

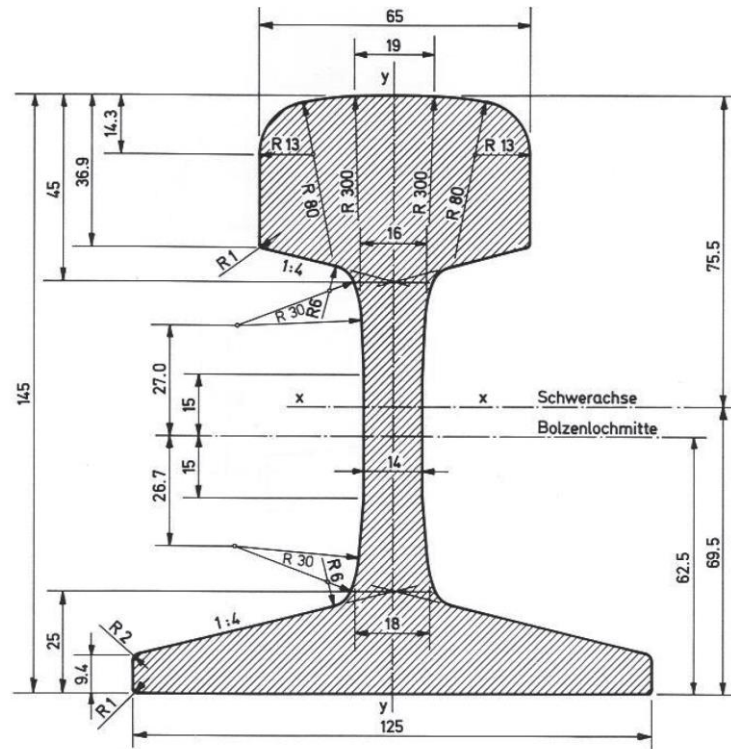
Objet de la livraison 2.2.1 Profils des roues et des rails

Maîtrise de système Interaction véhicule - voie ferrée métrique

Projet: 3 Bases roue / rail

Module: Interaction géométrique du contact roue-rail

Rapport technique



$$F = 58.8 \text{ cm}^2, G = 46.16 \text{ kg/m}, J_x = 1631.0 \text{ cm}^4, W_{xK} = 216.3 \text{ cm}^3, W_{xF} = 235.16 \text{ cm}^3, J_y = 298.0 \text{ cm}^4, W_{yF} = 47.66 \text{ cm}^3$$

ID : RAILPlusSF-00017

Date / Statut : 09.10.2023 / Approuvé

Nombre de pages 72

Auteur : Gaël Vuillème / MOB

Contrôlé : Roland Müller / Gleislauftechnik Müller

Libéré : N. Ritter

Mode de citation : Vuillème Gaël, RAILplus / MOB: *Profils des roues et des rails*. Rapport technique; 09.10.2023.

Liste des modifications

Version	Date	Responsable	Description
0.1	28.07.2023	GAV	Premier Brouillon
0.2	31.08.2023	GAV	Brouillon mis au point
0.3	07.09.2023	GAV	Rapport édité et finalisé
0.9	30.08.2023	R. Müller	Vérification
1.0	07.09.2023	M. Saputelli	Mise au point finale et approbation par le chef de projet
1.1	29.09.2023	GAV	Chiffres sur les dessins supprimés pour la publication La version avec les indications complètes est enregistrée sous la version 1.0 : RAILPlusSF-00017_LO 2.2.1 V1-0.pdf
1.1	09.10.2023	M. Saputelli	Mise au point finale et approbation par le chef de projet
1.1	12.10.2023	N. Ritter	Libération

Libération par la maîtrise de système

Version	Responsable	Date
1.1	Technical Board	26.10.2023
1.1	Management Board	19.11.2023

Visibilité publique

Public

Liste des abréviations

AV	Appareil de voie
ETF	Entreprise de transport ferroviaire.
GI	Gestionnaire d'infrastructure
RCF	Rolling Contact Fatigue (fatigue de contact de roulement)
UTP	Union des transports publics
AB	Appenzeller Bahnen AG
ASM	Aare Seeland mobil AG
AVA	Aargau Verkehr AG
BERNMOBIL	Städtische Verkehrsbetriebe Bern
CJ	Compagnie des chemins de fer du Jura SA
FART	Società per le Ferrovie Autolinee Regionali Ticinesi SA
FB	Forchbahn AG
FLP	Ferrovie Luganesi SA
LEB	Compagnie du Chemin de fer Lausanne – Echallens – Bercher SA
MBC	Transports de la région Morges – Bière – Cossonay SA
MGB	Matterhorn Gotthard Bahn
MOB	Chemin de fer Montreux Oberland bernois SA
NStCM	Compagnie du chemin de fer Nyon-St-Cergue-Morez SA
RBS	Regionalverkehr Bern-Solothurn AG
RhB	Rhätische Bahn AG
TMR	Transports de Martigny et Régions SA
TPC	Transports publics du Chablais SA
TPF	Transports publics fribourgeois Holding (TPF) SA
transN	Transports Publics Neuchâtelois SA
TRAVYS	TRAVYS SA
ZB	ZB Zentralbahn AG
A _R	Ecartement des faces internes des roues
S _d	Epaisseur de boudin
S _h	Hauteur du boudin

Management Summary

Ce document recense tous les profils de rails et de roues utilisés par les compagnies de chemins de fer métrique ainsi que quelques tramways ayant répondu à nos demandes. Il présente aussi l'usure et les dommages recensés par les différentes compagnies sur les surfaces de contact des roues et des rails. Ces informations sont à disposition de la maîtrise de système pour d'autres analyses.

Le nombre de profils de roue est important. On trouve des profils venant de la RTE 29500, développés par les compagnies avec ou sans l'aide d'une entreprise externe ou encore proposés par le fournisseur du matériel roulant.

Les profils de rail sont plus standard avec une nette majorité de profil 46 E1 (anciennement CFF I). On trouve du profil plus léger, principalement du 36 E3 (VST 36), mais aussi plus lourd (54 E2 ; CFF VI).

Table des matières

1	Situation de base.....	6
2	Profils de rail et de roue	7
2.1	AB	7
2.2	ASM	11
2.3	AVA.....	13
2.4	BERNMOBIL.....	15
2.5	BOB	16
2.6	CJ	19
2.7	FART.....	21
2.8	FB	23
2.9	FLP	24
2.10	LEB	26
2.11	MBC.....	28
2.12	MGB.....	31
2.13	MOB et MVR	34
2.14	NStCM	36
2.15	RBS	37
2.16	RhB.....	40
2.17	TMR	43
2.18	TPC.....	45
2.19	TPF	47
2.20	transN	50
2.21	TRAVYS.....	52
2.22	ZB	54
3	Résumé des résultats	57
3.1	Profil des roues	57
3.2	Profils des rails.....	57
3.3	Dommmages sur les roues.....	59
3.4	Dommmages sur les rails.....	59
4	Conclusion et développement	60
5	Index.....	61
5.1	Références.....	61
5.2	Figures.....	61
5.3	Tabellen	62
A.	Annexe Rail Vignole.....	63
B.	Annexe Rail à gorge.....	67
C.	Annexe Formulaire envoyé aux entreprises ferroviaires.....	70

1 Situation de base

Dans le cadre de la maîtrise de système « Interaction Rail-Roue » de RAILplus, le projet P3 rail/roue s'intéresse aux questions du contacts entre ces deux éléments. Dans de l'enquête de RAILplus auprès des compagnies de chemins de fer métriques de Suisse *Grundlagenscanning* [1], plusieurs questions portent sur les profils et les raisons de leurs utilisations. Si les rails utilisés sont standards, ce n'est pas le cas pour une grande partie des profils de roue.

Dans le but de d'harmoniser les essieux et les roues sur la voie métrique, l'UTP, dans la R RTE 29500 *Standardisation Essieux et branchements, Voie métrique* [2], préconise trois profils type et l'évolution vers un profil unique. Ceux-ci ne sont pourtant pas utilisés par une majorité des compagnies même si certains profils en sont proches.

Ce document ressenne les profils nominaux des roues et des rails utilisés par les compagnies de chemins de fer métriques ainsi que certains tramways en Suisse. De plus les retours d'expérience concernant l'usure et les dommages sur les rails et les roues.

Les informations présentées dans ce document proviennent de l'enquête auprès des entreprises ferroviaires réalisée dans le cadre de la maîtrise de système ou directement des compagnies.

Comprendre la géométrie du contact est une étape indispensable pour maîtriser l'interaction entre le véhicule et la voie. Son influence est importante pour de nombreux sujets, tant au niveau de l'entretien (usure), financier (LCC ; life cycle cost ; coût du cycle de vie) mais aussi du confort (pour les voyageurs, mais aussi le bruit et les vibrations aux abords des voies).

2 Profils de rail et de roue

2.1 AB

2.1.1 Profil de roue

2.1.1.1 Dessin

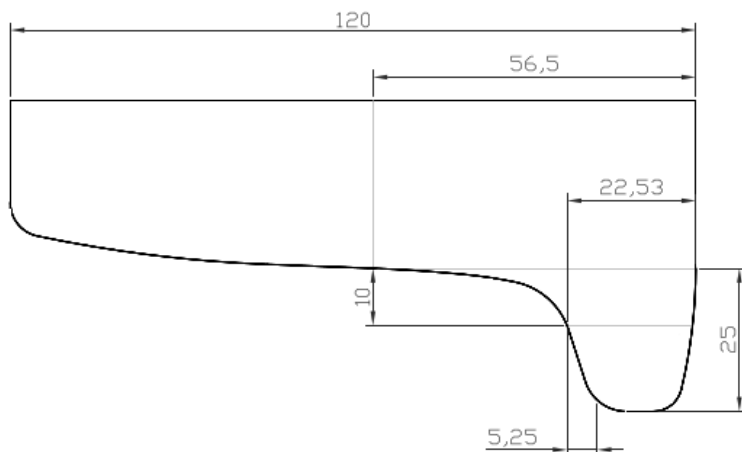


Figure 1 Profil SZ-FWB-72°-Evo2 utilisé par AB sur la ligne FWB.

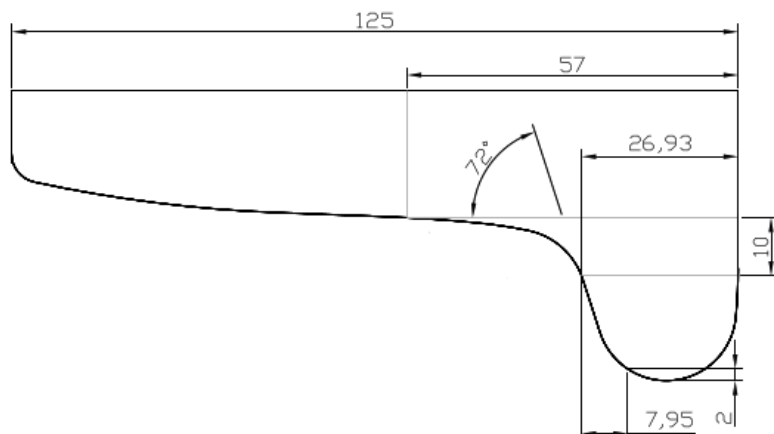


Figure 2 Profil SZ-AB-Evo2-h28 utilisé par les AB sur la ligne GAW.

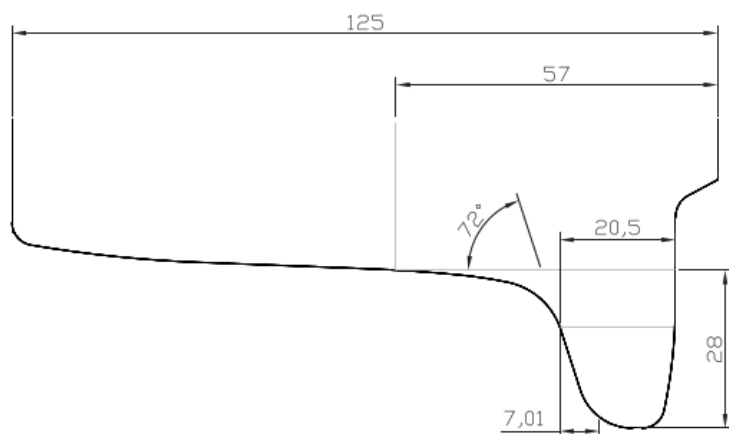


Figure 3 Profil SZ-1000mm-DML-72°-RL1-RTE utilisé par les AB sur la ligne TSA.

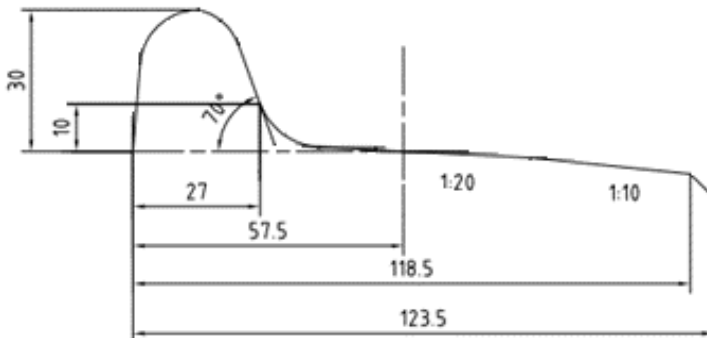


Figure 4 Profil AG utilisés par les AB.

2.1.1.2 Raisons de l'introduction

Profil Tango (TSA ; Trogen-St-Gall-Appenzell): Ce profil a été développé pour que l'ancienne SGA (St-Gall-Gais-Appenzell ; chemin de fer) et l'ancien TB (Trogenbahn ; tramway) puissent être réunis pour former la ligne TSA.

Profil Walzer (GAW): Profil UTP A optimisé pour l'usure

Profil AG : A l'origine, ces véhicules étaient équipés d' A_r 934mm et de S_d 30mm. Les véhicules moteurs servent également de "secours" sur le GAW (Gossau-Appenzell-Wasserauen). Le profil des roues a été modifié en S_d 27mm avec A_r 935mm selon RTE 29500, afin de standardiser les essieux. Ainsi, nous n'avons pas un écartement ou un gabarit trop large. S_h a été maintenu à 30mm en raison du fonctionnement de la crémaillère.

2.1.1.3 Expériences

Nous n'avons pas changé de profil récemment. De bons à très bons kilométrages sont obtenus avec les profils.

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1			X	Uniquement les bogies porteurs Tango, RCF
Zone 2	X			
Zone 3			X	Uniquement les bogies porteurs Tango, RCF
Zone 4			X	Uniquement les bogies porteurs Tango, RCF
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin	X			Pas de signe d'usure anormale
Creux				AG: Tendance à former un creux à cause de la crémaillère. Tango/Walzer: pas de problème.
Polygonisation		X		Uniquement AG

Les AB utilisent exclusivement des roues résilientes pour les nouveaux véhicules (Walzer, Tango). De plus, des qualités d'acier très dur sont utilisées (matériaux de bandages de roues ANTONY 1 et ANTONY 2 du fournisseur GHH).

2.1.2 Profil et qualités d'acier des rails

Les qualités d'acier des rails utilisés par les chemins de fer appenzellois ne sont pas explicitement répertoriées. Les rails utilisés sont principalement de qualité R 260 (environ 90% du réseau). Dans le tunnel du Ruckhalden (pente de 80 ‰), les rails sont d'une qualité R 350 HT (PQ). Les chemins de fer appenzellois continuent d'utiliser le R 260.

Profil	Proportion du réseau
36 E3	22'309 m
46 E1 R 260	44'996 m
46 E1 R 350 HT	690 m
CFF V	5071 m
VST C	1665 m
33 E1	590 m
60Ri2 (Ri60N, Rayon 13) Standard	910 m
60Ri1 (Ri60, Rayon 10)	152 m (Ri60 N R2)
59Ri2 (Ri59N, Rayon 13)	40 m
59Ri1 (Ri59, Rayon 10)	74 m
Ri59	683 m
53Ri1	48 m
Rail à gorge inconnu	3'104 m
Aucune indication	27'174 m
Somme	107'506 m

2.1.2.1 Raison de l'introduction

36 E3 et 46 E1 ont été utilisés dans le passé en raison de leur disponibilité. Le 36 E3 est particulièrement adapté aux courbes serrées en termes d'usure et de bruit.

Renouvellement

En principe, 46 E1 R 260.

Pour les rails à gorge, 60Ri2 sur la ligne TSA et 59Ri2 sur la ligne FWB. Ri2 (R13) est utilisé en raison de l'interaction entre la roue et le rail.

Les branchements sont réalisés en R 350 HT conformément à la RTE.

2.1.2.2 Expériences

Dans le tunnel du Ruckhalden, des expériences positives ont été faites (jusqu'à présent) avec les rails durs.

Dommmages	Pas de dommage	Dommmages mineurs	Dommmages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		
Empreinte de patinage		X		Apparaît notamment en cas de fortes pentes et aux haltes dans la zone de fortes pentes (> 50 ‰).
Headchecks	X			
Ecrasement				Pour les anciens rails remis à neufs > 80 ans
Fissures transversales	X	X		
Usure ondulatoire		X		Se produit en particulier sur les parcours sinueux (R 80 -150 m) à partir de 50 ‰.

2.2 ASM

2.2.1 Profil de roue

ASM utilise des roues avec un profil proche de l'UTP C, avec une hauteur de boudin réduite.

2.2.1.1 Dessin

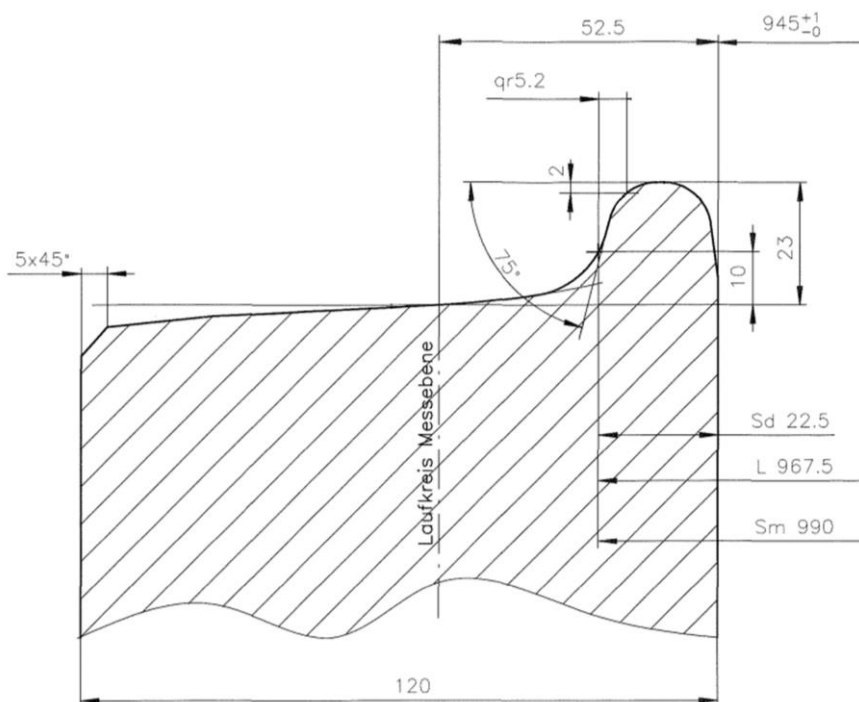


Figure 5 Profil de roue ASM 470.0413b.

2.2.1.2 Raisons de l'introduction

La hauteur réduite des boudins est due aux anciens rails à gorge encore utilisés. Cela permet de s'assurer qu'en cas de creux sur la surface de la roue, le boudin n'entre pas en contact avec le rail. Dès que ces rails seront remplacés, la hauteur des boudins pourra être adaptée à la hauteur standard.

Divers anciens branchements ont également joué un rôle dans ce domaine (par ex. à Ziegelei avec le cœur d'aiguillage et la butée haute au niveau de l'aiguille).

2.2.1.3 Expériences

Le profil de roue est le même depuis des années. ASM est satisfait de l'usure et du nombre de kilomètres parcourus.

Domages dans la zone	Pas de domage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	X			Usure normale
Zone 2	X			Usure normale
Zone 3	X			Usure normale
Zone 4	X			Usure normale
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin	X			Usure normale

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Creux	X			Usure normale
Polygonisation	X			

2.2.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	1%
46 E1	91%
54 E2	5%
60 Ri1	3%

2.2.2.1 Raison de l'introduction

54 E2 : utilisé dans les voies à trois rails (voie normale et voie métrique) en raison des charges élevées par essieu. Sinon, 46 E1 standard.

Lors des renouvellements, les profils 46 E1 (standard) et 54 E1 (voie à trois rails) sont utilisés.

2.2.2.2 Expériences

Les objectifs de l'introduction de ces profils sont atteints, amélioration sensible des dommages et de l'usure de la bande de roulement et du rayon.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X	X		
Empreinte de patinage		X		Lors des accélérations trop fortes En particulier aux arrêts
Headchecks		X		
Ecrasement	X			
Fissures transversales	X			
Usure ondulatoire		X		

2.3 AVA

2.3.1 Profil de roue

AVA utilise des roues avec un profil propre (Figure 6) sur la ligne BDB (Bremgarten-Dietikon-Bahn) et un profil de type B sur la ligne WSB.

2.3.1.1 Dessin

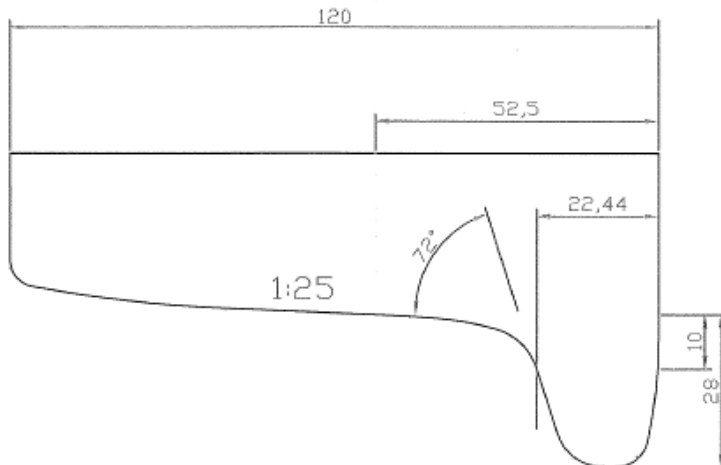


Figure 6 Profil de roue AVA BDB.

2.3.1.2 Raisons de l'introduction

BDB : Réduction de l'usure des boudins.

2.3.1.3 Expériences

BDB : Bonne expérience avec ces profils (**Bleu**)

WSB : Passage plus silencieux sur les branchements ; moins d'usure des pointes de cœur et des pattes de lièvre. (**Rouge**)

Domages dans la zone	Pas de domage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	XX			
Zone 2	XX			
Zone 3	XX			
Zone 4	XX			
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	XX			
Usure du boudin		X	X	Usure relativement forte causé par le profil de la ligne
Creux	XX			
Polygonisation	XX			

2.3.2

2.3.3 Profil des rails

Profil	WSB	BDB
TST 36		1%
36 E3	3%	1%
46 E1	96%	92%
54 E2	1%	
60 Ri1		6%

2.3.3.1 Raisons de l'introduction

Raisons historiques. Les remplacements sont faits avec du 46 E1.

2.3.3.2 Expériences

WSB : Rouge

BDB : Bleu

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X	X		
Empreinte de patinage		X X		Dans les pentes/rampes
Headchecks		X X		Dans les courbes à petits rayons
Ecrasement	X	X		
Fissures transversales		X X		
Usure ondulatoire		X X		Dans les pentes/rampes & dans les courbes à petits rayons

2.4 BERNMOBIL

2.4.1 Profil de roue

BERNMOBIL utilise des roues avec un profil IFB-BM-2009-12c1.

2.4.1.1 Dessin

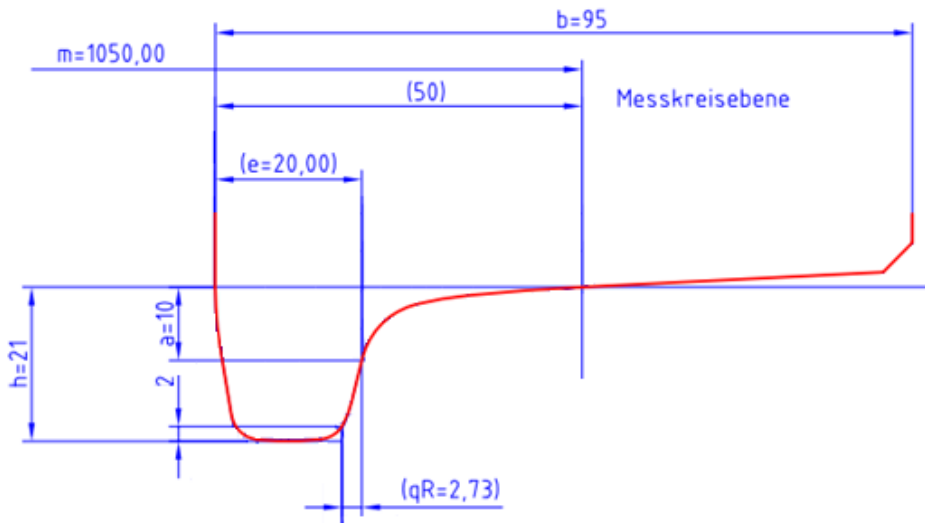


Figure 7 Profil de roue IFB-BM-2009-12c1 utilisé par BERNMOBIL.

2.4.1.2 Raisons de l'introduction

Étude pour un « profil de roue optimisé en fonction de l'usure ».

2.4.1.3 Expériences

Pas de données.

2.4.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
60 Ri1	100%

2.4.2.1 Raison de l'introduction

Raisons historiques ; Technique de guidage pour voie de ligne avec trafic individuel motorisé et tracé en site propre.

2.4.2.2 Expériences

Bonnes expériences à ce jour.

2.5 BOB

2.5.1 Profil de roue

Le profil H.H. Vogel C R 320 a été remplacé par le profil H.H. Vogel C R 500 (Figure 8). La raison est qu'avec un rayon de 320 mm, des chocs importants se produisaient lors du passage de la patte de lièvre à la pointe du cœur et également dans le sens inverse de la marche. Seuls des anciens véhicules de services légers utilisent encore le profil ZFW 311.00.149.4 (Figure 9). Ceux-ci ne se centrent pas suffisamment avec le profil H.H. Vogel C R 500.

2.5.1.1 Dessin

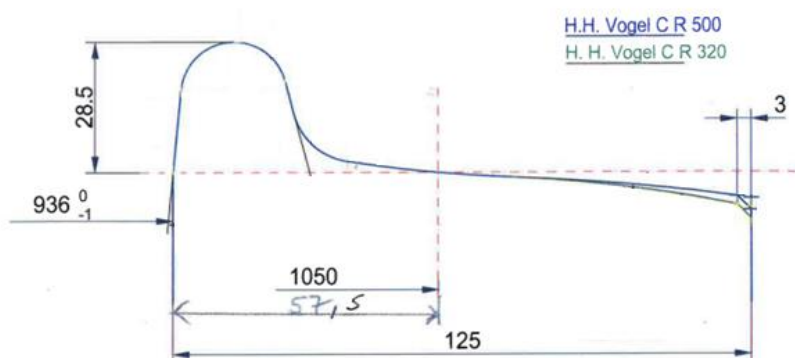


Figure 8 Profil H.H. Vogel C R 500 est aujourd'hui en service au BOB.

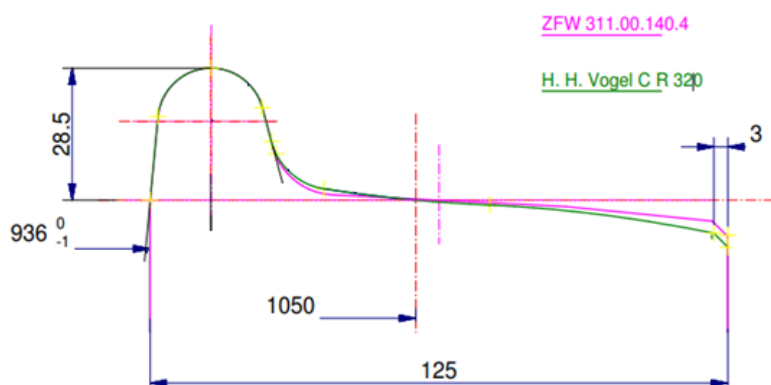


Figure 9 Profil ZFW 311.00.149.4, utilisé aujourd'hui que sur les anciens véhicules de service légers (BOB).

2.5.1.2 Raisons de l'introduction

Le profil de roue ZFW 311.00.140.4 (similaire au profil UTP A) provoquait une usure latérale des boudins (à droite), la formation d'un creux et des dommages sur les aiguillages.

2.5.1.3 Expériences

Le passage au profil H. H. Vogel C R 320 a permis de résoudre en grande partie les problèmes liés à l'usure latérale du boudin et la formation du creux.

Avec l'optimisation du profil H. H. Vogel C R 320 en H. H. Vogel C R 500, le problème des dommages sur les aiguillages a également été réduit.

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1	X			

Dommmages dans la zone	Pas de dommage	Dommmages faibles	Dommmages forts	Remarques
Zone 2	X			
Zone 3	X	X		Sur les automotrices plus anciennes, on observe parfois de légères dégradations, auxquelles on remédie toutefois par un tournage de confort.
Zone 4	X			
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin	X			
Creux	X	X		Le faible creux est corrigé par les reprofillages de préventifs
Polygonisation		X		

2.5.2 Profil des rails

Profil	Km ou % du réseau
36 E3	Env. 8 km / 26 %
46 E1	Env. 22 km / 72 %
54 E2	Env. 0.6 km / 2 %

2.5.2.1 Raison de l'introduction

Le changement de rails s'est développé historiquement. La charge est devenue plus importante, car l'activité ferroviaire a considérablement augmenté.

Renouvellement

- Le profil des rails a été augmenté avec le passage des traverses en bois aux traverses en béton.
- Le BOB utilise principalement des rails au profil 46 E1.
- Le profil 36 E3 n'est désormais plus utilisé par le BOB.
- Le profil 54 E2 est utilisé pour les grands appareils de voie avec traverses en béton et pour les passages à niveau du système Infundo.

2.5.2.2 Expériences

Le plus grand inconvénient du passage du bois aux traverses en béton est l'augmentation sensible de la formation d'usure ondulatoire. Nous sommes en train de faire des essais avec des semelles sous rail de différentes duretés.

Dommmages	Pas de dommage	Dommmages mineurs	Dommmages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X			
Empreinte de patinage		X		
Headchecks	X			
Ecrasement				
Fissures transversales				
Usure ondulatoire		X		Formation d'usure ondulatoire plus fréquent sur les voies avec des traverses en béton

2.6 CJ

2.6.1 Profil de roue

2.6.1.1 Dessin

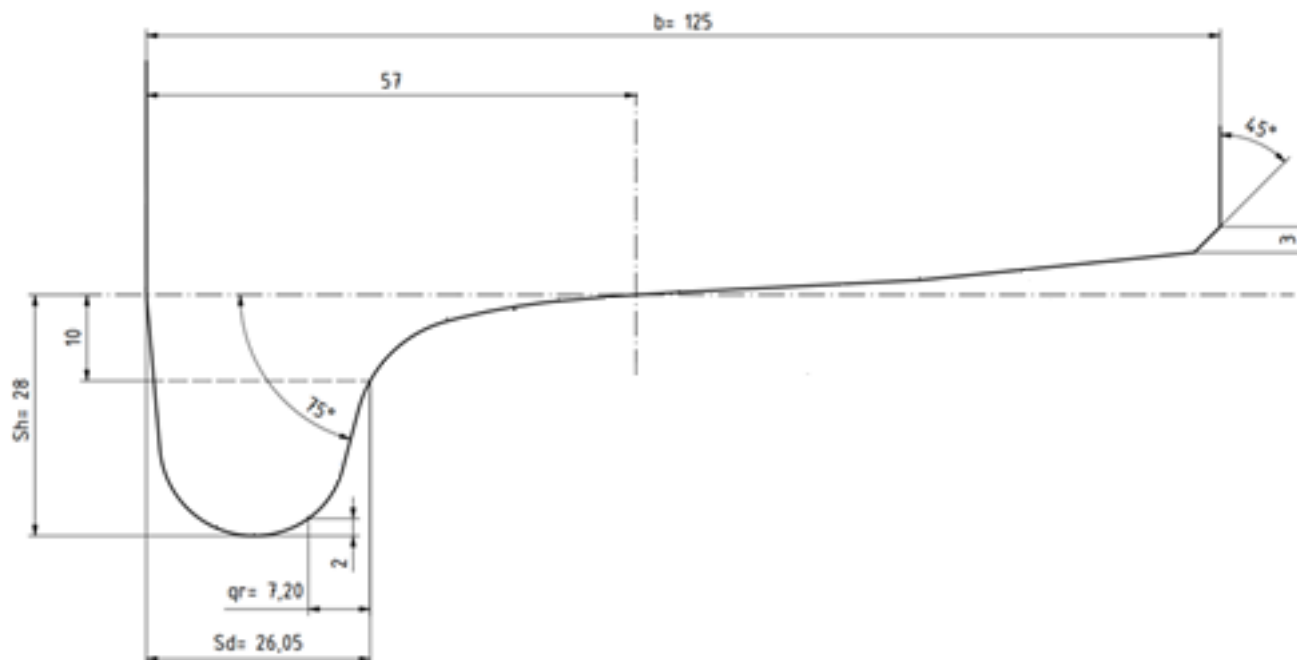


Figure 10 Profil de roue PD000025425 utilisée par les CJ.

2.6.1.2 Raisons de l'introduction

Profil de roue optimisé sur la base du profil de rail 46 E1.

2.6.1.3 Expériences

Depuis que le profil a été changé, nous n'avons pas beaucoup de retours. Ce que nous pouvons dire, c'est que le comportement des véhicules n'a pas subi de modifications et qu'au niveau de l'usure nous n'avons pas remarqué de points critiques, toujours mieux qu'avec les bandages (et les profils) d'origine des rames IV (Be 4/4 ; 651 – 655) où nous avons eu de très gros problèmes (excoriations sur la bande de roulement). Nous sommes toujours en phase de test et de contrôles mais sommes confiants pour la suite.

2.6.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	37%
46 E1	53%
CFF V	10%

Tous les renouvellements sont faits avec du 46 E1.

Meulage du rail :

Depuis 2018 tous les meulages sur 36 E3 et CFF V se font avec le profil 46 E1

Etat 2023 : 50 % des rails 36 E1 et CFF V ont été reprofilés en 46 E1

Etat prévisionnel fin 2023 : 60 % des rails 36 E1 et CFF V seront reprofilés en 46 E1

2.6.2.1 Raison de l'introduction

Expérience et comportement sur le terrain.

2.6.2.2 Expériences

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		
Empreinte de patinage		X		
Headchecks	X	X		
Ecrasement		X		
Fissures transversales		X		
Usure ondulatoire		X		

2.7 FART

2.7.1 Profil de roue

La FART utilise des roues avec un profil UTP B.

2.7.1.1 Dessin

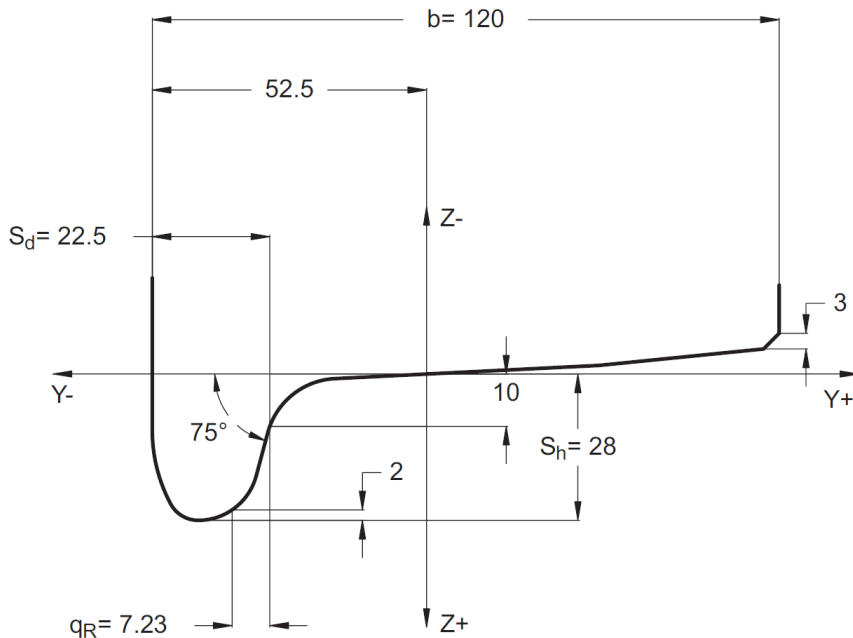


Figure 11 Profil de roue UTP B utilisé par la FART.

2.7.1.2 Raisons de l'introduction

Le profil FART a été utilisé car, jusqu'au milieu des années 1990, la ligne était équipée de rails de type 36 E3 et d'aiguillages à ressort. Pour cette raison, le profil FART a une hauteur de boudin (S_h) inférieur.

Lors de la rénovation du système de sécurité et des gares, la voie a été remplacée par des aiguillages motorisés de type 46 E1 type UTP B, raison pour laquelle le type de profil UTP B est introduit sur les jantes.

2.7.1.3 Expériences

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2			X	
Zone 3		X		
Zone 4		X		
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin		X		
Creux	X			

Dommmages dans la zone	Pas de dommage	Dommmages faibles	Dommmages forts	Remarques
Polygonisation	X			

2.7.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	30% (7 km)
46 E1	70% (12,5 km)

Tous les renouvellements sont faits avec du 46 E1.

2.7.2.1 Raison de l'introduction

36 E3 : Profil historique

46 E1 : Nouveau profil, posé lors des renouvellements

Aujourd'hui, le projet de renouvellement de la voie consiste à remplacer le rail historique 36 E3 par un rail 46 E1. Le 36 E3 est remplacé en raison de sa vétusté par un rail aux caractéristiques différentes.

2.7.2.2 Expériences

Dommmages	Pas de dommage	Dommmages mineurs	Dommmages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X			
Empreinte de patinage	X			
Headchecks	X			
Ecrasement	X			
Fissures transversales	X			
Usure ondulatoire		X		

2.8 FB

2.8.1 Profil de roue

2.8.1.1 Dessin

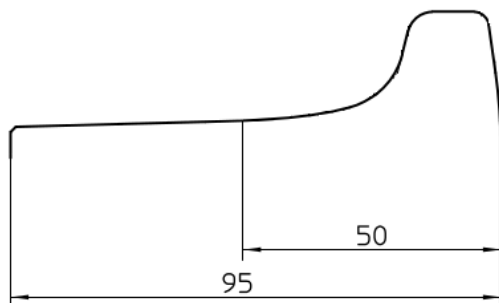


Figure 12 Profil de roue IFBVBZ09085f utilisé par la FB.

2.8.1.2 Raisons de l'introduction

La Forchbahn n'a pas apporté de modifications au niveau du matériel roulant, les rapports de 2003 ont été rédigés suite à la modification du profil des roues entre la VBZ et la Forchbahn.

2.8.1.3 Expériences

Pas de donnée.

2.8.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	Pas de donnée.
46 E1	Pas de donnée.

2.8.2.1 Raison de l'introduction

La FB circule en partie sur le réseau de lignes de la VBZ. La FB a pu se baser sur les études (lancées en 2003). Les résultats sont utilisés par l'infrastructure pour les travaux de rectification et pour l'entretien des roues des véhicules. L'accent a été mis sur la surface de roulement lors de l'interaction roue-rail et des mesures ont été définies.

Pas de nouvel achat 36 E3 possible à moindre coût. Réduction économique du prix unitaire grâce à l'achat avec d'autres chemins de fer possible pour 46 E1, à l'avenir, il pourrait même être nécessaire de passer à 54 E2, 49 E1 n'est actuellement pas à l'ordre du jour.

2.8.2.2 Expériences

Pas de donnée.

2.9 FLP

2.9.1 Profil de roue

Le FLP utilise des roues avec le profil R.02.173 développé par le RBS.

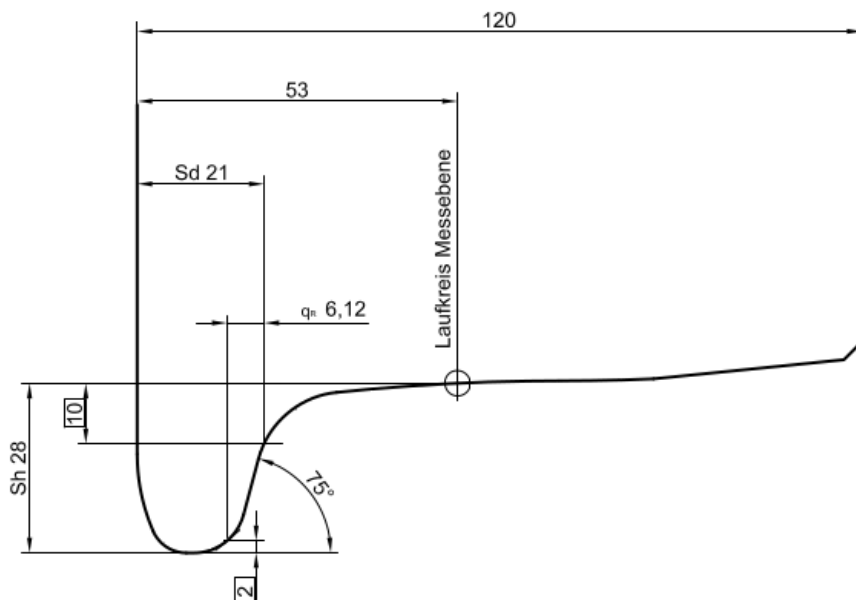


Figure 13 Profil de roue R.02.173 utilisé par le FLP.

2.9.1.1 Raisons de l'introduction

La raison est historique. Le profil RBS R.02.173 a été repris du FLP parce que le matériel roulant acheté dans le passé était équipé de roues avec ce type de profil. Une autre raison est qu'il n'existe pas au Tessin d'entreprises capables de reprofiler des essieux à écartement métrique. Il a donc été décidé d'utiliser un profil de roue déjà utilisé sur d'autres chemins de fer à voie métrique et qu'ils étaient également en mesure de reprofiler pour nous. Une autre raison était que FLP n'avait pas les connaissances techniques suffisantes pour prendre d'autres décisions.

Le profil actuel utilisé avec le nouveau TramLink est exactement le même que le précédent.

2.9.1.2 Expériences

TramLink : L'usure du profil que nous connaissons actuellement est plutôt due au type de bogie, car le bogie lui-même est fixe et les roues sont également fixes. Une autre raison est la puissance du train, tant au freinage qu'à l'accélération. Enfin, nous pensons que le style de conduite des conducteurs influe sur l'usure.

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1		X		
Zone 2		X	X	
Zone 3		X	X	
Zone 4		X	X	
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement				Pas de freins à sabot

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Usure du boudin	X			
Creux	X			
Polygonisation	X			
Méplat	X			

2.9.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
VST C	1%
36 E3	58%
46 E1	41%

2.9.2.1 Raison de l'introduction

La raison en est principalement historique. Les profils VST C et 36 E3 ont toujours été utilisés, notamment parce que la ligne FLP n'a pratiquement transporté que des passagers, très peu de marchandises, et que la charge à l'essieu a donc toujours été limitée. Ce n'est qu'à partir des années 2000 que la FLP a commencé à utiliser des profils 46 E1. Aujourd'hui, lors des renouvellements des voies, le profil 46 E1 est utilisé car il y a moins de défauts avec ce profil.

2.9.2.2 Expériences

Il y a moins de défauts sur les rails après l'introduction du profil 46 E1. Entretien selon la réglementation.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		
Empreinte de patinage		X		
Headchecks		X		
Ecrasement		X		
Fissures transversales		X		
Usure ondulatoire			X	Toutefois, cela est dû au système de bogie rigide et non au type de rail.

2.10 LEB

2.10.1 Profil de roue

2.10.1.1 Dessin

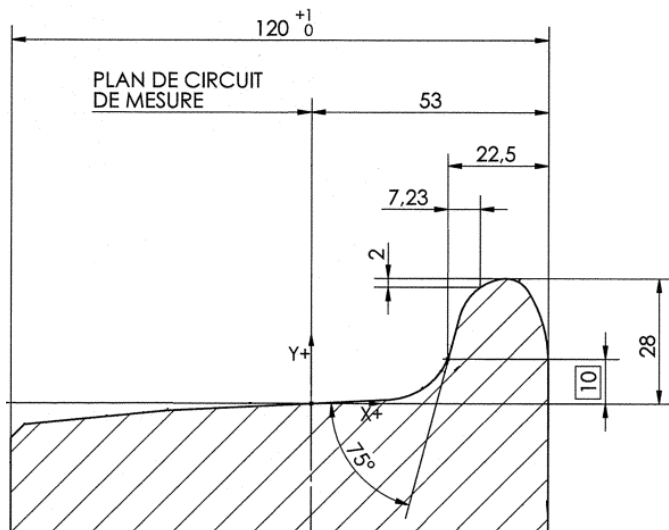


Figure 14 Profil de roue P-2-112453 utilisé par le LEB.

2.10.1.2 Raisons de l'introduction

Historique.

2.10.1.3 Expériences

Pas de changement récent de profil de roue.

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2		X		
Zone 3		X		
Zone 4		X		
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin	X			
Creux	X			
Polygonisation	X			
Méplat	X			

2.10.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
46 E1	Standard (24407 ml de voie) 82,4% du linéaire
54 E2	Tunnel Lausanne-Flon – Union-Prilly (4462 ml de voie) Gare de Bercher (739 ml de voie) 17,6% du linéaire

2.10.2.1 Raison de l'introduction

Profil standard 46 E1 ; 54 E2 dans le tunnel Flon-Union Prilly (2022) pour donner plus de marge d'usure et dans la gare de Bercher (2019).

Aujourd'hui le profil 54 E2 est posé dans les tunnels pour donner plus de marge d'usure et réduire les interventions de maintenance dans les tunnels. Partout ailleurs, le profil posé est le 46 E1.

2.10.2.2 Expériences

Il est trop tôt pour faire un retour d'expérience. Le tunnel Flon-Union Prilly a été ouvert il y a seulement un an.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X			
Empreinte de patinage			X	Cela arrive souvent, dans les zones de démarrage avec forte déclivité. Parfois les patinages sont dus à un excès de graissage.
Headchecks	X			
Ecrasement	X			
Fissures transversales	X			
Usure ondulatoire		X		Cela arrive souvent, dans les rayons inférieurs à 150 mètres. La longueur d'onde est de 50-80 mm. Le défaut est supprimé avec le meulage du rail.

2.11 MBC

2.11.1 Profil de roue

MBC utilise des roues avec un profil TA 406467 (Figure 15) sur les véhicules suivants : Be 10, et Bt 50, un profil 2-802.034.753 sur les Ge 4/4 (Figure 17) et P-3-109817 B sur les autres véhicules (Figure 16).

2.11.1.1 Dessin

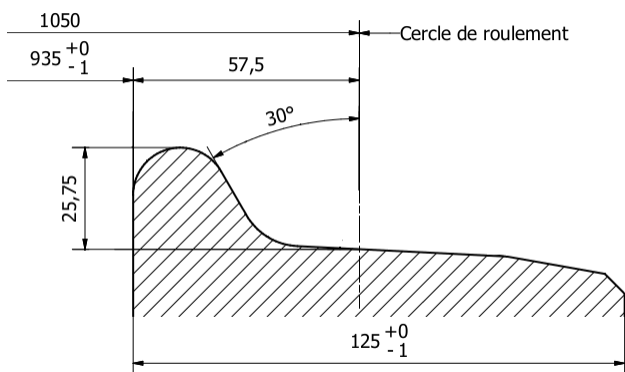


Figure 15 Profil de roue TA 406467 utilisé par les MBC pour les véhicules suivants : Be 10, Be 30 et Bt 50.

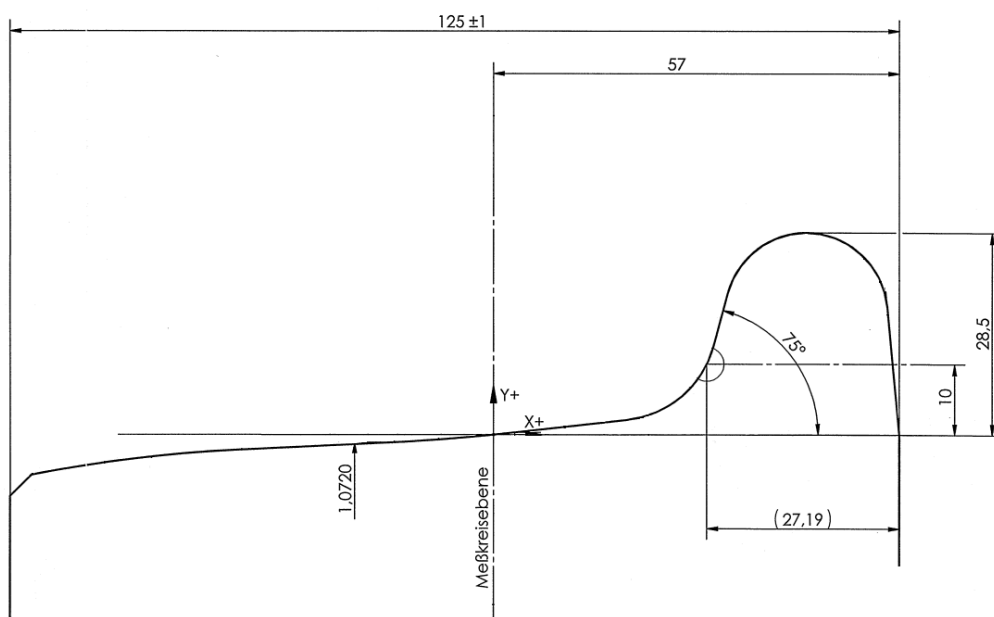


Figure 16 Profil de roue P-3-109817 B utilisé par les MBC.

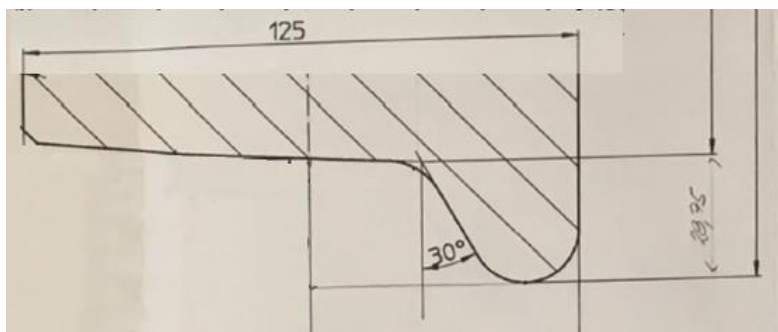


Figure 17 Profil de roue 2-802.034.753 utilisé par les MBC pour les Ge 4/4.

2.11.1.2 Raisons de l'introduction

Historique.

2.11.1.3 Expériences

L'usure se fait de manière régulière. Il y a un peu (<1.5mm) de refoulement de matière sur l'extérieur de la bande de roulement qui apparait à >130'000 km. L'usure se fait de manière régulière, avec un q_R qui a tendance à augmenter.

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2	X			
Zone 3		X		Quelque marques visible (impacts ponctuels)
Zone 4		X		Quelque marques visible (impacts ponctuels)
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin		X		Léger refoulement de matière après >130kkm
Creux		X		Léger creux
Polygonisation	X			

2.11.2 Profil des rails

Profil	Km ou % du réseau
46 E1	99,7%
54 E2	0,3 %

2.11.2.1 Raison de l'introduction

46 E1 R260 (94,4% ; 28,7 km) : profil standard=> plus tendre = meilleure structure.

46 E1 350 HT (6,3% ; 1,6 km) : profil plus dur => risques d'ondulation/arrachement du champignon.

54 E2 : Une courbe avec des traverses en Y. Sera remplacée en 2024 par du 46 E1.

Les remplacements sont faits avec du 46 E1 R260 sur l'ensemble du réseau car il permet un meilleur compromis Roue/Rail. Barres de 36.05m non-percé.

2.11.2.2 Expériences

Les objectifs sont atteints et le MBC continue avec cette stratégie.

Dommmages	Pas de dommage	Dommmages mineurs	Dommmages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement			X	
Empreinte de patinage		X		
Headchecks			X	
Ecrasement			X	
Fissures transversales			X	
Usure ondulatoire		X	X	

Usure ondulatoire :

- Dommages mineurs : Ondulatoire à ondes courtes (codification 2201) = Meulage des rails
- Dommages majeurs : Ondulatoire à ondes longues (codification 2202) = meulage et fraisage curatif (apparaissent préférentiellement sur les files basses de courbe)

2.12 MGB

2.12.1 Profil de roue

2.12.1.1 Dessin

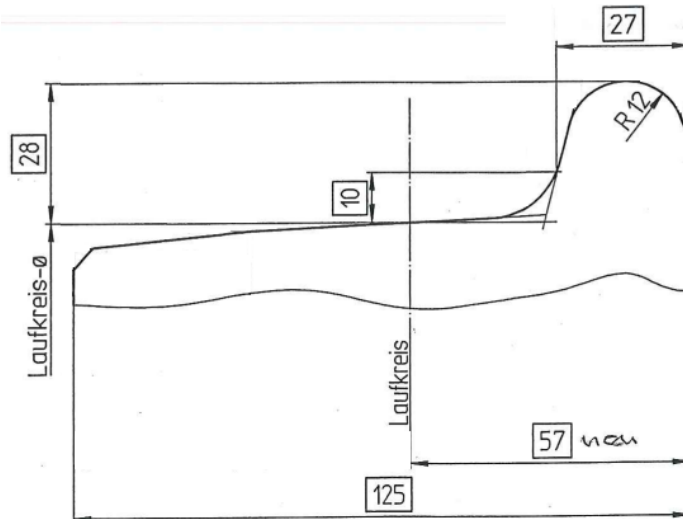


Figure 18 Profil de roue W98 utilisé par la MGB.

2.12.1.2 Raisons de l'introduction

- W98 : développement historique, optimisation avec des rails 36 E3.
- Depuis de nombreuses années, l'installation du profil de rail 46 E1 (CFF I) est fixée comme standard. Après une chute du kilométrage, étude par M. Sozio et mise en place de nouveaux profils de roues de Sozio (EVO I+II).
- Pas d'amélioration significative en termes de kilométrage, donc retour au profil standard W98.

2.12.1.3 Expériences

Avec le profil W98, principalement des dommages dans la zone 4, avec le profil de Sozio plutôt dans la zone 3.

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2	X			Usure plus importante en raison de l'usure des sabots de frein (problème de tolérance au niveau de la fixation de l'unité de frein à sabot sur le châssis du bogie). Solution : introduction d'une nouvelle forme de sabot.
Zone 3		X		
Zone 4			X	
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure	X			

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
de surface de roulement				
Usure du boudin	X			
Creux	X			
Polygonisation		X		

2.12.2 Profil des rails

Profile	Km oder % des Netzes
46 E1	86% (155.596km)
54 E2	4% (7.991km)
(Divers profils)	10%

2.12.2.1 Raison de l'introduction

- Historiquement, le 36 E3 était souvent posé. Il y a encore quelques voies avec ce type de rail (très peu avec du VST C). Ces tronçons sont des voies secondaires ou des voies de triage. Il n'y a plus de 36 E3 sur la voie de service.
- Le 46 E 1 est installé depuis environ 1985. La raison est inconnue.
- Le 54 E2 ne se trouve que sur un court tronçon à Obergesteln (Obergomms) où l'infrastructure est particulièrement mauvaise (meilleure résistance à la flexion). Sinon, le profil 54 E2 est principalement utilisé dans les aiguillages, dans le but de créer une meilleure position de la voie et donc un meilleur LCC en raison de la résistance accrue à la flexion.

Lors des renouvellements, le profil standard est le 46 E1. Le 54 E2 est installé de manière standard dans les appareils de voie (où l'usure est accrue, la durée de vie est plus longue avec un profil plus grand). Le 54 E2 n'est installé qu'exceptionnellement sur la voie, là où l'infrastructure est particulièrement mauvaise.

2.12.2.2 Expériences

- Sur la ligne, les rails au profil 46 E1 ont fait leurs preuves. Depuis 2022, des rails de dureté R400HT sont installés de manière standard afin de maintenir un taux d'usure minimal dans les courbes. Il n'y a pas encore d'expérience avec les rails R400HT. Avec la dureté de rail 350 HT, l'usure dans les courbes a pu être fortement réduite par rapport aux rails 260.
- Il n'est actuellement pas possible d'évaluer dans quelle mesure le rail 54 E2 a fait ses preuves dans les appareils de voie. Une évaluation systématique est nécessaire à cet égard.
- Sur le tronçon de ligne où le type de rail 54 E2 a été installé, la voie est en bon état. Cela n'est pas forcément dû au profil des rails.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		Se produit rarement, mais revient toujours sur l'ensemble du réseau
Empreinte de patinage		X		Se produit relativement souvent, surtout avant les signaux et à la sortie des gares. Toujours isolé (il n'y a donc pas plusieurs patinages successifs).

Domages	Pas de dommage	Domages mineurs	Domages majeurs	Remarques
Headchecks		X		Se produit peu, surtout à proximité des signaux (accélération après l'ouverture du bloc)
Ecrasement	X			Se produit très rarement. Vu une seule fois à la gare de Zermatt (en cas de forte charge).
Fissures transversales		X		1 à 3 fois par an en raison de variations de température (rupture de rails)
Usure ondulatoire			X	<p>Très fréquent et dépendant du tracé :</p> <p>adhérence : à des vitesses élevées (70 km/h), des ondes de glissement apparaissent sur des courbes de rayon inférieur à 300m. A des vitesses plus basses, la limite se situe plutôt entre 150 et 130m de rayon.</p> <p>Crémaillères : Apparaissent plutôt pour des rayons inférieurs à 250m. Ondes de glissement sur les deux voies. (Il ne s'agit pas de cannelures, mais d'ondes de glissement). Tendance à être moins prononcée à l'extérieur qu'à l'intérieur.</p> <p>Superstructure : peut-être moins fréquente pour les traverses en bois ? (doit encore être vérifié)</p>

2.13 MOB et MVR

2.13.1 Profil de roue

2.13.1.1 Dessin

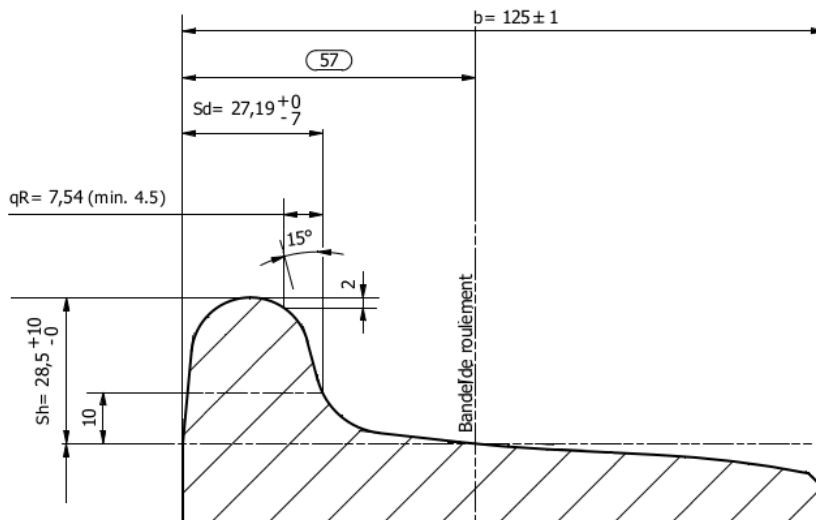


Figure 19 Profil de roue TA 403406 utilisé par le MOB et MVR pour les véhicules hors GPX.

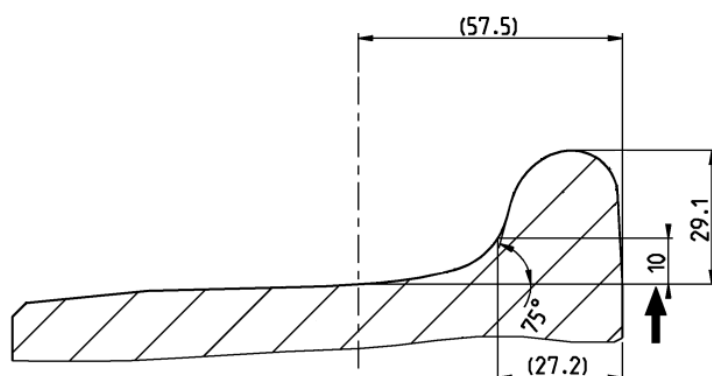


Figure 20 Profil de roue 11000004042 utilisé par le MOB pour les voitures GPX.

2.13.1.2 Raisons de l'introduction

TA 403406 : Modification du profil UTP A pour améliorer le comportement en courbe.

GPX : Grande conicité pour compenser l'absence d'essieux

2.13.1.3 Expériences

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2		X		
Zone 3		X		
Zone 4	X			
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure	X			

de surface de roulement				
Usure du boudin			X	L'usure du boudin est ponctuelle. La plupart du temps, il n'y a pas d'usure des boudins. Lorsqu'elle intervient elle est la cause de reprofilage
Creux		X		
Polygonisation		X		
Méplat			X	

L'usure au rayon est très forte sur le réseau MOB/MVR (fortes rampes et petits rayons de courbes ; 1,3 mm/10000 km pour les bogies moteurs des GTW).

2.13.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	4%
46 E1	80%
54 E2	16%

2.13.2.1 Raison de l'introduction

LCC.

Sont posés :

54 E2 En gare et sur tronçon avec des grand rayons

46 E1 R 350 HT (PQ) partout ailleurs

2.13.2.2 Expériences

L'utilisation de la qualité R 350 HT est récente, il y a peu de retour d'expérience. Avant cela, le MOB utilisait du R 260.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		Depuis l'arrivée des nouvelles machines, plus d'usures
Empreinte de patinage		X	X	Depuis l'arrivée des nouvelles machines, plus d'usures + conduite
Headchecks		X		
Ecrasement		X		
Fissures transversales	X			
Usure ondulatoire		X		

2.14 NStCM

2.14.1 Profil de roue

Le NStCM utilise des roues avec un profil P-3-109818 A sur ses véhicules modernes.

2.14.1.1 Dessin

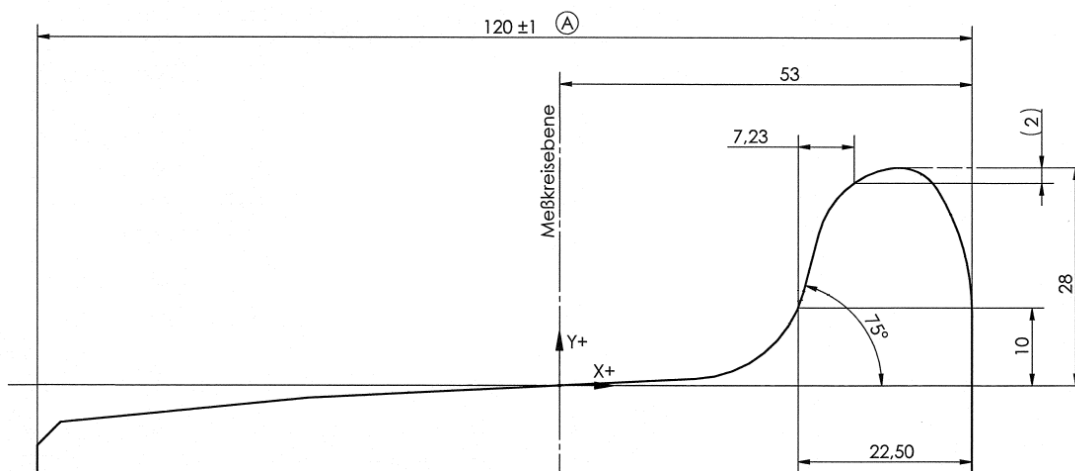


Figure 21 Profil de roue P-3-109818 A utilisé sur les véhicules modernes du NStCM.

2.14.1.2 Raisons de l'introduction

Profil du fournisseur.

2.14.1.3 Expériences

Profil du fournisseur.

2.14.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	Pas de donnée
46 E1	Pas de donnée

2.14.2.1 Raisons de l'introduction

Raisons historiques.

2.14.2.2 Expériences

Pas de données.

2.15 RBS

2.15.1 Profil de roue

2.15.1.1 Dessin

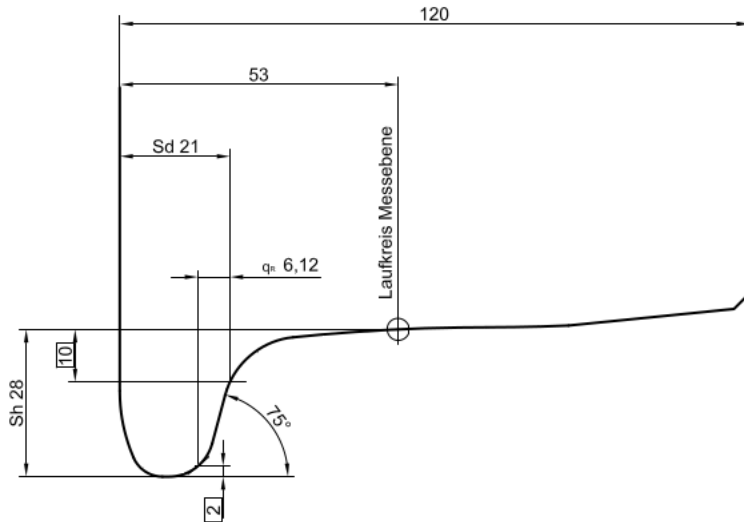


Figure 22 Profil de roue R.02.173 utilisé par le RBS.

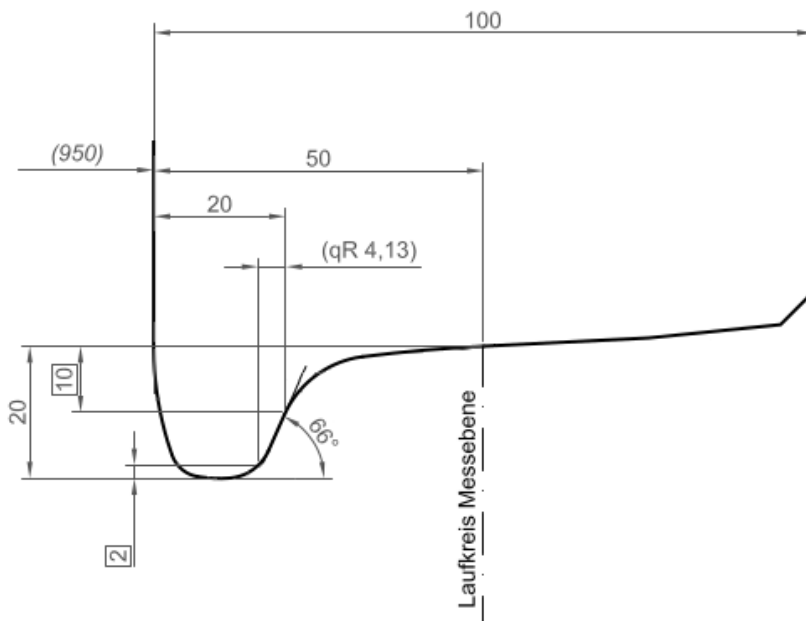


Figure 23 Profil de roue R.02.132 utilisé par le RBS sur la ligne G.

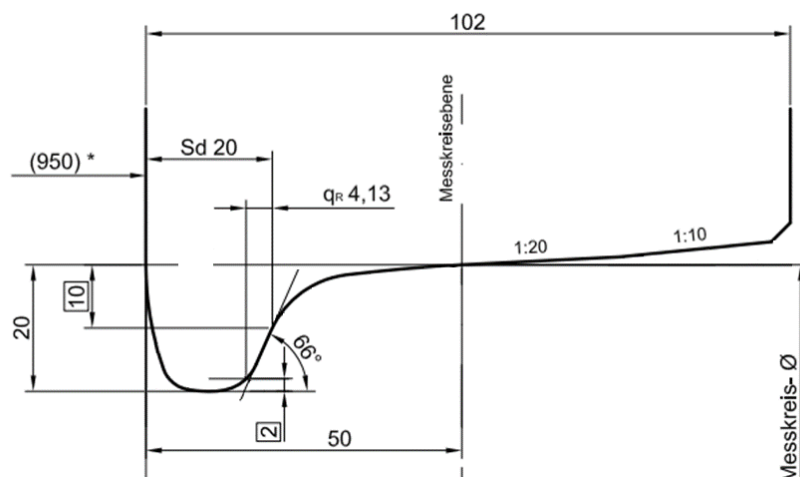


Figure 24 Profil de roue R.02.192 utilisé par le RBS sur la ligne G.

2.15.1.2 Raisons de l'introduction

Profils du fournisseur.

R.02.173 : Automotrices et voitures de service : Développement lors de l'introduction de la flotte Seconda en collaboration avec Schindler/SIG. Enquête lors de l'introduction de la flotte Seconda en raison d'un mauvais comportement de roulement, le fabricant de bogies SIG a effectué des recherches dans les années 1990 et a développé le profil actuel.

Les véhicules de manœuvre Tmf 2/2 utilisent un profil R02.180, dérivé du R.02.172 adapté à ces véhicule plus lourds duite à des aplatissement au passage de l'aiguille à trois rails.

Tram : R.02.132 et R.02.192.

2.15.1.3 Expériences

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2	X			
Zone 3	X			
Zone 4	X			
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin			(X)	Usure plus importante
Creux	X			
Polygonisation	X			

2.15.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
46 E1	97%
54 E2	3%.

2.15.2.1 Raison de l'introduction

54 E2 dans les branchements en raison d'une usure plus importante.

2.15.2.2 Expériences

Dommmages	Pas de dommmage	Dommmages mineurs	Dommmages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		Logiquement avant les signaux et les sorties de dépôts
Empreinte de patinage		X		
Headchecks	X			Pas de headchecks classiques, plutôt de la fatigue ponctuelle des contacts de roulement (analogue à l'écaillage)
Ecrasement		X		
Fissures transversales		X		
Usure ondulatoire			X	Dans les courbes étroites

2.16 RhB

2.16.1 Profil de roue

2.16.1.1 Dessin

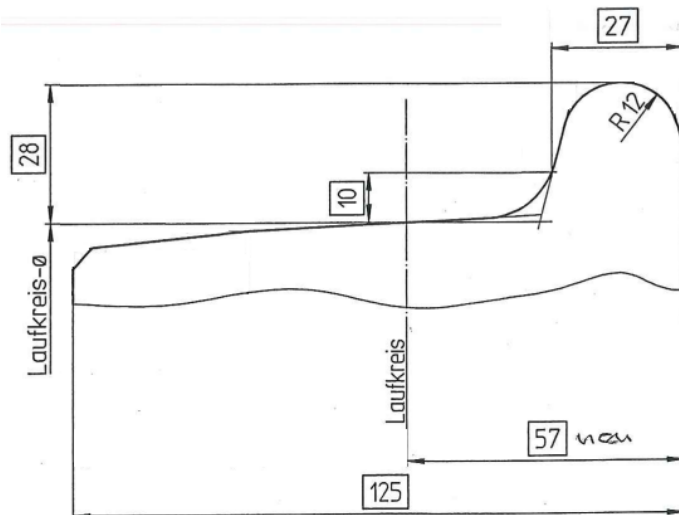


Figure 25 Profil de roue W98 utilisé par les RhB.

2.16.1.2 Raisons de l'introduction

L'introduction du W 98 a permis de s'adapter au standard UTP type A. Il y a quelques années, un profil de roue optimisé pour l'usure (W 03) a été introduit. Cependant, suite à des plaintes de clients (confort de conduite), il a fallu revenir à l'ancien profil W 98.

2.16.1.3 Expériences

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1		X		Formation d'un «deuxième boudin» ¹
Zone 2	X			
Zone 3		X		
Zone 4	X			
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			Décoloration, couleur de revenu ²
Usure du boudin	X			
Creux		X		Formation d'un «deuxième boudin» ¹
Polygonisation		X		Cause en cours d'élucidation ³

¹ Le positionnement de la semelle de frein est déterminant pour l'apparition d'un "deuxième boudin", qui peut entraîner des instabilités de marche.

² Hypothèse : Défaillance des unités de freinage à sabot, pression résiduelle (en baisse après optimisation technique)

³ Essieux moteurs et porteurs concernés.

2.16.2 Profil des rails

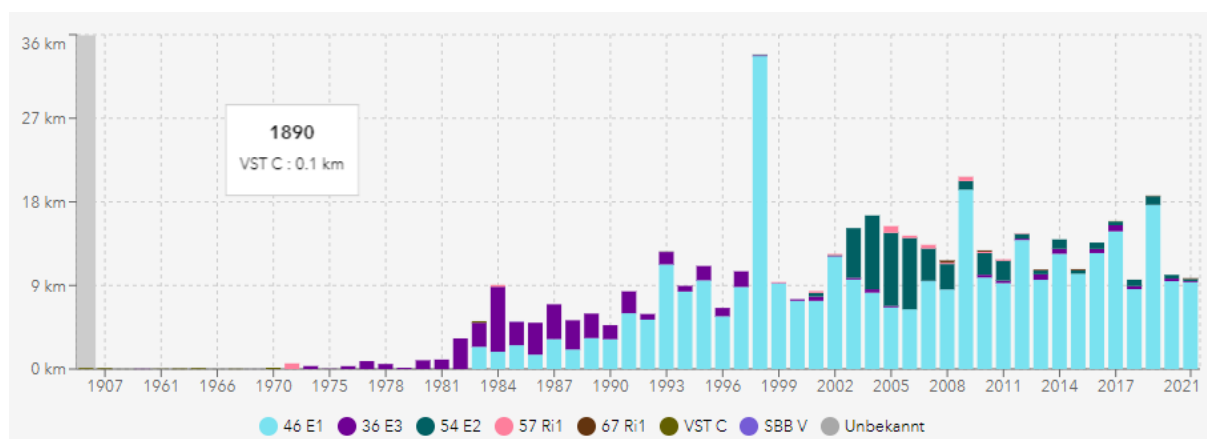


Figure 26 Nombre de kilomètres de chaque profil posés chaque année par les RhB

Profil	Proportion du réseau
36 E3	Encore env. 10%
46 E1	Env. 80 %
54 E2	Env. 10%

2.16.2.1 Raison de l'introduction

Le 54 E2 a été introduit parce que les aiguillages sont désormais souvent livrés en 54 E2. C'est pourquoi les gares en sont souvent équipées.

Pour des raisons d'usure, l'utilisation du 54 E2 est rarement judicieuse, car sur le réseau RhB, il n'y a généralement pas d'usure en hauteur verticale particulièrement élevée sur les rails, ce qui rendrait l'utilisation du 54 E2 plus judicieuse.

En cas d'usure latérale élevée des rails dans les courbes, il n'y a aucun avantage à utiliser le 54 E2, car les paramètres d'usure latérale sont atteints aussi rapidement quel que soit le profil.

En fonction de la situation dans les gares et les appareils de voie (alors éventuellement 54 E2), sinon seulement le profil 46 E1 est posé lors des renouvellements.

2.16.2.2 Expériences

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X			Jamais observé
Empreinte de patinage		X		Rarement
Headchecks	X			Aucun
Ecrasement	X			Rarement
Fissures transversales	X			Rarement
Usure ondulatoire			X	Fréquent ; la thématique est actuellement traitée quantitativement et un concept correspondant d'élimination par rectification est élaboré. En outre, la thématique est actuellement traitée dans le cadre de Railplus.

2.17 TMR

2.17.1 Profil de roue

2.17.1.1 Dessin

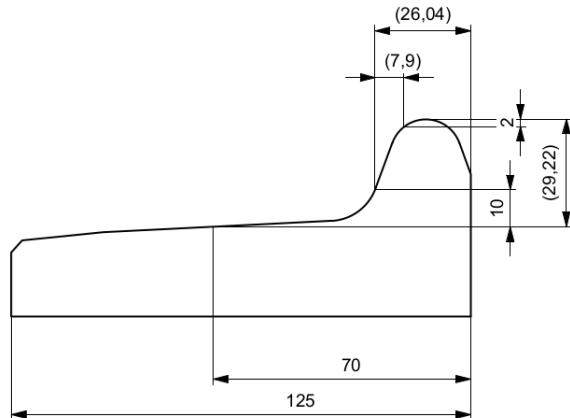


Figure 27 Profil de roue Z800 utilisé par les TMR.

2.17.1.2 Raisons de l'introduction

Profil hybride SNCF-TMR développé par SLM avec comme objectif de trouver un compromis pour l'écart entre les faces internes. Reste du profil avec conicité « standard » selon normes suisses.

2.17.1.3 Expériences

Usure env. 1mm au diam/10'000km

Reprofilages déclenchés majoritairement par un kilométrage prédéfini. Usure ne variant peu au fil des ans. Polygonisation certains bogies. Souvent la bavure au niveau du chanfrein initial de 45° sur la fin de la bande de roulement devient importante.

Domages dans la zone	Pas de dommage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1		X		A peine visible
Zone 2		X		A peine visible
Zone 3	X			
Zone 4		X		A peine visible
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			Frein à semelle utilisé que lorsque $v < 2\text{km/h}$ et FU (essais de frein), donc peu d'échauffement
Usure des boudins		X		Légère usure mais ne déclenchant pas de reprofilage
Creux	X			
Polygonisation		X		Surtout sur BP avec semelles fonte P30

2.17.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	90%
46 E1	10% Uniquement dans les appareils de voie ou en zone de gare

2.17.2.1 Raison de l'introduction

Historique pas entièrement connu. D'après des documents d'archives, le 36 E3 a été choisi pour sa facilité de mise en œuvre et son poids.

Aujourd'hui le profil 36 E 3 est utilisé en pleine voie et le 46 E1 dans les gares. Les rails pour les zones à faible rayon sont cintrés selon le rayon imposé.

Pour les faibles rayons (jusqu'à 58 mètres au TMR), l'emploi du rail UST36 est judicieux, Les contraintes d'une ligne de montagne sont multiples (transport, poids, mise en œuvre, soudage, montage de la voie, encaissement de la chaleur l'été etc...).

2.17.2.2 Expériences

L'entretien de la voie étroite, surtout en zone de montagne, doit être plus prononcé que sur la voie normale.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement	X			
Empreinte de patinage		X		
Headchecks	X			Les vitesses et le tonnage nous préservent de cela pour l'instant.
Ecrasement	X			Usure normale.
Fissures transversales	X			
Usure ondulatoire			X	Petits rayons, voie métrique, déclivité importante, changements de pente, diamètre des roues : toutes les conditions sont réunies pour de l'usure ondulatoire Récurent sur toute notre ligne, hormis en plaine.

2.18 TPC

2.18.1 Profil de roue

2.18.1.1 Dessin

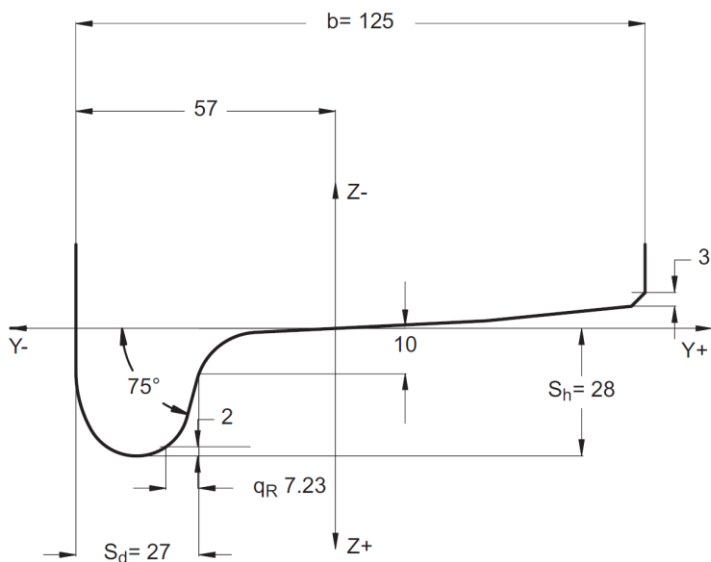


Figure 28 Profil de roue UTP A utilisé par les TPC sur les lignes AOMC et ASD.

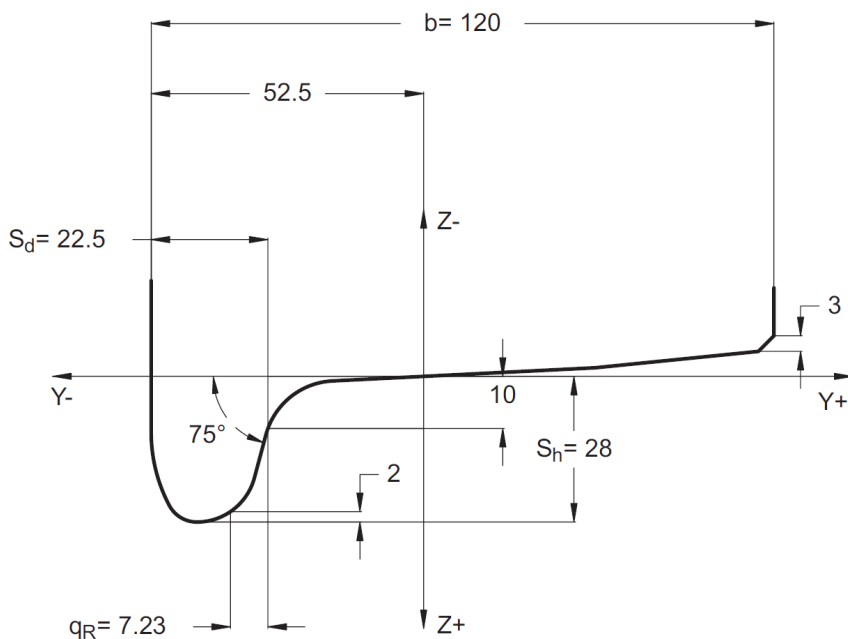


Figure 29 Profil de roue UTP B utilisé par les TPC sur les lignes AL et BVB.

2.18.1.2 Raisons de l'introduction

Selon les recommandations de la RTE 29500. Sur l'AL et le BVB, les TPC utilisent toujours le profil UTP B car l'infrastructure n'est pas aux normes pour passer à l'UTP A (branchement des gares, branchement crémaillère, rails à gorges etc. pas aux normes UTP b pour l'infrastructure) mais aussi certains véhicules construits dans les années 70/80 avec des réducteurs ne permettant pas le passage à des roues plus larges ($b = 125$ pour le profil UTP A et $b = 120$ pour UTP B).

2.18.1.3 Expériences

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2	X			
Zone 3	X			
Zone 4		X		
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin		X		
Creux		X	X	Selon la saison
Polygonisation	X			
Méplat	X			Selon la saison, possible

2.18.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	22%
46 E1	68%
57 Ri1	3%
60 Ri1	7%

2.18.2.1 Raison de l'introduction

Rail Vignole : 46 E1 standard et durabilité, 36 E3 à supprimer.

Rail à gorge : 57 Ri1 standard et durabilité, 60 Ri1 à supprimer.

2.18.2.2 Expériences

Pas de donnée.

2.19 TPF

2.19.1 Profil de roue

2.19.1.1 Dessin

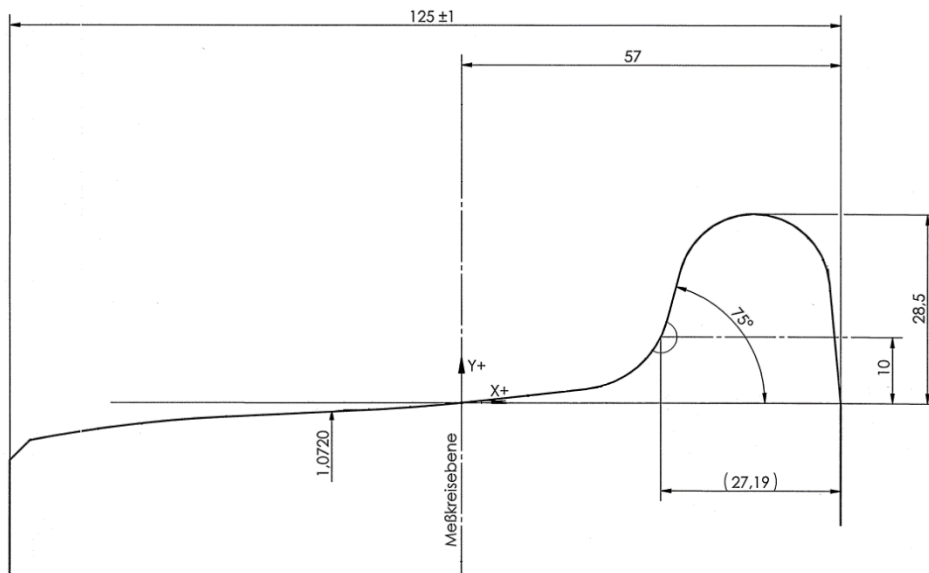


Figure 30 Profil de roue P-3-109817 B utilisé par les TPF.

2.19.1.2 Raisons de l'introduction

Historique inconnu, peut-être exigence de l'infrastructure. Au minimum parce que spécifié dans la RTE 29500.

2.19.1.3 Expériences

Pas de changement récent dans les profils.

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1	X			Ou usure jugée normale
Zone 2	X			Ou usure jugée normale
Zone 3	X			Ou usure jugée normale
Zone 4	X			Ou usure jugée normale
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin	X			
Creux	X			
Polygonisation	X			
Méplat		X		Dommage lié principalement à l'exploitation

2.19.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	Env. 60%
46 E1	Env. 30%
54 E2	Env. 10%

2.19.2.1 Raison de l'introduction

Le 46 E1 est choisi comme bon compromis entre résistance à la charge et la limite du rayon courbure minimal. Le 54 E2 est utilisé dans les gares comme solution aux problématiques d'empreintes de patinage (plus de matière sur le champignon de rail).

Renouvellement

36 E3 : anciennes installations, voué à disparaître

46 E1 : standard pleine voie

54 E2 : standard en gare

2.19.2.2 Expériences

Les objectifs semblent être atteints en théorie. Pour l'instant, des mesures et du recul manque pour le prouver dans la pratique.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		Ce défaut est de moins en moins courant.
Empreinte de patinage		X		Plutôt localisées dans les zones de fortes accélérations ou décélérations (par exemple : gares). La technologie actuelle (antipatinage) permet de diminuer considérablement ce genre de défauts.
Headchecks		X		Défauts réguliers mais mineurs. Présents dans tous types de géométries, dans les zones où les sollicitations mécaniques sont importantes (accélérations, décélérations). Lors de travaux, la présence de poussière sur la bande de roulement aurait tendance à favoriser ce type d'usure. Après les travaux et après meulage, plus tellement d'apparitions.
Ecrasement		X		Causes potentielles : manque d'entretien (pas de remplacement de rail), vitesse de circulation non adaptée au dévers dans les courbes (excès de dévers, donc écrasement du petit rayon).
Fissures transversales	X			
Usure ondulatoire		X		L'usure ondulatoire, qu'elle importe sa longueur d'onde, aura principalement tendance à apparaître dans des courbes serrées, mais aussi parfois en alignements. Quoiqu'il en soit, les causes de ce phénomène ne semblent pas toujours claires, et il semble que ce phénomène ne soient pas toujours

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
				compris. Certaines théories divergent parfois. Globalement, les longueurs d'ondes les plus présentes se situent entre 16 et 4cm (principalement autour de 8cm).

2.20 transN

2.20.1 Profil de roue

2.20.1.1 Dessin

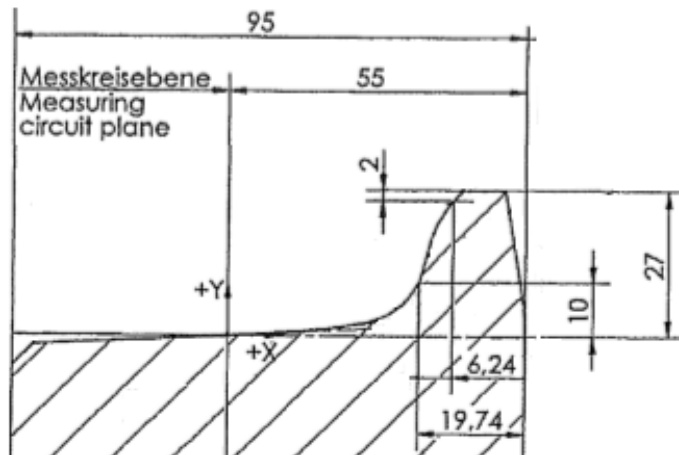


Figure 31 Profil de roue P-2-106093-F utilisé par transN sur la ligne 215.

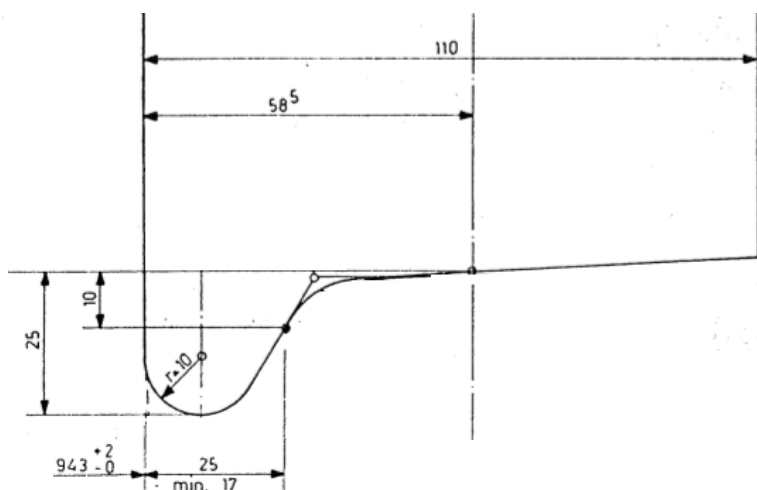


Figure 32 Profil de roue 042/1282 utilisé par transN sur les lignes 222 et 224.

2.20.1.2 Raisons de l'introduction

P-2-106093-F: Lors du changement de matériel, transN a remis en cause le profil de roue et chercher s'il est optimal. Suite à une analyse de Prose ce profil est né en 2019. Le bruit est réduit et l'usure est optimale. Profil de roue optimisé sur la base du profil de rail 46 E1.

042/1282: Raisons historiques et identique aux CJ puisque sur le même réseau.

2.20.1.3 Expériences

Domages dans la zone	Pas de dompage	Domages faibles	Domages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2	X			
Zone 3	X			
Zone 4	X			

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin		X		
Creux		X		
Polygonisation	X			
Méplat	X			

2.20.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3/ CFF V	80%.
46 E1	19%
60 Ri1	1%

2.20.2.1 Raison de l'introduction

Raisons historiques.

Tous les remplacements sont faits en 46 E1 (pleine voie et AV). Rail parfaitement adapté et suffisamment résistant.

2.20.2.2 Expériences

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		Quelques fissures horizontales dans le champignon
Empreinte de patinage		X		Quelques tâches ovales
Headchecks (en courbe; fissure dans le rayon)	X			
Ecrasement	X			
Fissures transversales		X		Décelé dans des soudures existantes
Usure ondulatoire		X		À très peu d'endroit sur une courte distance. Corrigé par meulage

2.21 TRAVYS

2.21.1 Profil de roue

2.21.1.1 Dessin

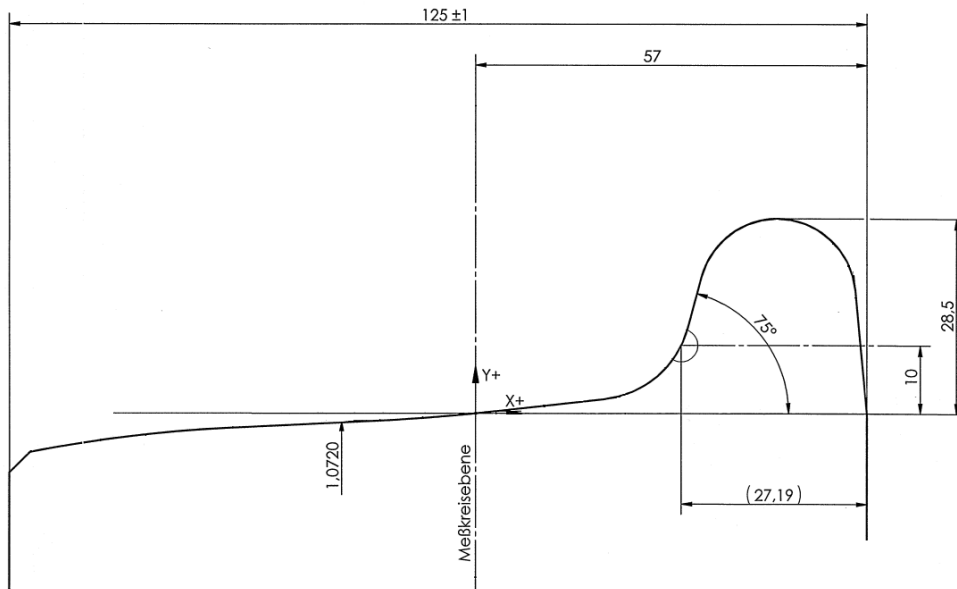


Figure 33 Profil de roue P-3-109817 B utilisé par TRAVYS.

2.21.1.2 Raisons de l'introduction

Profil du fournisseur.

2.21.1.3 Expériences

Le profil donne satisfaction.

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1	X			
Zone 2		X		Seulement GTW
Zone 3	X			
Zone 4		X		Seulement BM Be3000
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X			
Usure du boudin		X		
Creux		X		
Polygonisation	X			Rien à signaler depuis la réfection de la voie
Méplat		X		

2.21.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
36 E3	8,9%
46 E1	42%
54 E2	49,1%

2.21.2.1 Raison de l'introduction

TRAVYS remplace tous les rails par du 46 E1 350 HT.

2.21.2.2 Expériences

Domages	Pas de dommage	Domages mineurs	Domages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		
Empreinte de patinage		X		
Headchecks	X			
Ecrasement	X	X		Dépend des zones. Tous les défauts sont éliminés
Fissures transversales	X	X		Tous les défauts sont éliminés. Toutes la ligne est contrôlée aux ultrasons tous les deux ans.
Usure ondulatoire		X	X	

2.22 ZB

2.22.1 Profil de roue

2.22.1.1 Dessin

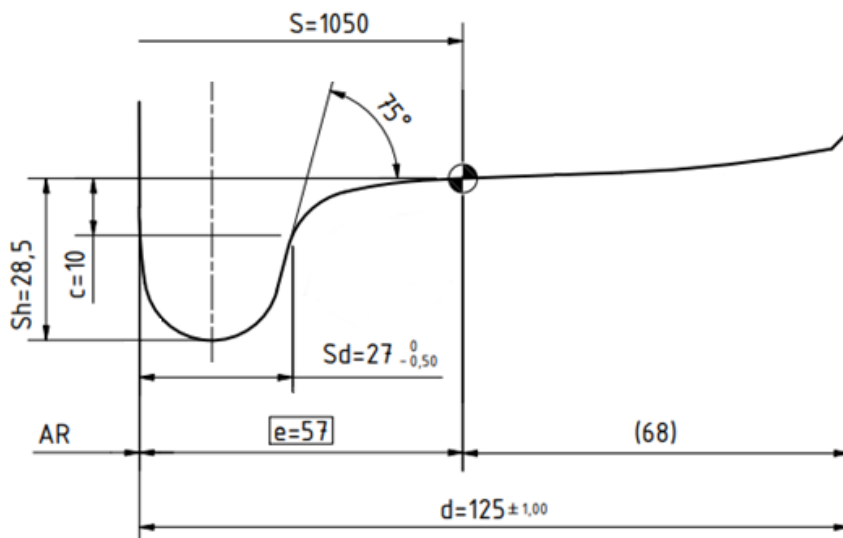


Figure 34 Profil de roue standard pour les ABt 94x et HGe 101 de la ZB.

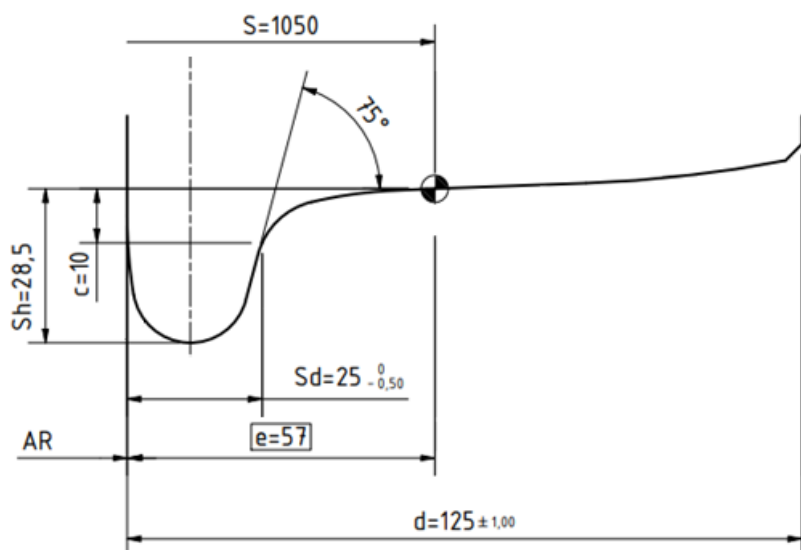


Figure 35 Profil de roue standard pour les autres véhicules de la ZB.

2.22.1.2 Raisons de l'introduction

Avec les données du profil de roue, des analyses ont été effectuées dans Calipri Explorer avec le rail 46 E1. Il a été constaté que le profil de roue de type A/RTE25900 combiné au rail 46 E1 donnait un contact en deux points. Le profil de roue a alors été optimisé avec l'aide de G. Sozio.

La position du cercle de roulement est corrigée de 62,5 à 57 (mars 2023)

Remarque : deux épaisseurs de boudin sont utilisées, car avec le plus épais (largeur nominale du boudin (S_d) de 27 mm), les bogies étaient instables sur un ancien tronçon de ligne à vitesse maximale de 100 km/h. Sur l'ABt 94x, le boudin plus fin provoque une résonance désagréable de la caisse, raison pour laquelle ce type est resté avec un S_d de 27 (ainsi que la HGe, pour des raisons historiques).

2.22.1.3 Expériences

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1		X	X	Après renouvellement de la voie
Zone 2		X		
Zone 3		X		
Zone 4	X			
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement	X	X		
Usure du boudin	X			
Creux		X		
Polygonisation		X		Variable selon le coefficient d'adhérence

2.22.2 Profil des rails

Profil	Proportion du réseau
46 E1	90 km (86 %)
54 E2	15 km (14 %)

2.22.2.1 Raison de l'introduction

Raisons historiques.

Lors de renouvellement, les profils suivants sont utilisés :

54 E2 pour les petites courbes et en gare

46 E1 partout ailleurs

2.22.2.2 Expériences

Des études ont été menées avec des moyens très simples (Excel), qui ont plus ou moins montré que la géométrie de contact n'est probablement pas optimale.

Dommmages	Pas de dommage	Dommmages mineurs	Dommmages majeurs	Remarques
Ecaillage de la table de roulement		X		Occasionnellement
Empreinte de patinage		X		Occasionnellement
Headchecks		X		Occasionnellement sur les rails les plus anciens
Ecrasement		X		Occasionnellement sur les rails les plus anciens
Fissures transversales		X		Occasionnellement sur les rails les plus anciens
Usure ondulatoire			X	Sur l'ensemble des lignes surtout les rayons de moins de 300m.

3 Résumé des résultats

3.1 Profil des roues

Les roues des véhicules de type tramway (RBS ligne G, transN ligne 215, FB, BERNMOBIL) ont tous des profils particuliers, généralement développé récemment, parfois par d'autres exploitants du réseau.

Pour les autres compagnies, seule une minorité roule avec un des trois profils de l'UTP.

Plusieurs compagnies ont développé un profil propre afin d'améliorer le contact (AB, BOB, CJ, transN, ZB). D'autres sont revenu en arrière, les nouveaux profils n'ayant pas de meilleures performances ou entraînant une baisse de confort pour les passagers (MGB, RhB). Les autres profils sont généralement les profils historiques des compagnies ou développé par le fournisseur du matériel roulant, proches des profils UTP A ou B.

La Table 1 reprend les caractéristiques principales des profils de roues des compagnies présentés au chapitre 2.

	<i>b</i>	<i>PDR</i>	γ	<i>Sd</i>	<i>Sh</i>	<i>qR</i>	
VÖV A	125	57	75	27	28	7,23	TPC (AOMC ; ASD)
VÖV B	120	52,5	75	22,5	28	7,23	AVA (WSB); FART; TPC (AL; BVV)
VÖV C	120	52,5	75	18	28	6,58	
AB AG	123.5	57.5	70	27	30		AB (AG)
AB SZ-1000mm-DML-72°-RL1-RTE	125	57	72	20.5	28	7.01	AB (TSA)
AB SZ-AB-Evo2-h28	125	57	72	26,93		7.95	AB (GAW)
AB SZ-FWB-72°-Evo2	120	56.5		22.53	25	5.25	AB (FWB)
ASM 470.0413b	120	52,5	75	22,5	23	5,2	ASM
AVA WSB	120	52,5	72	22,44	28	6,72	AVA (BDB)
BOB H.H. Vogel C R 500	125	57,5	75		28.5		BOB
CJ PD000025425	125	57	75	26,05	28	7,2	CJ
LEB P-2-112453	120	53	75	22,5	28	7,23	LEB
MBC 2-802.034.753	125	60	60		29,75		MBC
MBC TA406467	125	57,5	60		25,75		MBC
MGB RhB W98	125	57	75	27	28		MGB; RhB
MOB 11000004042	133	57,5	75	27,2	29,1	9,7	MOB (GPX)
MOB TA 403406	125	57	75	27,19	28,5	7,54	MOB; MVR
NStCM P-3-109818 A	120	53	75	22,5	28	7,23	NStCM
RBS R.02.173	120	53	75	21	28	6,12	RBS; FLP
TMR Z800	125	70		26,04	29,22	7,9	TMR
transN 042/1282	110	58,5		25	25		transN lignes 222 et 224
transN P-2-106093-F	95	55	75,96	19,74	27	6,24	transN lignes 215
Travys TPF MBC P-3-109817 B	125	57	75	27,19	28,5		Travys; TPF; MBC
ZB 701/2020-RP	125	57	75	27	28,5		ZB: ABt 94x & HGe 101: standard
ZB 751/2020-RP	125	57	75	25	28,5		ZB: autres véhicules: standard

Table 1 Résumé des profils de roue.

3.2 Profils des rails

Dans leur majorité, les compagnies de chemins de fer métriques utilisent des rails de type 46 E1. Sur certaines zones à forte usures (gares) ou dans les zones peu accessibles (tunnels), on retrouve du 54 E2. Ce profil a un champignon plus haut, permettant un meulage/fraisage plus conséquent. Contrairement au 36 E3 et au 54 E2, le 46 E1 a une joue droite (contre 1:20 pour les deux autres). Les principales caractéristiques géométriques des profils de rails sont décrites dans la Table 2.

Profil	R1	R2	R3	Pente de la joue	Largeur du champignon	Hauteur du champignon
36 E3	13	N/A	200	1:20	62	32,7
46 E1	13	80	300	1: ∞	65	36,9
54 E2	13	80	300	1 :20	69,5	38,7

Table 2 Principales caractéristiques de la géométrie de contact des trois profils de rail les plus courants.

Les autres profils Vignole (36 E3 et VST C) disparaissent généralement au profit du 46 E1 lors des remplacements de rails.

Entreprise ferroviaire	Rail	Remarques
AB	46 E1 (41%) ; 36 E3 (21%) ; Inconnu (25%) ; Divers rails à gorge (5%)	Renouvellement Vignole : 46 E1.
ASM	46 E1 (91%) ; 54 E2 (5% 3 rails)	Autres : 4%.
AVA	46 E1	Moins de 10% autres. Les remplacements sont fait en 46 E1.
BOB	36 E3 (26%) ; 46 E1 (72%) ; 54 E2 (2%)	Renouvellement en 46 E1 ; 54 E2 pour les grands AV.
CJ	46 E1 (53%) ; 36 E3 (37%) ; CFF V (10%)	Renouvellement : 46 E1.
FART	46 E1 (70%) ; 36 E3 (30%)	Renouvellement : 46 E1.
FLP	36 E3 (58%) ; 46 E1 (41%)	Renouvellement : 46 E1.
LEB	46 E1 (82%) ; 54 E2 (18%)	54 E2 dans les tunnels ; 46 E1 partout ailleurs.
MBC	46 E1 (100%)	
MGB	46 E1 (86%) ; 54 E2 (4%)	Divers : 10%. Renouvellement : 46 E1 (standard) et 54 E2 (si infrastructure mauvaise).
MOB	46 E1 (80%) ; 54 E2 (16%) ; 36 E3 (4%)	Renouvellement 46 E1 et 54 E2.
RBS	46 E1 (97%) ; 54 E2 (3%)	54 E2 dans les branchements.
RhB	46 E1 (80%) ; 36 E3 (10%) ; 54 E2 (10%)	Renouvellement 46 E1 (standard) et 54 E2 (certaines gares et appareils de voie).
TMR	36 E3 (90%) ; 46 E1 (10%)	46 E1 uniquement pour les appareils de voie ou en zone de gare.
TPC	46 E1 (68%) ; 36 E3 (22%) 60 Ri1 (7%) ; 36 E1 (3%)	Renouvellement : 46 E1 et 57 Ri1.
TPF	46 E1 (30%) ; 36 E3 (60%) ; 54 E2 (10%)	Renouvellement : 46 E1 (pleine voie) et 54 E2 (gares).
transN	36 E3 (80%) ; 46 E1 (19%)	Renouvellement : 46 E1.
TRAVYS	36 E3 (9%) ; 46 E1 (42%) ; 54 E2 (49%)	Renouvellement : 46 E1.
ZB	46 E1 (86%) ; 54 E2 (14)	Renouvellement : 46 E1 et 54 E2 (petits rayons et gares).

Table 3 Résumé de l'utilisation des types de rails.

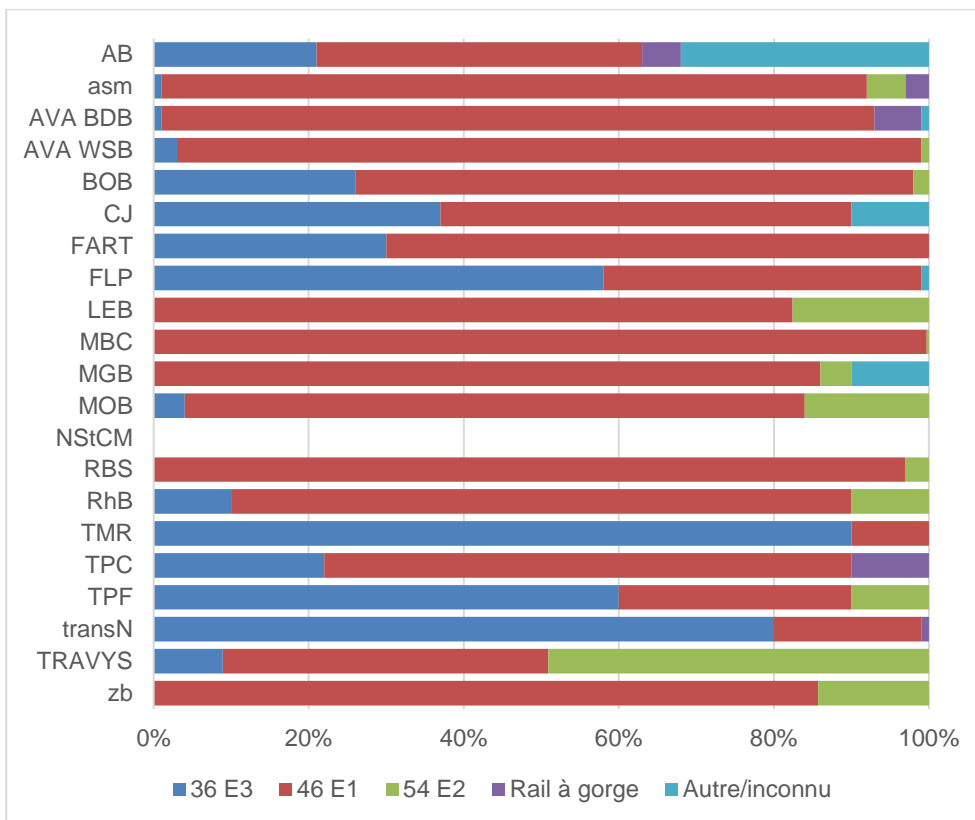
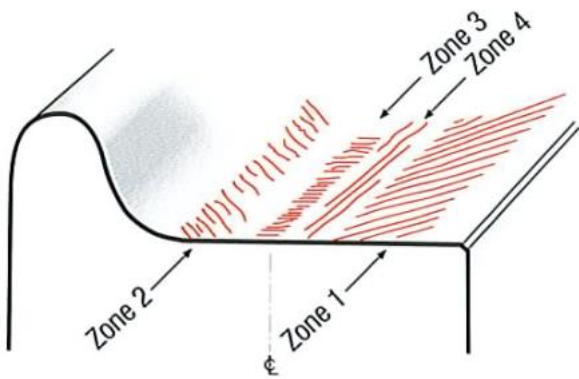


Figure 36 Répartition des profils de rail par compagnie.

3.3 Dommages sur les roues



*Rollkontaktermüdung –
 Lage der Zonen auf der Lauffläche*

Figure 37 Description des zones des fissures sur les roues.

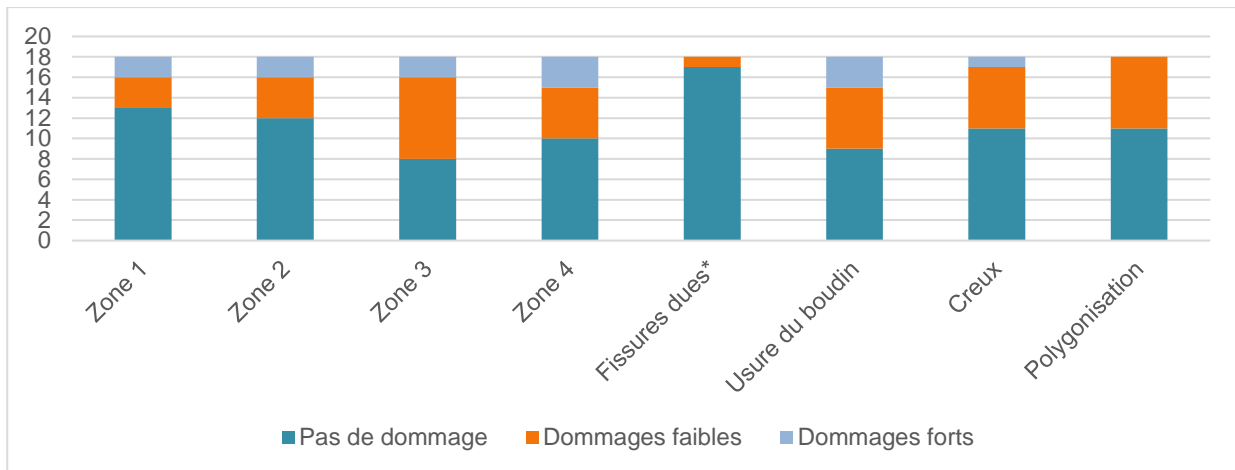


Figure 38 Fréquence des dommages sur les différentes zones de roues et type de dommages. Une réponse par ETF.
 *Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement.

3.4 Dommages sur les rails

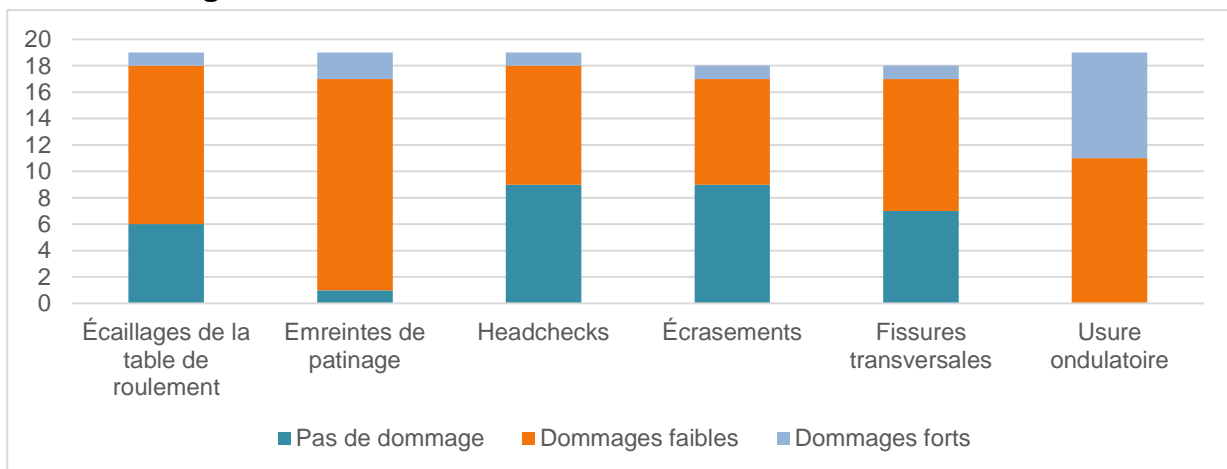


Figure 39 Fréquence des dommages sur les rails. Une réponse par GI.

4 Conclusion et développement

Les entreprises ferroviaires métriques utilisent une grande diversité de profils de roues. Les raisons du développement de ceux-ci sont diverses, profils historiques, profils développés pour réduire l'usure en interne ou avec l'aide d'une entreprise externe ou encore proposé par le fournisseur du véhicule.

La tendance est au remplacement des rails légers par du 46 E1 et parfois 54 E2 dans les zones à forte usure. Des exceptions subsistent. Les critères pour ces choix sont différents pour toutes les GI. Cela peut venir des conditions d'exploitation et d'accessibilité des chantiers spécifiques, mais aussi une politique de renouvellement différente ou un manque de connaissance.

L'usure et les dommages sur les roues sont variables d'une ETF à l'autre, voire d'un type de véhicule à l'autre. Les besoins d'amélioration ne sont pas les mêmes partout. Les données sont qualitatives. Pour une meilleure analyse, besoin d'une description quantitative. La compréhension du contact rail-roue ainsi l'usure et les dommages qui y sont liés sont très variables. Il y a déjà des connaissances chez certaines entreprises ferroviaires mais peu de collaboration sur cette thématique. Les améliorations sont souvent isolées.

Ce document permet d'avoir une vue d'ensemble au niveau national des profils existants permettant une approche plus globale sur cette question, notamment pour le développement de profils de roues et rails plus adaptés pour les différents types de lignes.

5 Index

5.1 Références

- [1] Railplus, Grundlagenscanning Umfrage Bahnen. Rapport technique, 14.10.2022
- [2] UTP, *R RTE 29500 Standardisation – Essieux et branchements – Voie métrique*. Norme, 31.01.2007
- [3] UTP, *D RTE 22540 Guide pratique de la voie ferrée – Ecartement métrique et spécial*. Norme, 15.01.2011

5.2 Figures

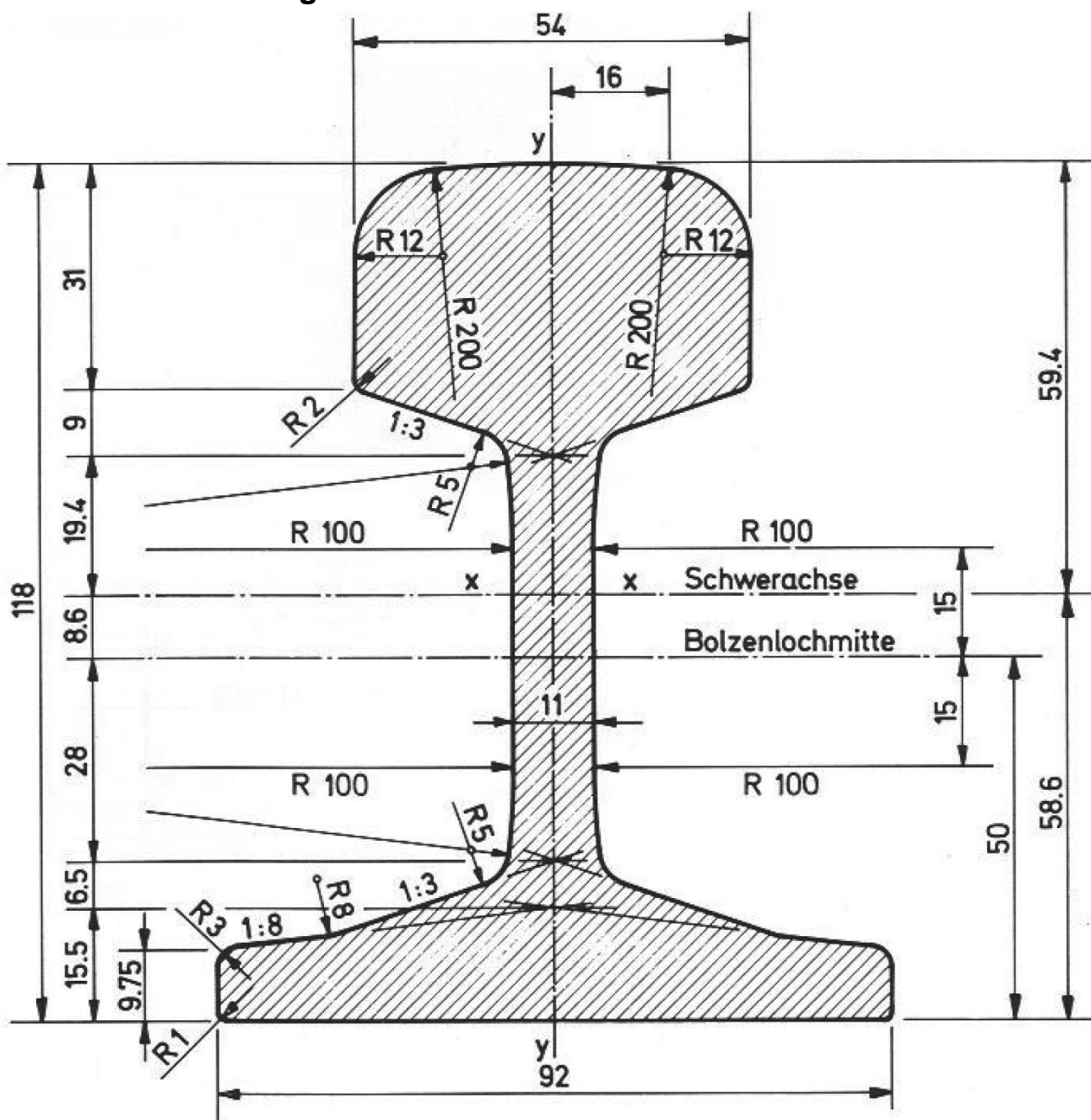
Figure 1 Profil SZ-FWB-72°-Evo2 utilisé par AB sur la ligne FWB.....	7
Figure 2 Profil SZ-AB-Evo2-h28 utilisé par les AB sur la ligne GAW.	7
Figure 3 Profil SZ-1000mm-DML-72°-RL1-RTE utilisé par les AB sur la ligne TSA.	7
Figure 4 Profil AG utilisés par les AB.	8
Figure 5 Profil de roue ASM 470.0413b.	11
Figure 6 Profil de roue AVA BDB.	13
Figure 7 Profil de roue IFB-BM-2009-12c1 utilisé par BERNMOBIL.	15
Figure 8 Profil H.H. Vogel C R 500 est aujourd’hui en service au BOB.	16
Figure 9 Profil ZFW 311.00.149.4, utilisé aujourd’hui que sur les anciens véhicules de service légers (BOB).....	16
Figure 10 Profil de roue PD000025425 utilisée par les CJ.	19
Figure 11 Profil de roue UTP B utilisé par la FART.	21
Figure 12 Profil de roue IFBVBZ09085f utilisé par la FB.	23
Figure 13 Profil de roue R.02.173 utilisé par le FLP.	24
Figure 14 Profil de roue P-2-112453 utilisé par le LEB.....	26
Figure 15 Profil de roue TA 406467 utilisé par les MBC pour les véhicules suivants : Be 10, Be 30 et Bt 50.	28
Figure 16 Profil de roue P-3-109817 B utilisé par les MBC.	28
Figure 17 Profil de roue 2-802.034.753 utilisé par les MBC pour les Ge 4/4.	28
Figure 18 Profil de roue W98 utilisé par la MGB.....	31
Figure 19 Profil de roue TA 403406 utilisé par le MOB et MVR pour les véhicules hors GPX.	34
Figure 20 Profil de roue 11000004042 utilisé par le MOB pour les voitures GPX.....	34
Figure 21 Profil de roue P-3-109818 A utilisé sur les véhicules modernes du NStCM.....	36
Figure 22 Profil de roue R.02.173 utilisé par le RBS.	37
Figure 23 Profil de roue R.02.132 utilisé par le RBS sur la ligne G.....	37
Figure 24 Profil de roue R.02.192 utilisé par le RBS sur la ligne G.....	38
Figure 25 Profil de roue W98 utilisé par les RhB.	40
Figure 26 Nombre de kilomètres de chaque profil posés chaque année par les RhB.....	41
Figure 27 Profil de roue Z800 utilisé par les TMR.	43
Figure 28 Profil de roue UTP A utilisé par les TPC sur les lignes AOMC et ASD.	45
Figure 29 Profil de roue UTP B utilisé par les TPC sur les lignes AL et BVB.....	45
Figure 30 Profil de roue P-3-109817 B utilisé par les TPF.....	47
Figure 31 Profil de roue P-2-106093-F utilisé par transN sur la ligne 215.	50
Figure 32 Profil de roue 042/1282 utilisé par transN sur les lignes 222 et 224.	50
Figure 33 Profil de roue P-3-109817 B utilisé par TRAVYS.....	52
Figure 34 Profil de roue standard pour les ABt 94x et HGe 101 de la ZB.	54
Figure 35 Profil de roue standard pour les autres véhicules de la ZB.....	54
Figure 36 Répartition des profils de rail par compagnie.	58
Figure 37 Description des zones des fissures sur les roues.....	59
Figure 38 Fréquence des dommages sur les différentes zones de roues et type de dommages. Une réponse par ETF. *Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement.....	59
Figure 39 Fréquence des dommages sur les rails. Une réponse par Gl.....	59
Figure 40 Profil de rail VST C.....	63
Figure 41 Profil de rail 36 E3 (ancienne dénomination VST 36).	64

Figure 42 Profil de rail 46 E1 (ancienne dénomination CFF I).....	65
Figure 43 Profil de rail 54 E2 (ancienne dénomination CFF IV).....	66
Figure 44 Profil de rail 57 Ri1 (ancienne dénomination Ph 37).....	67
Figure 45 Profil de rail 60 Ri1 (ancienne dénomination Ri 60).....	68
Figure 46 Profil de rail 55 Ri2.....	69
Figure 47 Fatigue du contact de roulement - Emplacement des zones sur la bande de roulement. ...	70

5.3 Tabellen

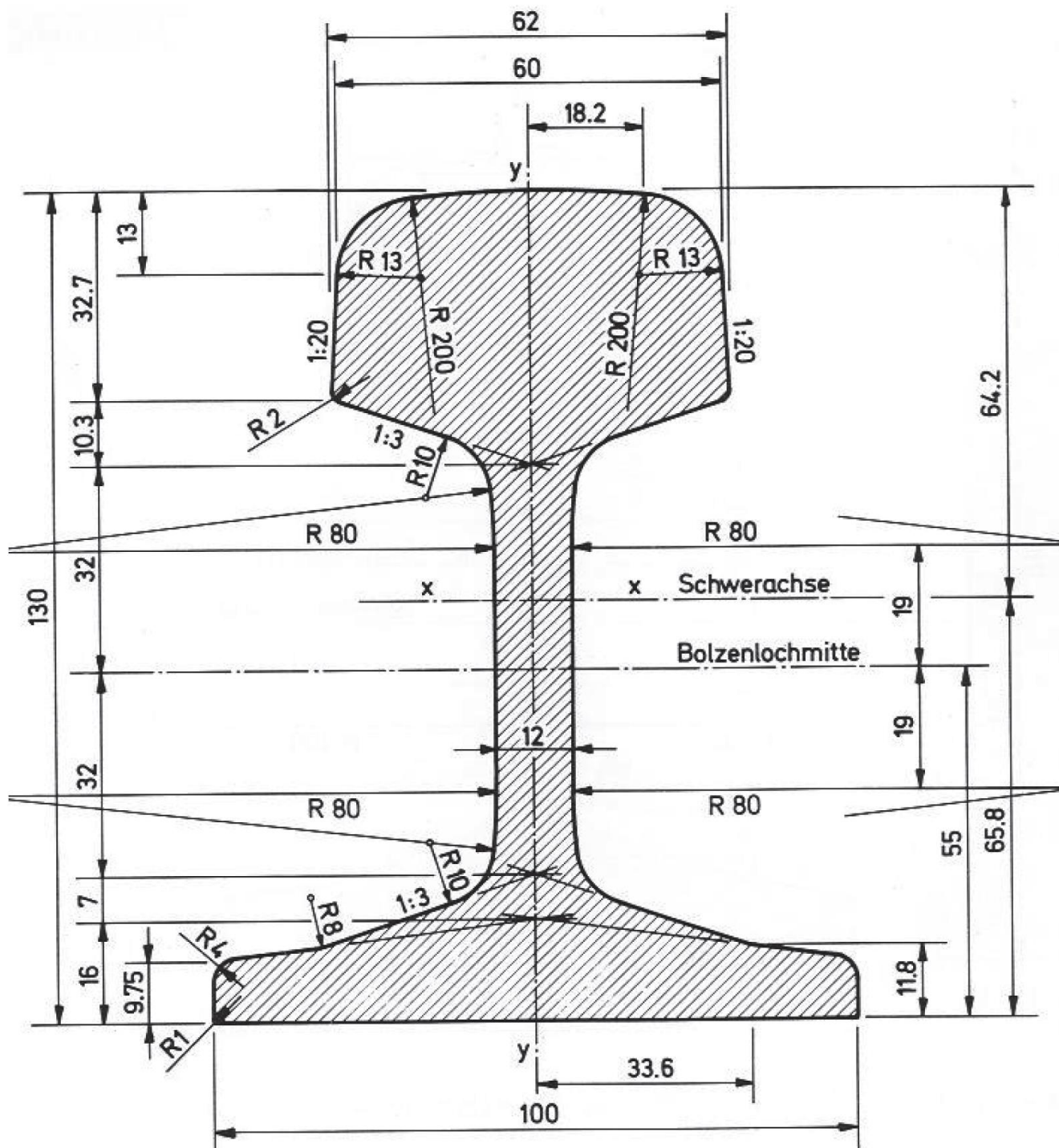
Table 1 Résumé des profils de roue.....	57
Table 2 Principales caractéristiques de la géométrie de contact des trois profils de rail les plus courants.	57
Table 3 Résumé de l'utilisation des types de rails.	58

A. Annexe Rail Vignole



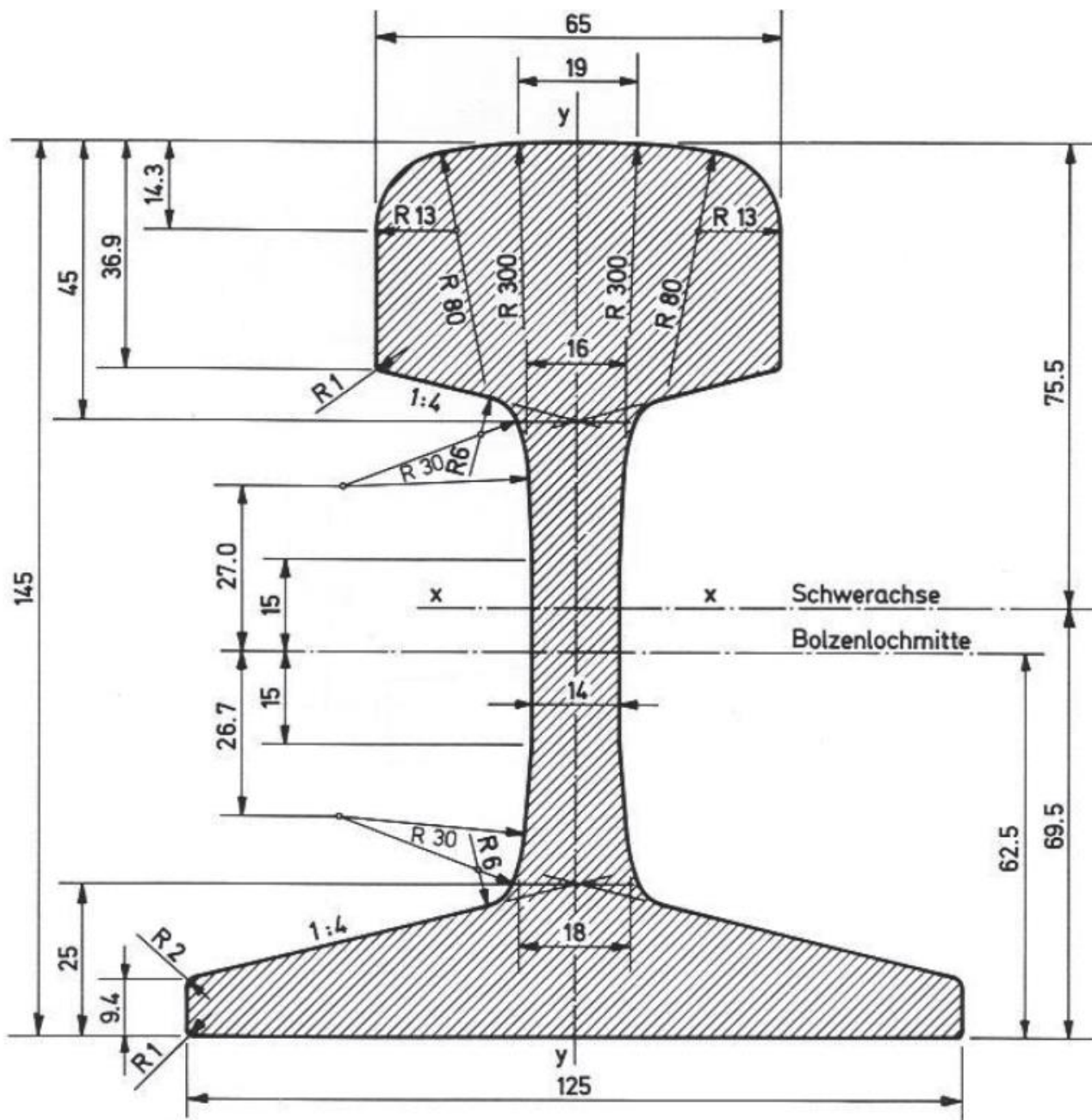
$F = 38.6 \text{ cm}^2$, $G = 30.1 \text{ kg/m}$, $J_x = 687.0 \text{ cm}^4$, $W_{xK} = 115.6 \text{ cm}^3$, $W_{xF} = 117.2 \text{ cm}^3$, $J_y = 122.0 \text{ cm}^4$

Figure 40 Profil de rail VST C.



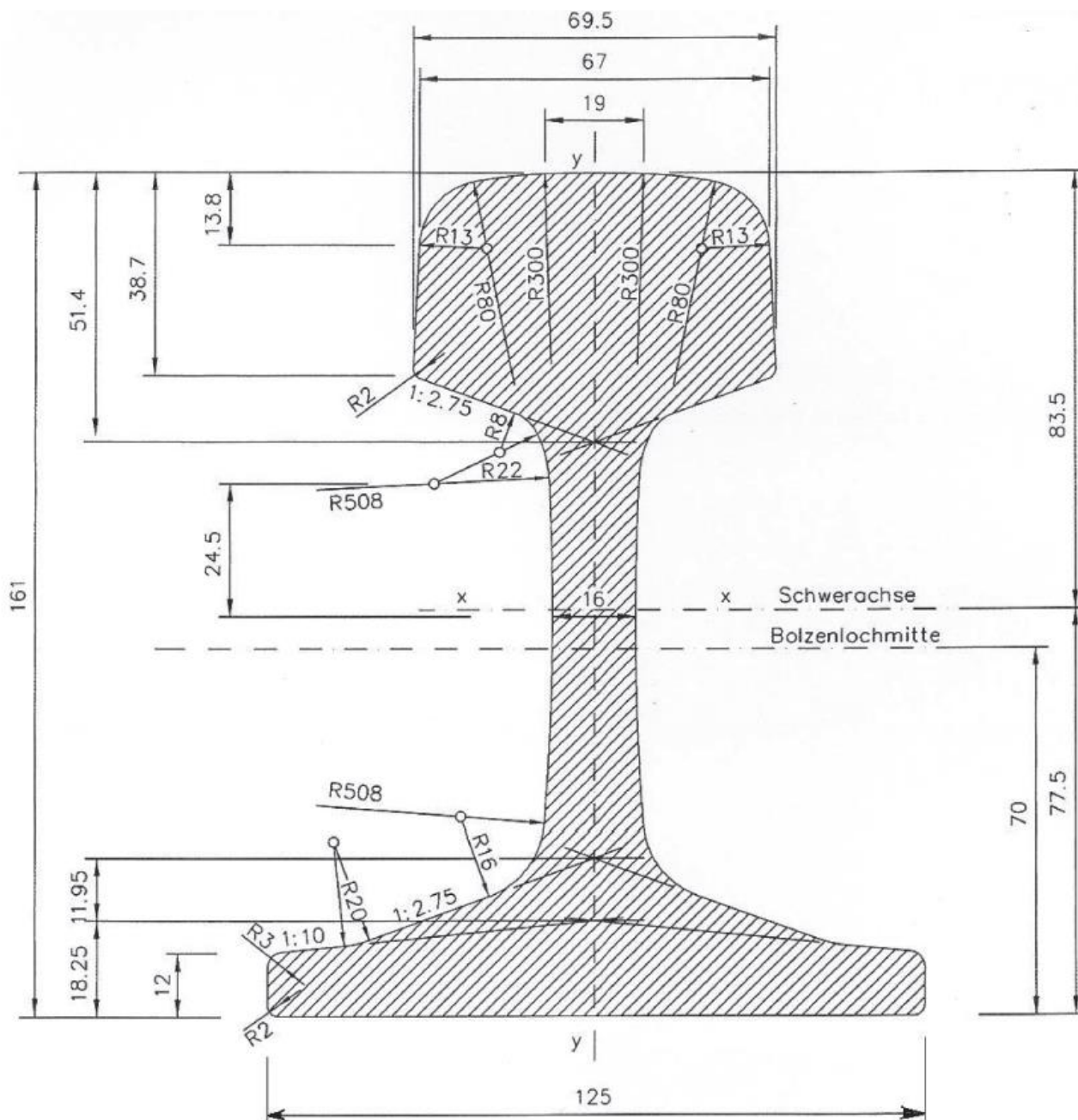
$F = 45.51 \text{ cm}^2$, $G = 35.73 \text{ kg/m}$, $J_x = 1003.6 \text{ cm}^4$, $W_{xK} = 156.3 \text{ cm}^3$, $W_{xF} = 152.5 \text{ cm}^3$, $J_y = 156.7 \text{ cm}^4$

Figure 41 Profil de rail 36 E3 (ancienne dénomination VST 36).



$F = 58.8 \text{ cm}^2$, $G = 46.16 \text{ kg/m}$, $J_x = 1631.0 \text{ cm}^4$, $W_{xK} = 216.3 \text{ cm}^3$, $W_{xF} = 235.16 \text{ cm}^3$, $J_y = 298.0 \text{ cm}^4$
 $W_{yF} = 47.66 \text{ cm}^3$,

Figure 42 Profil de rail 46 E1 (ancienne dénomination CFF I).



$F = 68.6 \text{ cm}^2$, $G = 53.81 \text{ kg/m}$, $J_x = 2308.0 \text{ cm}^4$, $W_{xK} = 276.4 \text{ cm}^3$, $W_{xF} = 297.8 \text{ cm}^3$, $J_y = 341.3 \text{ cm}^4$,
 $W_{yF} = 54.6 \text{ cm}^3$

Figure 43 Profil de rail 54 E2 (ancienne dénomination CFF IV).

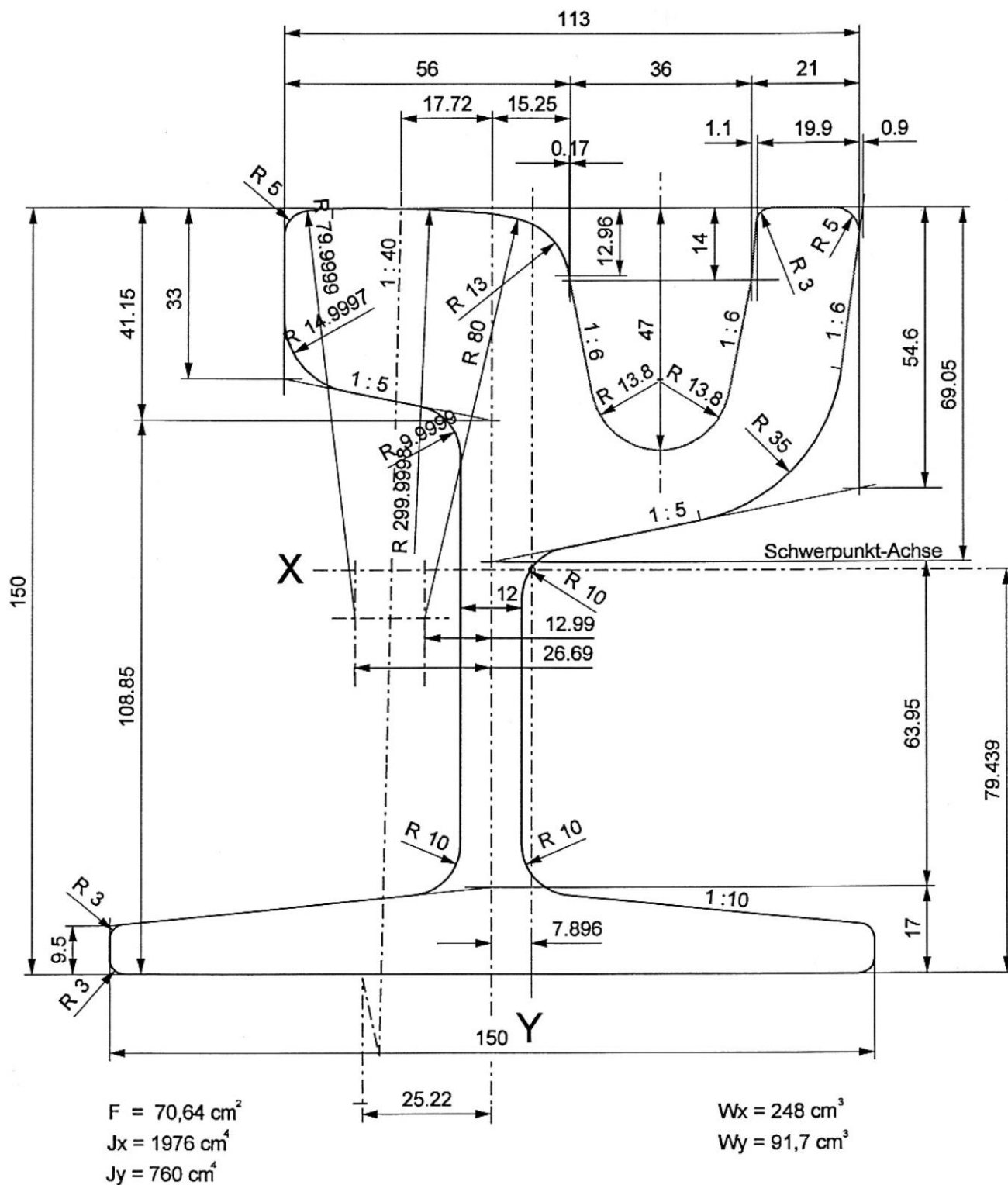


Figure 46 Profil de rail 55 Ri2.

C. Annexe Formulaire envoyé aux entreprises ferroviaires

Le questionnaire suivant a été envoyé aux entreprises ferroviaires durant le printemps 2023. Celui-ci était prérempli à l'aide des réponses au questionnaire du P1 *Grundlagenscanning* [1]. Les entreprises ferroviaires ont été invitées à corriger et à compléter les réponses.

Profil de roue

Réponse :

Dessin

Réponse :

Raisons de l'introduction

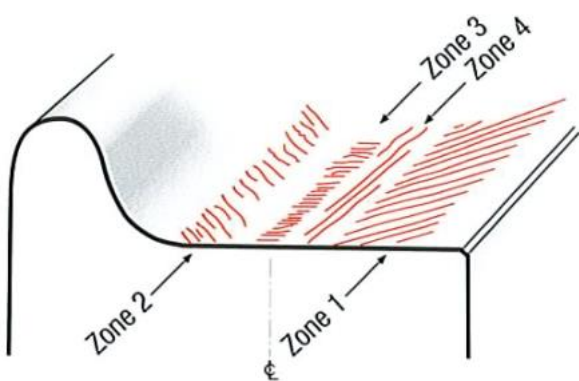
Exemple : historique, recherche pour réduire l'usure du boudin, augmenter la conicité...

Réponse :

Expériences

Type d'usure avec ces profils, autres expériences. Amélioration ou modification de comportement en cas de changement de profil récent

Réponse :



**Rollkontaktermüdung –
 Lage der Zonen auf der Lauffläche**

Figure 47 Fatigue du contact de roulement - Emplacement des zones sur la bande de roulement.

Répondre avec des croix.

Dommages dans la zone	Pas de dommage	Dommages faibles	Dommages forts	Remarques
Zone 1				

Dommmages dans la zone	Pas de dommage	Dommmages faibles	Dommmages forts	Remarques
Zone 2				
Zone 3				
Zone 4				
Fissures dues à la chaleur de la semelle de frein sur la partie extérieure de surface de roulement				
Usure du boudin				
Creux				
Polygonisation				

Profil des rails

Profil	Proportion du réseau

Raisons de l'introduction

Raison de l'introduction de chaque profil

Exemple : historique, profil le meilleur marché, plus de matière pour reprofiler...

Réponse :

Quels profils sont posés aujourd'hui ? selon quels critères ?



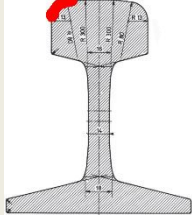
Réponse :

Expériences

Retour d'expérience. Les objectifs de l'introductions sont-ils atteints ?

Réponse :

Répondre avec des croix.

Dommages	Pas de dommage	Dommages mineurs	Dommages majeurs	Remarques	
Ecaillage de la table de roulement					
Empreinte de patinage					
Headchecks (en courbe; fissure dans le rayon)					
Ecrasement					
Fissures transversales					
Usure ondulatoire					