

10.10.2023

Rigidité de la voie 2023

Maîtrise de système Interaction Véhicule / Voie




RAILplus
Interaction



Mandat de projet

Projet P4

Rigidité de la voie

Situation de départ : voie ferrée voie métrique

Accumulation de problèmes à l'interface véhicule - voie ferrée

De nombreux chemins de fer à voie métrique constatent ces dernières années une accumulation de problèmes dans le domaine des interactions :

- ❑ Dommages et usure de la voie
- ❑ Dommages et usure des véhicules
- ❑ Émissions (bruit / vibrations)

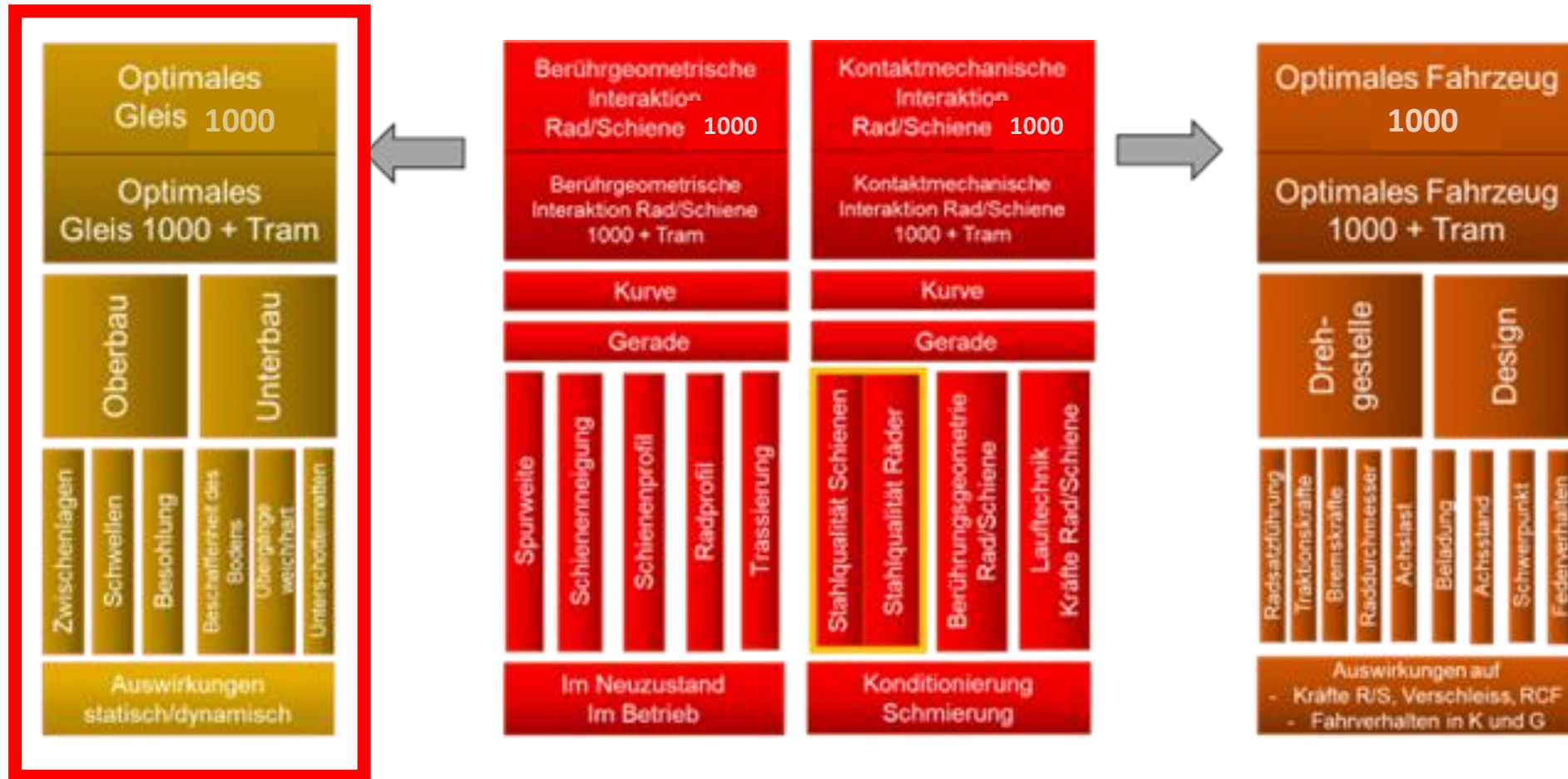
Conséquences

- ❑ Coûts élevés du système, en hausse
- ❑ Problèmes de disponibilité
- ❑ Réclamations des riverains



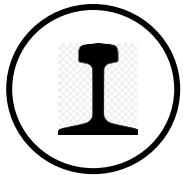
Intégration dans le système général

Rigidité de la voie - Interaction roue-rail - véhicule

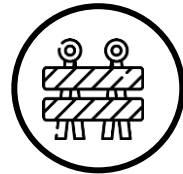


Objectifs supérieurs

Points forts du programme de recherche sur l'infrastructure ferroviaire



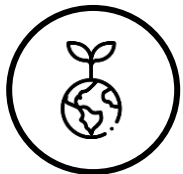
Exploitation ferroviaire optimisée en fonction de l'usure



Amélioration du maintien de la substance de l'infrastructure ferroviaire



Optimisation des coûts (exploitation, entretien ou aménagement de l'infrastructure ferroviaire)



Amélioration de la compatibilité environnementale de l'infrastructure ferroviaire

Objectifs rigidité de la voie

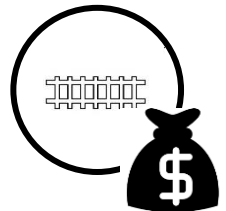
Intégration dans le système général



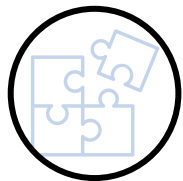
Rassembler les connaissances de base sur la chaîne de causalité actions - sollicitation - réaction du matériau, localiser les connaissances manquantes.



Elaborer les connaissances nécessaires manquantes. Comblar les lacunes du savoir



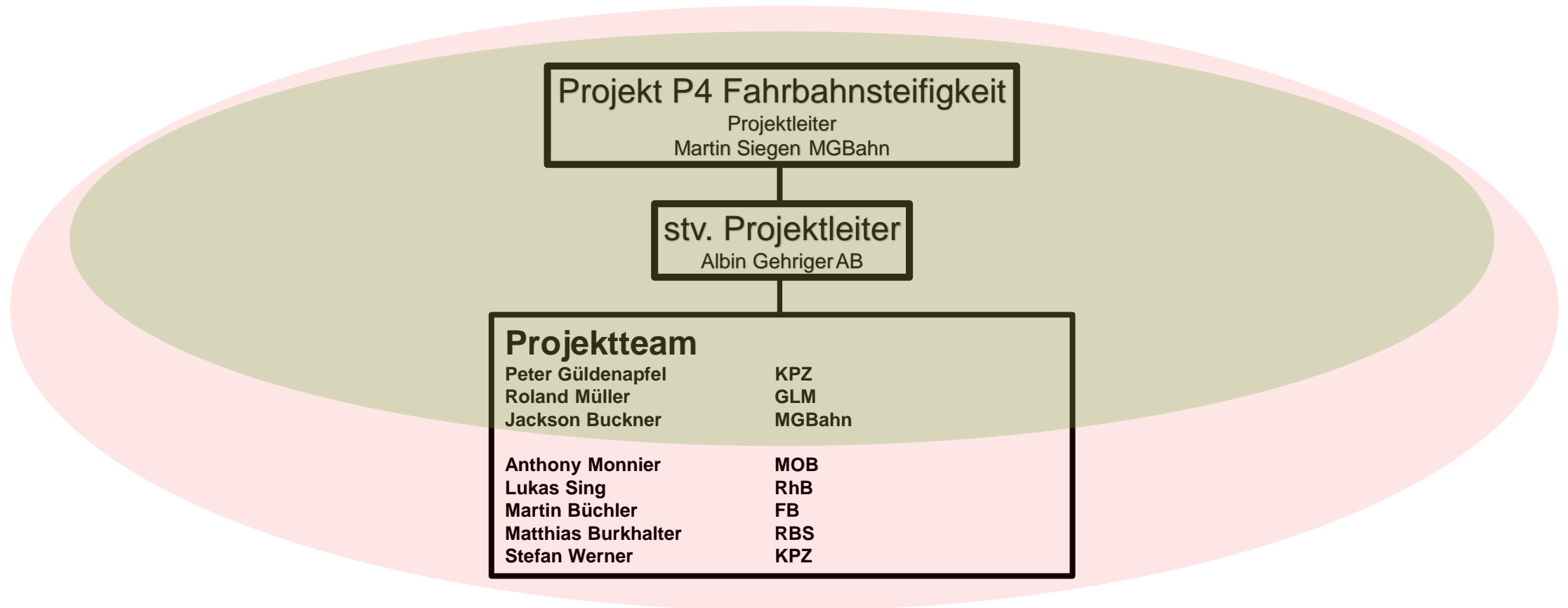
Reconnaître les limites et le potentiel d'optimisation lors de la conception de la chaussée ; augmenter la qualité de la chaussée, sous la prémisse de la rentabilité, Best Practice



Elaborer des règles pour l'application pratique dans les chemins de fer, dans la mesure où cela n'est pas couvert par des réglementations/ordonnances ou des normes et des règles/directives internationales et nationales existantes. La transférabilité de ces dernières à la voie métrique doit être validée.

Organisation projet P4

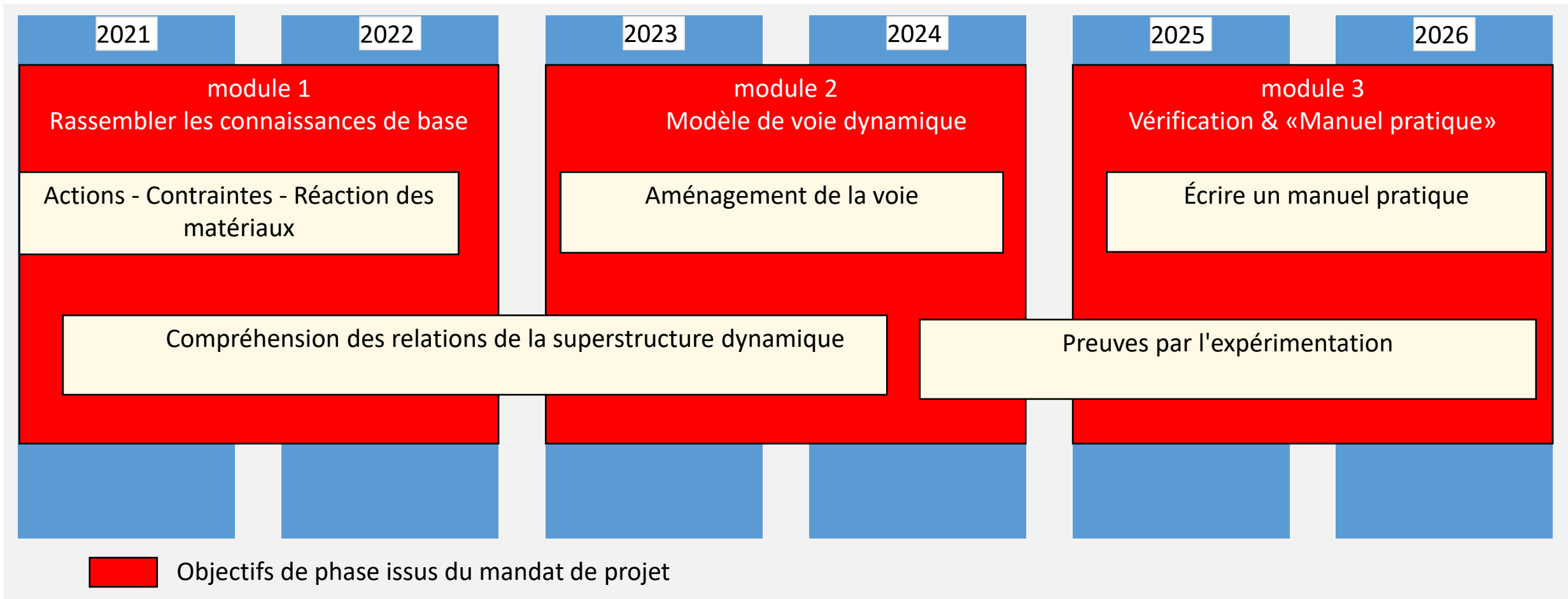
Organigramme



Plan de route
projet P4
Rigidité de la voie

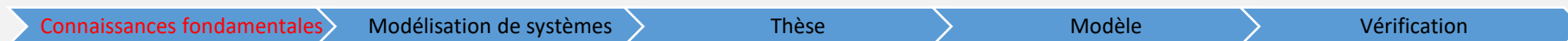
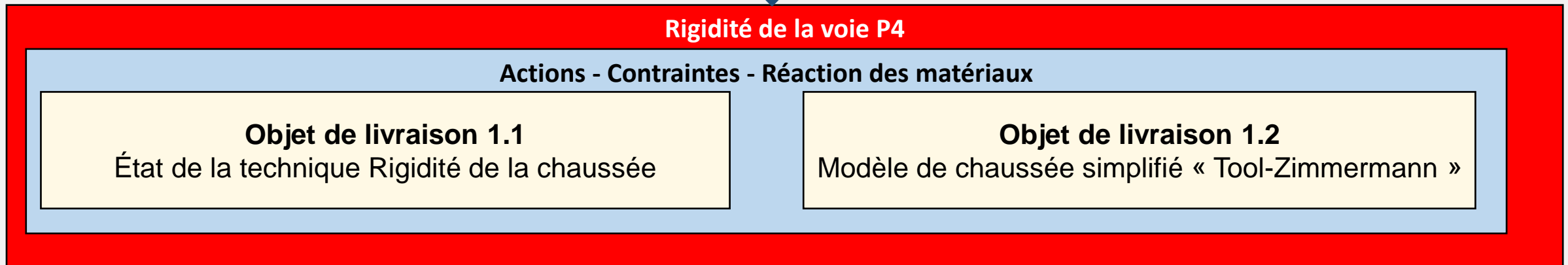
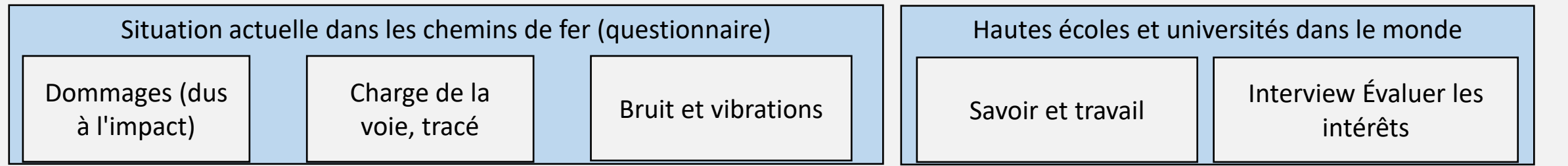
Plan de route

Vue d'ensemble



Plan de route

2021 -2022



Plan de route

2023



Objet de livraison 1.3

Communication individuelle et écrite du rapport "Etat de la technique" et du modèle Zimmermann aux chemins de fer à voie métrique. Appréciation critique du rapport "State of the Art P4 Rigidité de la voie" par l'Université technique de Munich

Plan de route

2023

Actions - Contraintes - Réaction des matériaux



Bases du modèle de voie dynamique

Compréhension des relations de la superstructure dynamique

Collaborer avec : établir des hautes écoles / des universités / des instituts de recherche / des entreprises



Paramètres du système

Amortissement

Effets dynamiques

Rigidité verticale

Modification rig. vert. sur la longueur

Objet de livraison 2.1

Rapport d'évaluation sur l'applicabilité du facteur d'usure TU Graz pour les chemins de fer à voie métrique

Objet de livraison 2.2

Création des formes de chaussées à examiner et des zones de tolérance de la voie correspondantes avec évaluation

Connaissances fondamentales

Modélisation de systèmes

Thèse

Modèle

Vérification

Plan de route

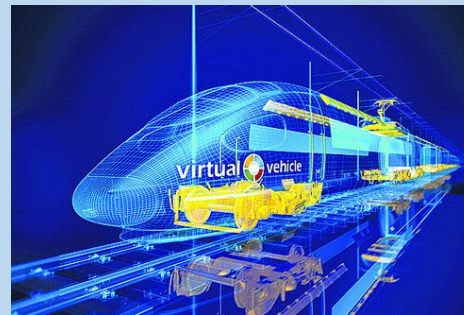
2024

Principes de base du modèle de voie dynamique



Création d'un modèle de voie Vif

Eléments standard de la voie
Eléments d'amortissement
Expériences



Objet de livraison 2.3

Communiquer les résultats de 2023 sur la classification des éléments standard.

Objet de livraison 2.4

Premier prototype de modèle dynamique de chaussée créé.

Vade-mecum sur la voie

Manuel pratique, utilisation, entretien

Connaissances fondamentales

Modélisation de systèmes

Thèse

Modèle

Vérification

Plan de route

2025

Modèle de la voie dynamique



Preuves par l'expérimentation

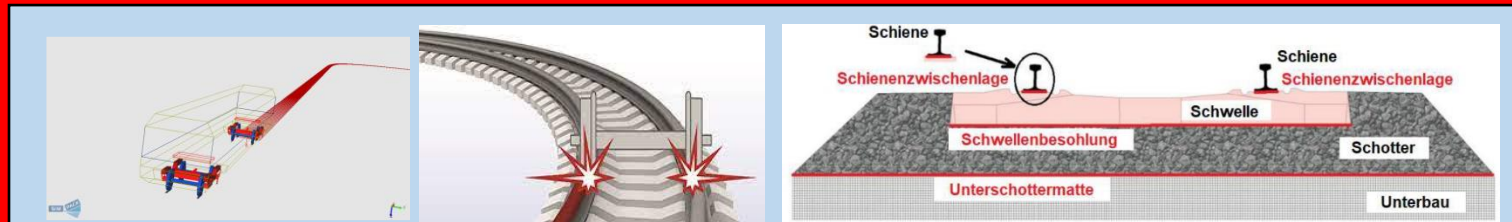


- Dispositif expérimental

- Réalisation de l'expérience

- Evaluation de l'expériment

Vérification, analyse des données



système optimal, rentabilité, potentiel d'optimisation

Connaissances fondamentales

Modélisation de systèmes

Thèse

Modèle

Vérification

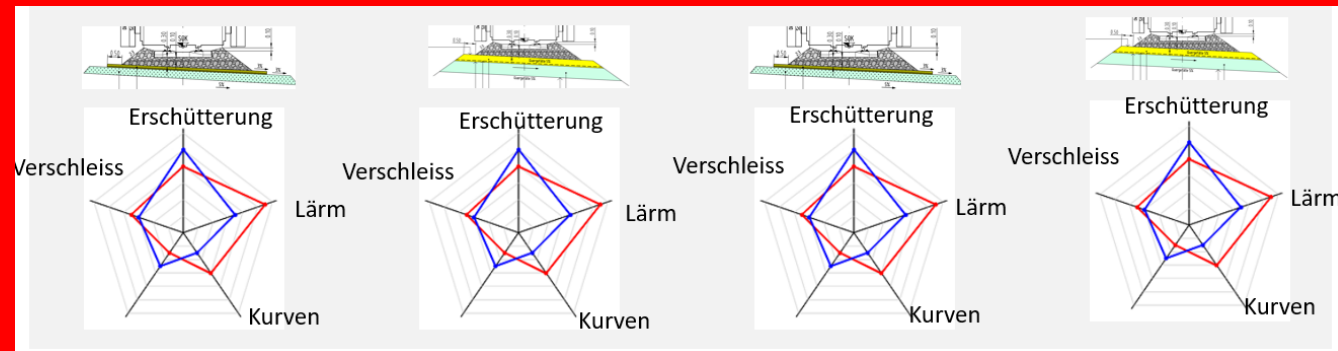
Plan de route

2026

Analyse des données, calcul de rentabilité



Livre de cuisine Best Practice



Constatations

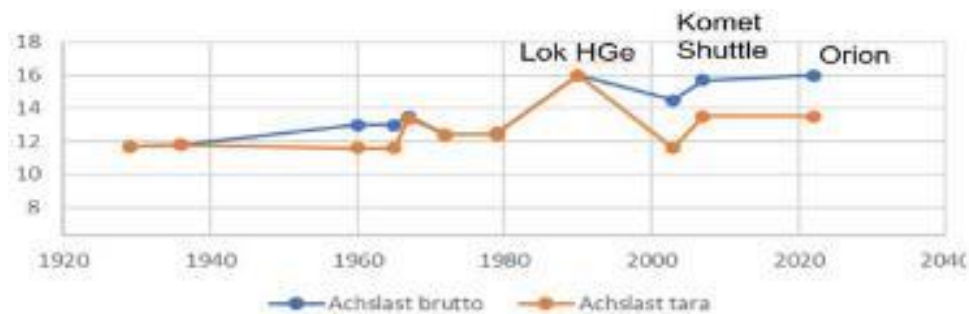
Projet P4

Rigidité de la voie

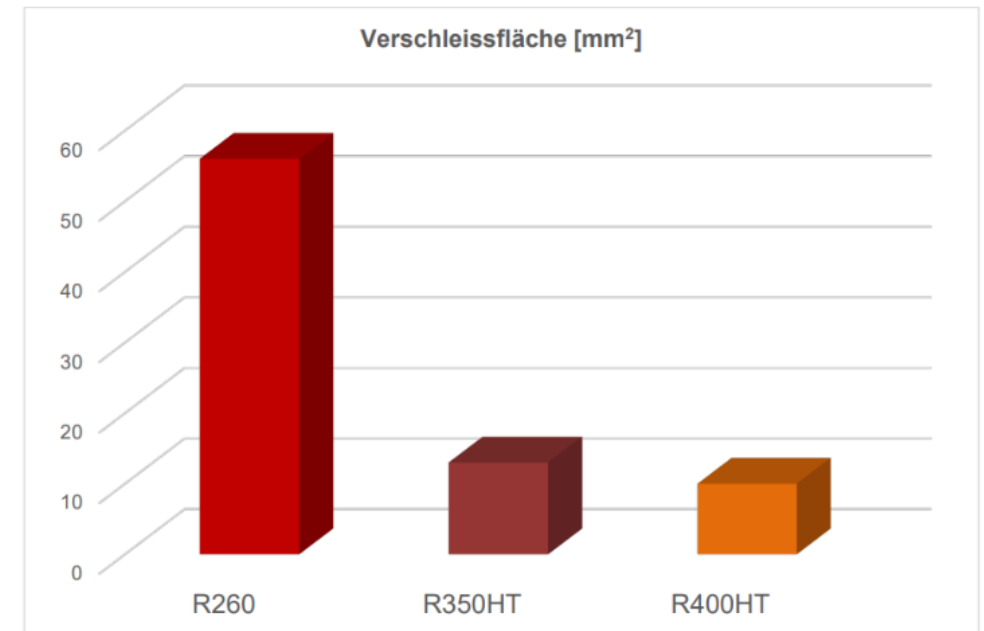
Constatations

Voie

- Les charges ont augmenté pour la plupart des chemins de fer (charge par essieu, BT)



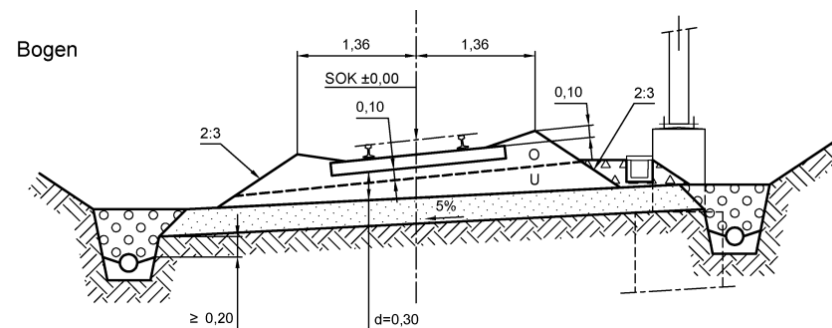
- Les rails à tête trempée (350HT, 400HT) réduisent l'usure et la formation d'ondes de glissement
- les intercalaires souples (coefficient de ressort stat. <math>< 150 \text{ kN/mm}</math>) réduisent l'usure, augmentent le bruit



Constatations

Voie

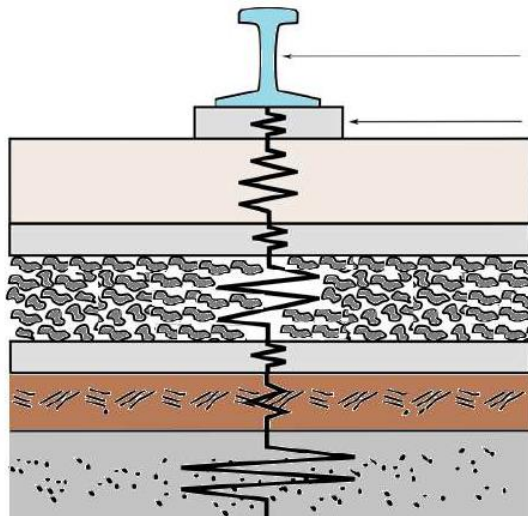
- Les traverses en béton avec semelle (plastique) améliorent la qualité de la voie.
- En cas de charges plus élevées, une infrastructure portante en AC-Rail est la solution la plus économique.
- Un drainage qui fonctionne



Constatactions

Voie

- Le chariot de mesure augmente la sécurité, stratégie d'entretien axée sur l'état des routes
- Du point de vue dynamique, la chaussée doit être considérée comme un système complet



Activités

Projet P4

Rigidité de la voie

Activités

Besoin de recherche / démarche



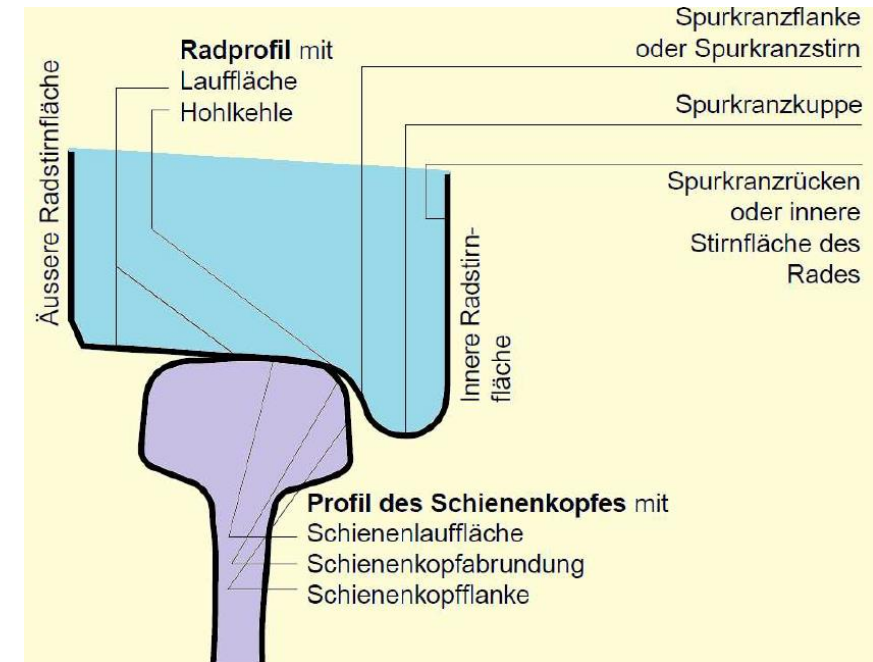
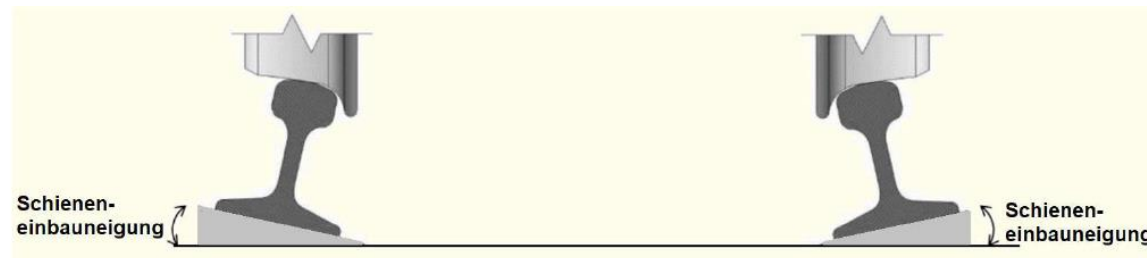
Activités

VIF, P3, P2

Interaction géométrique,

Interaction géométrique tactile

- > Profil de roue optimisé pour le SBBI
- > Inclinaison des rails
- > Tolérances des rails
- > Valeurs limites d'usure
- > Torsion par intercalaires, pinces
- > Ecartement des rails (ligne droite, courbe)



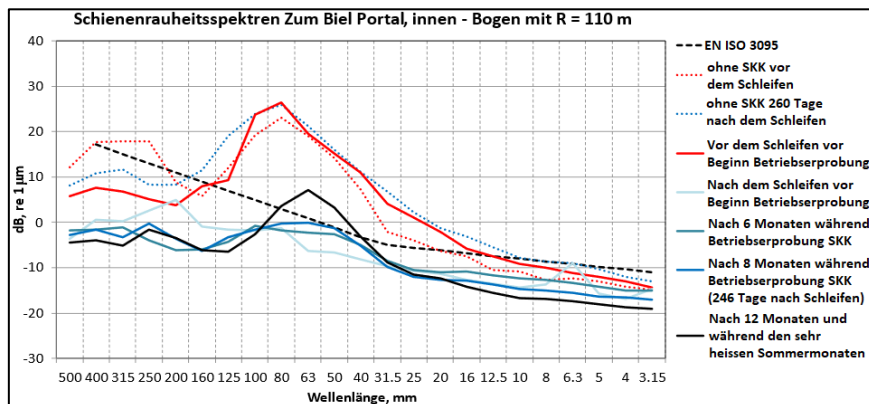
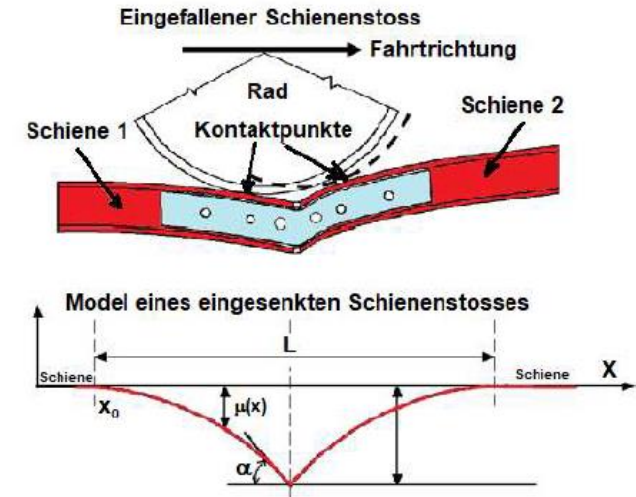
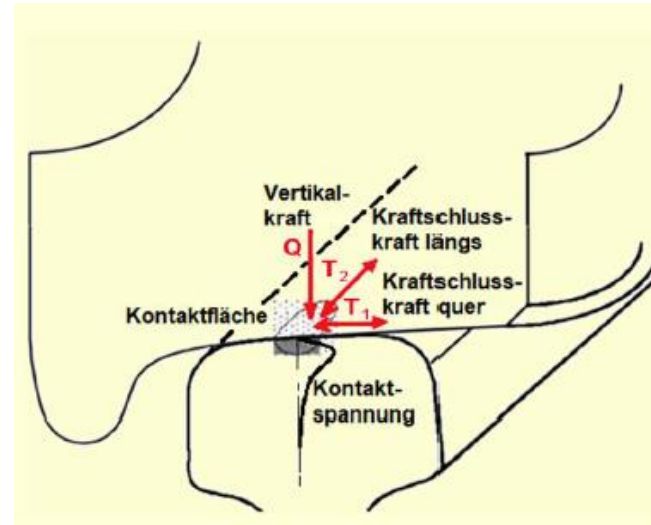
Activités

VIF, P3, P2

Interaction mécanique de contact

- > Dureté du rail
- > Rugosité du rail
- > Force verticale

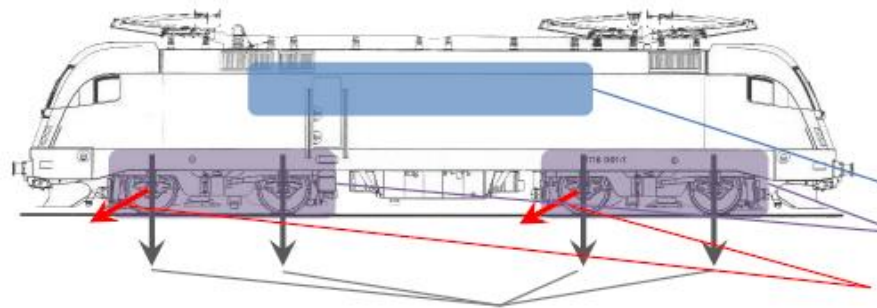
- ⇒ Usure
- ⇒ Entretien



Activités

Coûts de la chaussée en fonction du véhicule

Verschleissfaktor Fahrbahn



Fahrzeug

T_{pv} (installierte) Leistungsdichte der Schiene

W_{bR} Reibenergie durch Rad-Schiene-Kontakt

$Y_{R=185m}$ Führungskraft (Weichendurchfahrt)

$P_{2,v}$ dynamische Radkraft (statische Radkraft, ungefederte Massen, Geschwindigkeit)

$$C_V = k_1 \times P_{2,v}^3 + k_2 \times P_{2,v}^{1,2} + k_3 \times T_{pv} + k_4 \times W_{bR} + k_5 \times \sqrt{(0.5 \times P_{2,40kmph}^2 + 0.5 \times Y_{R=185m}^2)}$$



Gleislageverschlechterung
Schotterzerstörung

Schienenoberflächenschädigung Gerade

Schienenoberflächenschädigung Bogen (RCF)
Schienenverschleiss im Bogen

Verschleiss Weichenkomponenten

Fahrwegverschleiss

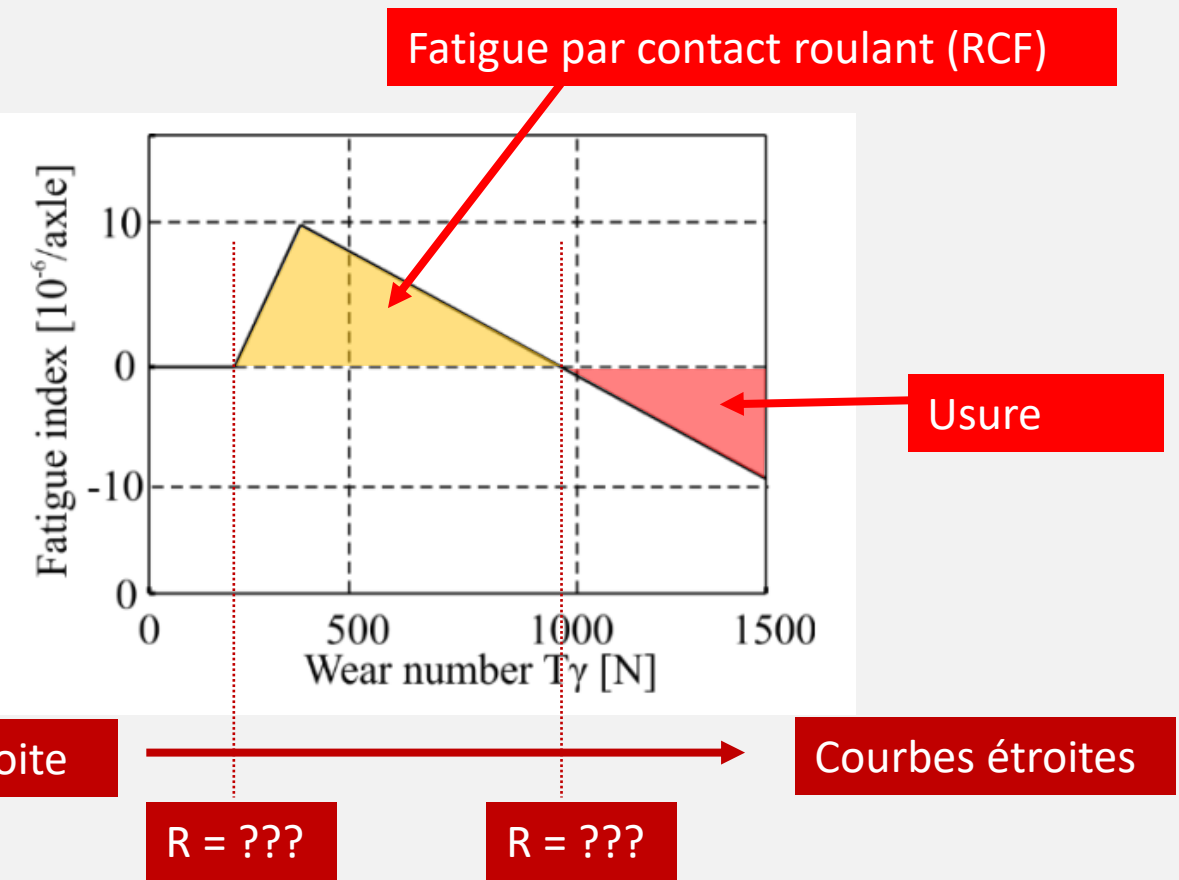


Activités

Éléments standard avec coûts d'entretien

Répartition des éléments selon :

- > Apparition de formes d'usure
- > Différents coûts d'entretien
- > Différentes durées de vie

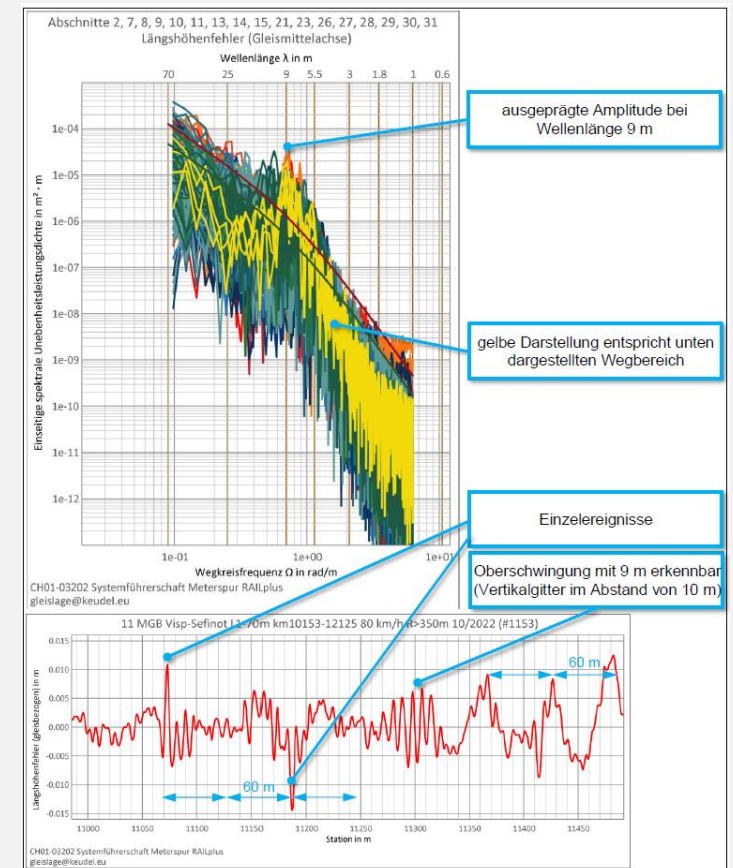


Activités

Analyser les données de mesure - calculs de vérification technique

Des spectres RAILplus spécifiques sont proposés par analogie aux niveaux de perturbation de la position de la voie sans règles connus "ORE high" et "ORE low".

Ces spectres RAILplus sont proches de "ORE high" sur certains tronçons, mais ont tendance à présenter des valeurs plus élevées ou une position de voie plus exigeante.



Activités

Modèle de voie

modèle de voie dynamique encore ouvert

K2 Projet

Tieffrequent: 3m ≤ l ≤ 25m	Mittelfrequent: 20Hz ≤ f ≤ 100Hz	Mittel-Hochfrequent: > 100 Hz	Hochfrequent: 500Hz ≤ f ≤ 8000Hz
Gleislage ist abhängig von:	Erschütterungen treten auf aufgrund von:	Schäden & Verschleiss an Rad / Schiene Fahrflächen	Lärm tritt auf aufgrund von:
<ul style="list-style-type: none"> Achslast & Streckenbelastung Alterung von Schotter Traktion Schädigung an Fahrflächen von Rad / Schiene à Setzungserscheinungen Steifigkeitsänderung im Längsverlauf Einbauqualität Fehlende elastische Layer (USP,USM) – Aufbau des Unter/- Oberbaus Diskontinuitäten im Fahrflächenverlauf Inhomogener Unterbau / Untergrund Dynamisches Fahrzeugverhalten (#Feder-Dämpfer) Trassierung 	<ul style="list-style-type: none"> Gleislageabweichungen Parametrische Erregungen (Achsstand, DG-Abstand, ...) Fremderregungen (Rundheitsabweichungen. der Räder, Schienenfahrflächenfehler usw.) Fahrgeschwindigkeit Kurzwellige (0.2m≤λ≤3m) Unstetigkeiten der Fahrbahn Ungünstige Übertragungsfunktion Fahrbahn - Boden 	<ul style="list-style-type: none"> Fahrflächenfehler (Schlupfwellen) Radfahrflächenfehler (Polygone) Stahlgüten Schienen & Räder Reibwert Rad-Schiene Schienenbefestigung / Schienenzwischenlage Raddurchmesser Berührgeometrie Anlaufwinkel Rad-Schiene (Schlupf) Torsionsverhalten Radsatz Fehlende Schwellenbesohlung ? 	<ul style="list-style-type: none"> Schienenzwischenlage Schwellentyp Reibwert Rad-Schiene Berührgeometrie Anlaufwinkel Rad-Schiene Raddurchmesser Schienenbefestigung / Zwischenlage Feste Fahrbahn ?

Conclusion

Projet P4

Rigidité de la voie

Conclusion

Rigidité de la voie

- Malgré les connaissances issues de la littérature, de nombreuses questions restent en suspens.
- Les membres de l'équipe sont formés pour devenir des spécialistes.
- Ce n'est qu'en équipe que les défis peuvent être relevés.
- Il y a encore beaucoup à faire, continuons à nous atteler à la tâche !

Merci beaucoup!


RAILplus
Die Meterspurigen
La voie métrique
A scartamento metrico