code de défaut SLO-130]

Cette section n'est actuellement pas développée.

2.7.4 Dommages à la fixation de la voie ferrée sur un pont [code de défaut SLO-140]

Cette section n'est actuellement pas développée.

2.7.5 Défaut général de la voie ferrée avec des ponts avec superstructure sans ballast [code de défaut SLO-199]

Cette section n'est actuellement pas développée.

2.8 Voie ferrée – lit de ballast [code de défaut SB-xxx]

Le lit de ballast se trouve au-dessus de la couche de base. Maintenant les traverses, il est déterminant pour la portance, l'évacuation des eaux et la qualité de la position de la voie. Les dommages tels que les remontées de boue, la fatigue du ballast ou les écarts de profil nuisent à la fonctionnalité et nécessitent des mesures ciblées pour le rétablissement de la stabilité et de l'évacuation des eaux.

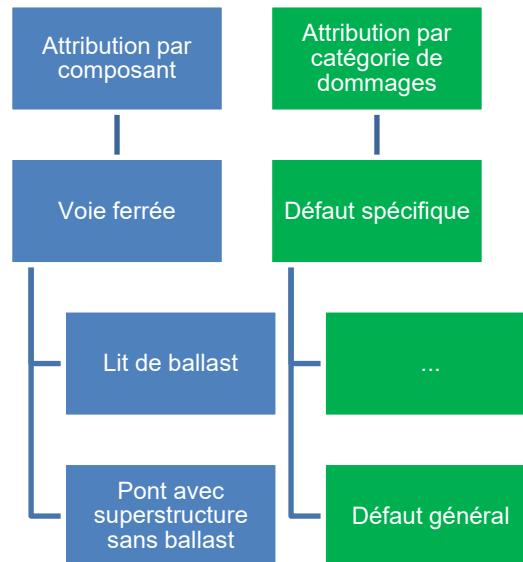





Figure 10: attribution des dommages à la voie ferrée – lit de ballast

2.8.1 Remontées de boue (mud pumping) [code de défaut SB-110]


Caractéristique	Lors de remontées de boue (mud pumping, remontées argileuses), des particules fines telles que la boue ou l'argile sont pompées vers le haut, dans le ballast, sous l'effet des charges dynamiques exercées par le trafic ferroviaire. Ce phénomène se produit souvent dans les zones mal drainées, où l'accumulation d'eau favorise la mobilisation de ces particules fines. Cela peut nuire à la stabilité et à la fonctionnalité de la superstructure de la voie.	
Illustration [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Remontées de boue (mud pumping) dues à une usure ondulatoire à ondes longues</i></p> 	
Localisation	Particulièrement fréquent aux endroits présentant : <ul style="list-style-type: none"> - une usure ondulatoire à ondes longues; - des zones de transition, des ponts ou des dépressions; - une infrastructure de mauvaise qualité ou insuffisante. 	
Confusions possibles	Érosion: l'érosion causée par l'eau peut produire des effets visuels similaires à ceux du mud pumping.	
Cause possible	<p>Les remontées de boue sont causées par les affaissements cycliques du châssis de voie lors du passage des trains. Les matériaux à grains fins sont pompés à travers le ballast jusqu'à ce qu'ils remontent à la surface à un endroit donné. Dans le lit de ballast, l' pollution du ballast n'est généralement visible que sur une courte longueur, ce qui ne représente souvent que la partie émergée de l'iceberg. L'irrégularité du lit de ballast peut toutefois s'étendre sur une grande distance.</p> <p>La boue entraîne une réduction de la capacité portante du lit de ballast, ce qui provoque des instabilités et des défauts de la position de la voie. Le bourrage n'a qu'un effet à court terme dans cette zone, il peut même entraîner un ameublissement des matières fines et donc une réduction supplémentaire de la portance.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence d'infrastructure et mauvaise évacuation des eaux - Terrain naturel souvent à grains fins, peu perméable et peu portant, niveau des eaux souterraines parfois élevé - Discontinuités de rigidité avant ou après des points fixes - Deux à trois ans après le renouvellement de la superstructure, où des traverses en béton ont été posées pour la première fois 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle: contrôle de la surface de la voie afin de détecter des remontées de boues visibles - Études géotechniques: analyse de la nature du sol et de sa teneur en humidité - Essais de plaque dynamiques - Mesures d'affaissement (système InfraMT) 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - L'unique solution efficace consiste à réaliser un renouvellement complet de la voie ferrée, y compris l'infrastructure, avec une couche filtrante sur toute la longueur de la remontée de boue et à mettre en place un système d'évacuation des eaux efficace.

	Mesure pour remédier au défaut	-
	Mesure préventive	- Amélioration de l'évacuation des eaux - Utilisation de géotextiles


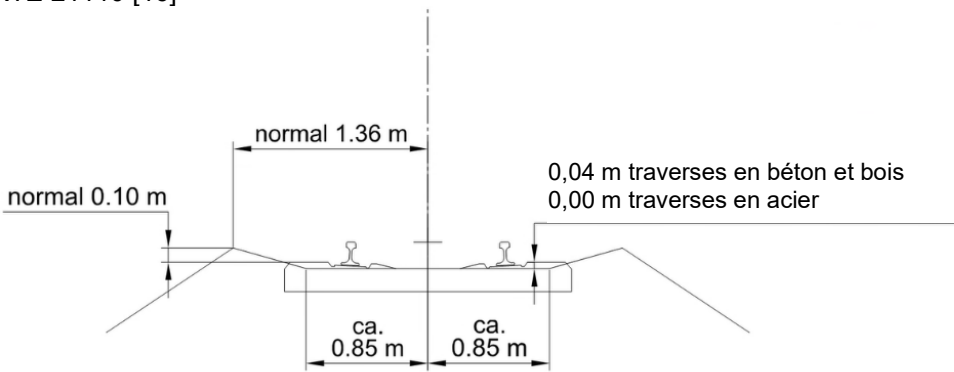
2.8.2 Usure/fatigue du ballast [code de défaut SB-120]

<p>Caractéristique</p>	<p>L'usure du ballast se produit davantage sur les tronçons de voie soumis à des charges élevées et se manifeste sous la forme de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ballast usé; - ballast usé par abrasion; - grains ronds; - zones blanches. <p>Le ballast usé est généralement reconnaissable à la présence de zones blanches dans le lit de ballast. Les causes peuvent être diverses. L'une d'entre elles peut être une épaisseur de ballast insuffisante sur des terrains naturels rigides comme les ponts (typiquement: 0 à 15 cm du bord inférieur de la traverse), mais une usure ondulatoire à ondes longues prononcée peut également entraîner la destruction du ballast. D'autres causes sont les joints de rails usés qui provoquent des chocs importants sur le ballast.</p>	
<p>Illustration</p> <p>À gauche: [AB] À droite: [RhB]</p>	<p><i>Ballast blanc usé dû à une usure ondulatoire à ondes longues</i></p> 	<p><i>Ballast blanc usé dû à une usure ondulatoire à ondes longues</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>Particulièrement fréquent aux endroits présentant:</p> <ul style="list-style-type: none"> - une usure ondulatoire à ondes longues; - des joints de rail. 	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Érosion: l'érosion causée par l'eau peut également entraîner un arrondi des grains. 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Épaisseur insuffisante du ballast sur des terrains naturels rigides - Défauts ondulatoires tels que l'usure ondulatoire à ondes longues et joints de rails - Charge mécanique: mouvement et pression constants dus au trafic ferroviaire - Conditions météorologiques: l'eau et le gel peuvent endommager les grains de ballast - Absence d'évacuation des eaux: entraîne un assouplissement et une usure du ballast 	
<p>Méthode de détection</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - «Analyse granulométrique» - Essai Los Angeles: détermination de la résistance à la fragmentation - Essais au pénétromètre: détermination qualitative de la compacité et de la résistance 	
<p>Recommandation</p>	<p>Mesure immédiate éventuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux de bourrage : restauration de la position de la voie par compactage - Nettoyage du lit de ballast : élimination des particules fines et de la pollution
	<p>Mesure pour remédier au défaut</p>	
	<p>Mesure préventive</p>	<p>Utilisation de matériaux de haute qualité et préservant le ballast (par exemple, semelles de traverses rigides et plastiques)</p>

2.8.3 Pollution du lit de ballast [code de défaut SB-130]

Caractéristique	Le lit de ballast peut être encrassé lorsque des particules fines telles que de la boue, du sable ou des matières organiques s'y introduisent sous l'effet des charges d'exploitation, des influences environnementales ou d'autres facteurs. La pollution nuit au bon fonctionnement du lit de ballast en réduisant sa perméabilité à l'eau, en altérant son élasticité ou en diminuant la résistance au cisaillement et la portance du matériau.	
Illustration [RhB]	<i>Pollution du lit de ballast</i> 	
Localisation	- Néant	
Confusions possibles	- Remontées de boue (mud pumping)	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Charge d'exploitation: éclats des grains de ballast dus au trafic ferroviaire - Influences environnementales: érosion éolienne et perte de chargement - Érosion 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Analyse granulométrique: détermination de la proportion de grains fins dans le lit de ballast - Inspection visuelle: vérification de la surface de la voie afin de détecter une pollution visible 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage du lit de ballast: élimination des particules fines et de l' pollution - Travaux de bourrage: restauration de la position de la voie par compactage
	Mesure pour remédier au défaut	- Renouvellement complet de la voie ferrée, y compris l'infrastructure
	Mesure préventive	-

2.8.4 Epaulement de ballastage [code de défaut SB-140]

<p>Caractéristique</p>	<p>L'épaulement de ballastage (épaulement normal) décrit la forme et la position du lit de ballast qui soutient les traverses et les rails d'un tronçon ferroviaire. Un épaulement de ballastage correct assure la stabilité et l'évacuation des eaux nécessaires pour maintenir la position de la voie et répartir uniformément les charges dues au trafic ferroviaire.</p> <p>Les écarts suivants doivent être évités:</p> <ul style="list-style-type: none"> - quantité insuffisante ou excessive de ballast; - épaulement de ballastage instable; - hauteur et inclinaison du couronnement de ballast; - quantité excessive de ballast.
<p>Illustration</p> <p>[RhB]</p>	<p style="text-align: center;"><i>Epaulement de ballastage insuffisant</i></p> 
<p>Localisation</p>	<p>- Néant</p>
<p>Confusions possibles</p>	<p>- Érosion: l'érosion causée par l'eau peut produire des effets visuels similaires à ceux d'un épaulement de ballastage insuffisant.</p>
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise répartition ou quantité insuffisante de ballast - Compactage insuffisant ou manque d'entretien - Réalisation incorrecte du couronnement de ballast du épaulement de ballastage - Quantité excessive de ballast mal répartie
<p>Méthode de détection</p> <p>R RTE 21110 [16]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle - Comparaison avec les exigences énoncées dans l'annexe A7 du règlement R RTE 21110 [16] <div style="text-align: center;">  </div> <p>Abbildung A7-4</p> <p style="text-align: center;"><i>[Extrait du règlement R RTE 21110]</i></p> <p>L'épaulement du ballast doit être réalisé avec une inclinaison de 2:3. Contrairement à une situation avec un angle de quai ou une auge ballastée sur un pont, le ballast migre horizontalement lorsqu'il repose librement.</p>

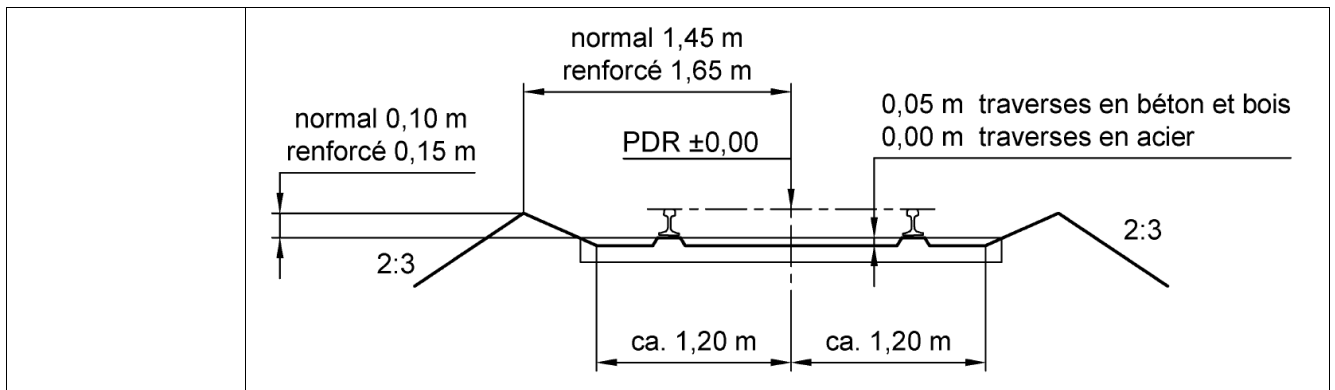


Figure A7-7: Profil du lit de ballast abaissé (voie normale).

Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Reprofilage du lit de ballast: répartition et compactage corrects du ballast afin de rétablir le épaulement requis - Nivellement en cas d'excès de ballast - Travaux de bourrage: restauration de la position de la voie par compactage
	Mesure pour remédier au défaut	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures constructives pour empêcher l'écoulement du ballast
	Mesure préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Garantie d'un épaulement de ballastage idéal lors d'une construction nouvelle et lors de la maintenance

2.8.5 Défaut général du lit de ballast de la voie ferrée [code de défaut SB-199]

Cette section n'est actuellement pas développée. Si nécessaire, elle pourra être complétée ultérieurement afin de recenser et de traiter de manière méthodique les dommages pertinents.

2.9 Voie ferrée – infrastructure [code de défaut UB-xxx]

L'infrastructure, à savoir la zone entre la couche de base et la plate-forme, assure la transmission des charges vers le sol de fondation et constitue la base d'une superstructure durablement portante. Une évacuation des eaux défaillante, des tassements ou des couches filtrantes insuffisantes entraînent des problèmes structurels qui ne se révèlent souvent qu'après un certain temps.

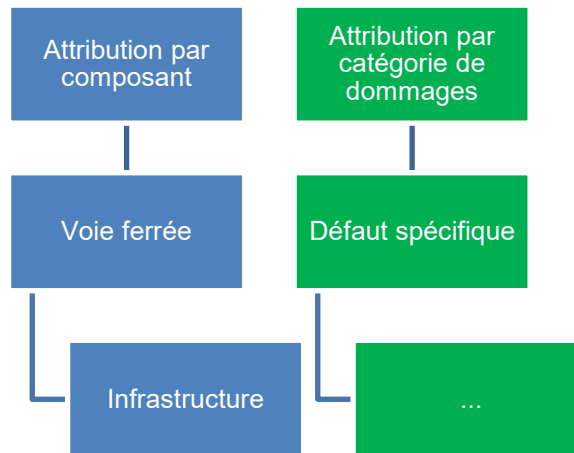



Figure 11: attribution des dommages à la voie ferrée – infrastructure

2.9.1 Évacuation des eaux (voie ferrée – infrastructure) [code de défaut UB-110]

Caractéristique	<p>Une évacuation des eaux insuffisante au niveau de la voie ferrée et de l'infrastructure peut nuire considérablement à la stabilité et à la sécurité à long terme de l'installation de voies. Les caractéristiques suivantes décrivent les dommages typiques et leurs conséquences.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problèmes de stabilité: les accumulations d'eau peuvent nuire à la stabilité du lit de ballast, ce qui peut entraîner des déjettements de voie et une mauvaise position de la voie. - Érosion: un excès d'eau peut éroder et emporter les pierres de ballast, réduisant ainsi la portance du corps de la voie. - Dommages causés par le gel: dans les régions froides, l'eau stagnante peut geler et endommager le corps de la voie, ce qui entraîne des réparations coûteuses. - Croissance de la végétation: l'humidité favorise la croissance des plantes dans le corps de la voie, ce qui augmente les coûts d'entretien et peut nuire à la sécurité sur et aux abords des voies. 	
Illustration [RhB]	<i>Accumulation d'eau</i> 	
Localisation	- Superstructure de la voie	
Confusions possibles	- Néant	
Cause possible	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise évacuation des eaux: entraîne une accumulation d'eau et la mobilisation de particules fines - Évacuation insuffisante des eaux 	
Méthode de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle: contrôle de la surface de la voie afin de détecter toute accumulation d'eau visible et toute croissance de la végétation - Études géotechniques: analyse de la nature du sol et de sa teneur en humidité 	
Recommandation	Mesure immédiate éventuelle	- Nettoyage du corps de la voie: élimination de la boue et des particules fines
	Mesure pour remédier au défaut	- Amélioration de l'évacuation des eaux: installation de systèmes de drainage afin de prévenir l'accumulation d'eau
	Mesure préventive	- Renouvellement de la voie ferrée avec une évacuation des eaux fonctionnelle

2.9.1 Défaut général de la voie ferrée – infrastructure [code de défaut UB-199]

Cette section n'est actuellement pas développée. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de répertorier les dommages généraux et les mesures à prendre en lien avec l'infrastructure de la voie ferrée.

2.10 Voie ferrée – banquette [code de défaut BK-xxx]

La banquette assure la fonction de délimitation latérale de la voie ferrée et favorise l'évacuation des eaux ainsi que la stabilité du corps de la voie. Des dommages tels que des affaissements, des affouillements ou une largeur insuffisante peuvent nuire considérablement à son fonctionnement et nécessitent une maintenance ciblée, en particulier sur les tronçons sensibles.

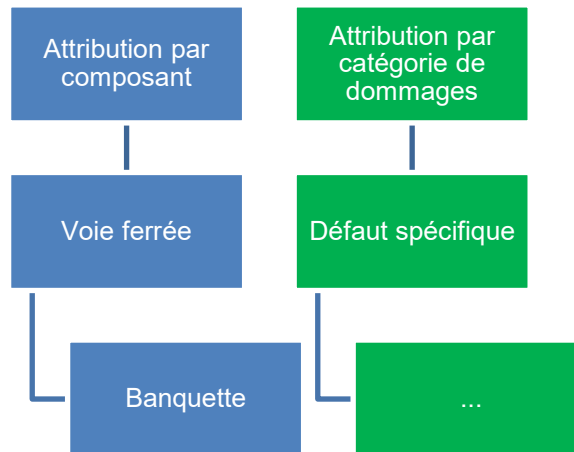




Figure 12: attribution des dommages à la voie ferrée – banquette

2.10.1 Banquette [voie ferrée – banquette] [code de défaut BK-110]

<p>Caractéristique</p>	<p>La banquette forme la limite latérale de la voie ferrée, et l'épaulement du talus dans le cas de remblais. Le profil de banquette décrit la forme et la position de la banquette qui longe la voie ferrée et contribue à la stabilité et à l'évacuation des eaux. Les défauts du profil de banquette peuvent causer différents problèmes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - affaissement de la banquette: la banquette s'affaisse et perd sa stabilité; - affaissement du talus: le talus s'affaisse et compromet la stabilité de la banquette; - largeur de banquette insuffisante: la banquette est trop étroite et n'offre pas un soutien suffisant; - banquette endommagée par affouillement: l'eau affouille la banquette et affaiblit sa structure. 	
<p>Illustration</p> <p>[RhB]</p>	<p style="text-align: center;"><i>Largeur de banquette insuffisante</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Banquette endommagée par affouillement</i></p> 
<p>Localisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - À côté de la voie ferrée 	
<p>Confusions possibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Érosion: l'érosion causée par l'eau peut produire des effets visuels similaires à ceux d'un affaissement de la banquette ou d'une banquette endommagée par affouillement. 	
<p>Cause possible</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise évacuation des eaux: entraîne une accumulation d'eau et un affouillement - Charges dynamiques: les charges répétées dues à la circulation peuvent affaiblir la banquette - Manque d'entretien: entretien et maintenance insuffisants de la banquette 	
<p>Méthode de détection</p> <p>R RTE 21110 [16]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection visuelle: contrôle de la banquette afin d'identifier des signes visibles d'affaissement et d'érosion - Études géotechniques: analyse de la nature du sol et de l'intégrité structurelle <p>Les exigences relatives à la conception et à la géométrie de la banquette sont décrites en détail au chiffre 4.8 du règlement R RTE 21110 «Infrastructure et ballast». Il traite à la fois des aspects fonctionnels tels que la praticabilité et l'utilisation comme voie d'évacuation, ainsi que des spécifications géométriques et des exigences écologiques.</p>	
<p>Recommandation</p>	<p>Mesure immédiate éventuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reprofilage de la banquette: répartition et compactage corrects du matériau afin de rétablir le profil souhaité - Dans le cas de banquettes présentant un risque de glissement, éventuellement en combinaison avec le caniveau à câbles, la pose d'éléments d'appui latéraux ou de systèmes de stabilisation de banquette peut être nécessaire afin d'empêcher tout glissement supplémentaire et de garantir l'intégrité durable de l'infrastructure de câbles.
	<p>Mesure pour remédier au défaut</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de l'évacuation des eaux: installation de systèmes de drainage afin de prévenir l'accumulation d'eau
	<p>Mesure préventive</p>	

2.10.2 Défaut général de la banquette [voie ferrée – banquette] [code de défaut BK-199]

Cette section n'est actuellement pas développée. Elle pourra être complétée ultérieurement si nécessaire, afin de répertorier les dommages généraux et les mesures à prendre en lien avec la banquette de la voie ferrée.

3 Catalogue des dommages spécifiques aux chemins de fer

Cette section n'a délibérément pas été développée, car la définition de dommages spécifiques aux chemins de fer ne fait pas partie du périmètre du projet «Maîtrise de système Interaction». Les compléments spécifiques aux chemins de fer, tels que les dommages particuliers à certains chemins de fer ou les particularités spécifiques à l'exploitation, doivent être développés et financés par les chemins de fer concernés eux-mêmes.

4 Conclusions et recommandations

4.1 Conclusions

Le présent catalogue des dommages offre, pour la première fois, une base structurée de manière méthodique et par composants pour le recensement et l'évaluation des dommages à la voie ferrée des chemins de fer à voie métrique. Les principales conclusions peuvent être résumées comme suit:

- le codage des défauts par composants et par catégories de dommages permet une attribution claire et facilite l'intégration dans les systèmes numériques de gestion des installations;
- la mention des causes, des conséquences et des mesures crée une base solide pour l'élaboration de stratégies de maintenance;
- la délimitation avec les dommages non pertinents pour l'interaction (en dehors de la SFI) (par exemple, ouvrages d'art, installations de sécurité) améliore la clarté et permet de se concentrer sur les aspects pertinents pour la technique de la voie ferrée;
- l'intégration d'illustrations, de références normatives et de recommandations favorise la compréhension et facilite l'application par les spécialistes.

4.2 Recommandations

- Le catalogue des dommages doit être régulièrement mis à jour, notamment grâce aux retours d'expérience pratiques et aux nouvelles connaissances issues de projets de recherche.
- La formation des utilisateurs (par exemple, inspecteurs des voies, spécialistes de la voie ferrée) est essentielle pour garantir une application cohérente.
- L'intégration dans des systèmes de gestion des installations doit être encouragée en priorité afin de permettre une évaluation numérique et comparable de l'état de la voie ferrée.
- Concernant les sections non développées (par exemple, défauts généraux, appareils de dilatation), il est recommandé que la maîtrise de système ou les centres Voie métrique les complètent si nécessaire.
- Les valeurs limites et les seuils pour la voie métrique doivent être spécifiés et harmonisés dans le cadre de la maîtrise de système.

5 Perspectives

Le catalogue des dommages offre une base centrale pour la gestion future de l'infrastructure des chemins de fer à voie métrique. Les perspectives suivantes se dessinent pour la suite du développement:

- extensions spécifiques aux chemins de fer: il convient d'exploiter activement la possibilité de compléter le catalogue avec des dommages individuels propres à chaque chemin de fer;
- approfondissement des points en suspens: des recherches supplémentaires sont encore nécessaires pour certains dommages (par exemple, squats, déformation des semelles, influence du graissage). Des études complémentaires sont nécessaires afin de définir les causes, les valeurs limites et les mesures appropriées;
- gestion à long terme par les centres Voie métrique: une fois la maîtrise de système achevée, la gestion et le développement du catalogue doivent être assurés par les centres Voie métrique afin de garantir sa durabilité et son caractère actuel.

6 Listes

6.1 Références

- [1] Güldenapfel Peter, RAILplus / KPZ Fahrbahn: Grundlagenscanning Umfrage Bahnen. Technischer Bericht, 14.10.2022
- [2] Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV), SN EN 17397-1:2021 Bahnanwendungen - Schienenfehler - Teil 1: Handhabung von Schienenfehlern, 01.02.2021
- [3] IRS 70712: Schienenfehler
- [4] Alessandro Bianchi, RAILplus/Rhätische Bahn & Roland Müller, Gleislauftechnik Müller: Schadenskatalog Interaktion – Kontaktflächen Rad und Schiene. Technischer Bericht, RAILplusSF-00066, 18.04.2025
- [5] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 29900 Netzzustandsbericht. Minimalanforderungen, 04.04.2018
- [6] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22541 Lückenlose und verlaschte Gleise und Weichen. Meterspur, 13.03.2024
- [7] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22570 Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen. Meterspur, 31.07.2012
- [8] RailCorp: Engineering Manual Track: TMC 227 Surface Defects in Rails, 03.09.2019
- [9] Deutsche Bahn: Richtlinie 821.2007 Anhang 02 Schienenfehlerkatalog und Beurteilungsmassstäbe, 2022
- [10] voestalpine Rail Technology GmbH: Schienenfehlerkatalog. Häufige Schienen- und Schweissfehler
- [11] Gehriger Albin, RAILplus / AB; Landgraf Matthias, evias: *Vademecum Fahrbahn*. Technischer Bericht, RAILPlusSF-00061, 20.11.2025
- [12] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22566 Einbau, Kontrollen und Unterhalt der Weichen. Meterspur, 18.08.2022
- [13] Verband öffentlicher Verkehr: D RTE 22556 Kontrollmasse der Weichen. Meterspur, 18.08.2022
- [14] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22240 Schweissarbeiten an Schienen und Weichenbauteilen. Normalspur und Meterspur, 11.11.2024
- [15] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 29010 Interaktion Gleis/Brücke, 21.03.2025
- [16] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 21110 Unterbau und Schotter. Normalspur und Meterspur, 2. Ausgabe, 01.09.2015

6.2 Figures

Photo de couverture: remontées de boue et usure ondulatoire à ondes longues sur les voies d'un chemin de fer membre de RAILplus

Figure 1: structure générale d'attribution des dommages à la voie ferrée	8
Figure 2: attribution des dommages à la voie ferrée – géométrie / position de la voie / qualité de la position de la voie	9
Figure 3: attribution des dommages à la voie ferrée – rails	17
Figure 4: attribution des dommages à la voie ferrée – appareils de voie	42
Figure 5: coupes A/B/C du croisement selon le règlement D RTE 22540.....	51
Figure 6: attribution des dommages à la voie ferrée – appareils de dilatation	62
Figure 7: attribution des dommages à la voie ferrée – joint de rail éclissé.....	64
Figure 8: attribution des dommages à la voie ferrée – traverses et fixation des rails	71
Figure 9: attribution des dommages à la voie ferrée – pont avec superstructure sans ballast	80
Figure 10: attribution des dommages à la voie ferrée – lit de ballast	81
Figure 11: attribution des dommages à la voie ferrée – infrastructure	88
Figure 12: attribution des dommages à la voie ferrée – banquettes	90

6.3 Tableaux

Tableau 1: système de codification des défauts de rails basé sur la norme SN EN 17397	18
Tableau 2: aperçu des dommages basé sur la norme SN EN 17397 et repris dans les catalogues des dommages (colonne grise). Classification des dommages aux rails selon la norme SN EN 17397	19