Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des transports OFT

Ittigen, décembre 2015

Rapport de synthèse

Projet OFT Voie ferrée - tronçons à voie normale

Table des matières

LISTE DES ABRÉVIATIONS **4**

1 RÉSUMÉ **5**

2 POINT DE LA SITUATION **8**

3 OBJECTIF DU PROJET ET MARCHE À SUIVRE **9**

3.1 DÉLIMITATION 9

3.2 OBJECTIFS 9

3.3 STRUCTURE 10

3.4 MARCHE À SUIVRE 13

4 RÉSULTATS **15**

4.1 RÉSULTATS DE LA PHASE D'ANALYSE 15

4.1.1 Projet sectoriel 1 ..... *15*

4.1.1.1 Procédé 15

4.1.1.2 Conclusions 17

4.1.1.3 Bilan 19

4.1.2 Projet sectoriel 2 ..... *20*

4.1.2.1 Procédé 20

4.1.2.2 Caractéristiques spécifiques du NT par rapport à l'ensemble du réseau 20

4.1.2.3 Conclusions 21

4.1.2.4 Bilan 22

4.1.3 Projet sectoriel 3 ..... *22*

4.1.4 Projet sectoriel 4 ..... *23*

4.1.4.1 Procédé 23

4.1.4.2 Conclusions : RapRés CFF 23

4.1.4.3 Conclusions : RapRés BLS 24

4.1.4.4 Conclusions du RapRés SOB 26

4.1.4.5 Bilan : comparaison des RapRés des CFF, du BLS et de la SOB 27

4.1.5 Projet sectoriel 5 ..... *28*

4.1.5.1 Procédé 28

4.1.5.2 Résultats 28

4.1.5.3 Bilan du projet sectoriel 5 29

4.1.6 Projet sectoriel 6 ..... *29*

4.1.6.1 Procédé 29

4.1.6.2 Conclusions 29

4.1.7 Bilan *34*

4.2 RÉSULTATS DE LA PHASE DE MISE EN ŒUVRE 34
4.2.1 Projet sectoriel 3 ..... *35*
4.2.2 Mesures de controlling *35*
4.2.2.1 Structure uniformisée du RapRés 35
4.2.2.2 Introduction d'un modèle de prévisions uniformisé 36
4.2.2.3 Inscription de la stratégie des installations et de ses instruments dans les objectifs de la future CP 37
4.2.2.4 Adaptation des indicateurs pour la gestion financière de la Confédération 37
4.2.2.5 Adaptation des réglementations officielles 38
4.2.2.6 Approfondissement de connaissances spécialisées spécifiques 38
4.2.3 Mesures de construction/d'entretien de l'infrastructure *38*
4.2.3.1 Approche CCV 38
4.2.3.2 Simplification de la conception des appareils de voie et perfectionnement du tracé 39
4.2.3.3 Amélioration du diagnostic de l'état de la voie 39
4.2.3.4 Agencement technique de la voie 39
4.2.3.5 Évitement des défauts de construction 40
4.2.4 Mesures prises sur les véhicules *40*
4.2.4.1 Homologation de véhicules 40
4.2.4.2 Harmonisation dans la branche 40
4.2.4.3 Adaptation du prix du sillon au 1.1.2017 40
4.2.4.4 Incitations à améliorer le matériel roulant 40
4.2.4.5 Options de perfectionnement du prix du sillon 40
4.2.5 Mesures d'exploitation *41*
4.2.5.1 Adaptation de la vitesse 41
4.2.5.2 Adaptation des courses, des rames et des itinéraires 41
4.2.5.3 Amélioration de la communication entre infrastructure et transport 42
4.2.5.4 Dispositif de graissage de boudin 42
4.2.6 Conséquences sur le financement *42*

5 THÈSES GÉNÉRALES **43**

6 RECOMMANDATIONS DE MISE EN ŒUVRE **45**

7 CONCLUSION **47**

ANNEXE 1 : DÉSIGNATION DES CATÉGORIES ET PARAMÈTRES D'INFLUENCE **48**

ANNEXE 2 : MESURES ET CLASSEMENT PAR ORDRE DE PRIORITÉ **52**

Liste des abréviations

CCV	Coûts du cycle de vie
CFF	Chemins de fer fédéraux
CP	Convention sur les prestations
DE-OCF	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer
DOSTO	Voiture/train à deux niveaux
FAIF	Financement et aménagement de l'infrastructure ferroviaire
GI	Gestionnaire d'infrastructure
LHand	Loi sur l'égalité pour les handicapés
NT	Nouveau tronçon Mattstetten – Rothrist
OCF	Ordonnance sur la construction et l'exploitation des chemins de fer
OFT	Office fédéral des transports
PRODES	Programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire
RapRés	Rapport sur l'état du réseau
ReChe	Réforme des chemins de fer
RTE	Réglementation technique ferroviaire
RTNN-CH	Règles techniques nationales notifiées suisses
SOB	Südostbahn
STI	Spécifications techniques pour l'interopérabilité
TPF	Transports publics fribourgeois
UTP	Union des transports publics
VDIA	Véhicule de diagnostic
Vmax	Vitesse maximale

1 Résumé

Les CFF ont constaté en mai 2013 que l'état des installations de la voie s'était nettement détérioré. Ils ont alors fait faire plusieurs études, dont les résultats ont été consignés dans un rapport sur l'état de la voie. Le besoin de fonds supplémentaires pour la voie est considérable. Les CFF ont évalué une série de mesures, dont certaines sont déjà décidées. Vu l'importance de la problématique pour la sécurité et la disponibilité, et compte tenu des conséquences financières considérables, l'Office fédéral des transports (OFT) a décidé, en février 2014, de lancer le projet « Voie ferrée - tronçons à voie normale » pour une durée d'environ deux ans. Le projet vise à atteindre les objectifs suivants :

1. Faire une lecture critique de l'expertise
2. Réunir les documents disponibles et le savoir interne, les interconnecter et les préparer
3. Mieux comprendre les problématiques et améliorer le savoir-faire à l'OFT
4. Identifier les propositions techniques d'amélioration
5. Créer les bases des instructions et des inputs à livrer aux sections spécialisées de l'OFT
6. Proposer des solutions afin d'assurer à long terme le financement du maintien de la qualité des infrastructures de la voie ferrée

Pour atteindre ces objectifs, les étapes suivantes de la procédure ont été définies :

- Phase d'analyse – dresser un état des lieux :
  Examiner les documents et l'expertise ; tirer au clair les incertitudes et les contradictions apparentes. Rendre compte avec transparence de l'évolution jusqu'ici de la voie, du matériel roulant et de l'exploitation. Procéder à une étude de cas pour le NT Mattstetten – Rothrist assortie de vérifications approfondies.

- Phase de mise en œuvre – développer des mesures et les tester, en indiquant des variantes de financement :
  Vérifier si les mesures déjà décidées sont opportunes et complètes, et en indiquer les interdépendances et les conséquences. Examiner quelles mesures supplémentaires, techniques ou financières, sont du domaine de compétence de l'OFT. Évaluer l'efficience, l'efficacité, la faisabilité et le délai des mesures.

Les résultats de la phase d'analyse révèlent des réalités dont les causes et les conséquences principales sont amples et complexes. Mais ils permettent de formuler des conclusions et des affirmations importantes en matière de chaîne des réactions techniques / d'exploitation entre sollicitation et résistance :

- La sollicitation de la voie a beaucoup augmenté au cours des 20 à 25 dernières années par suite de densifications de l'offre et d'augmentations de la vitesse et du poids du matériel roulant. Ces changements étaient demandés par le marché et par les clients.
- La résistance de la voie a aussi perdu du terrain dans la même période faute de diagnostics de l'état, de mise en œuvre systématique des stratégies des installations et de ressources humaines, et à cause de la pression des coûts. Par conséquent, le rapport entre résistance et sollicitation de la voie s'est détérioré.

Compte tenu des paramètres d'influence pertinents, de leurs effets principaux et de leurs modifications, l'étude de cas NT Mattstetten – Rothrist aboutit aux résultats suivants :

- Les interactions entre causes principales et effets principaux, analysées pour l'ensemble du réseau, sont confirmées pour le NT ou, en cas d'écart, s'expliquent clairement.
- Les paramètres d'influence déterminants pour la sollicitation de la voie étaient connus comme conséquence de la décision sur le choix du système pour la construction du NT et n'ont plus changé depuis dans une mesure pertinente**.**
- La résistance de la voie a diminué plus vite que prévu à cause des défauts de construction et de l'entretien non conforme aux besoins.

En général, on constate que la chaîne des causes et des effets n'est ni simple ni linéaire. Les interactions entre les nombreux paramètres d'influence sont multiples, ce qui restreint l'effet de mesures isolées. Qui plus est, dans bien des cas, les effets ne se produisent ou ne sont décelables qu'avec des années de retard. Lorsque les premiers dégâts surviennent, la situation reste longtemps plus ou moins stable, puis l'état se détériore exponentiellement. Or les données de base sur plusieurs années font parfois défaut, ce qui accroît les difficultés d'une analyse.

Des mesures ont été testées et combinées pour les domaines suivants :

- Mesures de controlling
- Mesures du domaine de la construction / de l'entretien de l'infrastructure
- Mesures prises sur les véhicules
- Mesures d'exploitation

À la lumière des conclusions de l'analyse et en se fondant sur un acquis empirique plus vaste, le Comité de projet a développé des thèses plus générales, qui touchent non seulement à la voie mais aussi à d'autres domaines spécialisés. Ces thèses devraient contribuer à la compréhension des développements des dernières années, afin d'en tirer des enseignements et de définir des mesures appropriées à l'ensemble du système.

Le Comité de projet recommande de prendre les mesures suivantes, de priorité élevée ou moyenne chez divers intervenants :

Mesures à prendre dans les services spécialisés au sein de l'office :
- Inscrire la stratégie des installations et ses instruments dans les objectifs des futures CP
- Créer des incitations à améliorer le matériel roulant
- Adapter les instruments de pilotage financier de la Confédération
- Adapter les réglementations officielles
- Examiner l'homologation de véhicules avec des restrictions spécifiques au tronçon.

Mesures à prendre chez les GI :
- Approche CCV complète
- Amélioration du diagnostic de l'état de la voie
- Garantie de la qualité grâce à des processus de réception technique optimisés après les travaux de construction
- Objectif à long terme : branchements de conception plus simple et tracé perfectionné
- Montage de composants de la voie perfectionnés et garantir la résistance de la voie en fonction de la sollicitation.

Mesures à prendre chez les entreprises de transport avec le concours des GI :
- Améliorer la communication entre les secteurs Infrastructure et Transports
- Examiner au cas par cas les situations où il est possible de réduire la vitesse de trains de marchandises et de passages d'aiguilles avant les gares
- Examiner les plans de lignes, mieux adapter la longueur des rames à la demande et réduire le nombre d'itinéraires passant sur de nombreuses aiguilles en position déviée
- Améliorer le graissage de boudin lors de passages sur des tronçons à courbes serrées.

Mesures à prendre chez tous les partenaires participants :
- Approfondir les connaissances spécialisées et la recherche scientifique spécifique à la voie

2 Point de la situation

Les CFF ont constaté en mai 2013 que l'état des installations de la voie s'était nettement détérioré par rapport au RapRés 2012. Par la suite, ils ont discuté la marche à suivre avec l'OFT. Les CFF avaient pour tâche d'approfondir l'analyse des causes et de tirer les questions au clair pour fin 2013.

Les CFF ont alors fait faire plusieurs études, dont les résultats ont été consignés dans le rapport de septembre 2013 sur l'état de la voie. En janvier 2014, les CFF ont également remis à l'OFT une « expertise intégrale sur le besoin de maintien de la qualité des infrastructures de la voie des CFF », qui résume les expertises partielles. Cette expertise identifie diverses causes de la détérioration de l'état des installations :

- Facteurs d'influence des véhicules sur la voie
- Sous-estimation des effets de la sollicitation accrue de la superstructure de la voie
- Stratégie d'entretien inappropriée jusqu'en 2010

Le besoin de fonds supplémentaires pour la voie est considérable. Par rapport aux paiements prédéfinis dans la CP 13–16 en vigueur, les CFF font valoir des mesures d'entretien additionnelles à hauteur de 70 à 100 millions de francs par an. Du fait de la réduction des durées d'utilisation, les mesures de renouvellement vont aussi augmenter de 100 à 160 millions de francs par an à partir de 2017. Dans l'ensemble, les CFF annoncent un besoin supplémentaire annuel pour la voie de 170 à 260 millions de francs à partir de 2017.

Les CFF ont évalué diverses mesures, en majorité curatives mais aussi préventives, dont certaines sont déjà décidées. Ainsi, de 2014 à 2016, 220 millions de francs supplémentaires sont affectés aux mesures d'entretien de la voie.

Les CFF appuient sur plusieurs expertises leurs revendications et les mesures qu'ils ont prises. Vu l'importance du problème pour la sécurité et la disponibilité, et compte tenu des conséquences financières considérables, il incombe à l'OFT de vérifier le bien-fondé des développements présentés, d'autant plus que, depuis peu, des problèmes de maintien de la qualité de la voie s'annoncent aussi chez d'autres GI. La question revêt donc une haute importance financière et politique pour l'OFT.

3 Objectif du projet et marche à suivre

Les réalités du besoin supplémentaire sont complexes et touchent plusieurs divisions et services spécialisés de l'OFT. En février 2014, la Direction de l'OFT a décidé de lancer un projet pour une durée d'environ deux ans. Christoph Herren, division Politique, section Affaires directoriales, a été désigné chef de projet.

Dans le cadre de l'initialisation du projet, il s'est avéré que l'OFT dispose, dans divers services internes, d'un savoir-faire approfondi. Les aspects particuliers sont traités au sein d'organes spécifiques et de groupes de travail. Ce qui manque en revanche, ce sont les liens, la vue d'ensemble sur les effets et les options d'action de l'OFT dans le cycle régulateur du controlling.

3.1 Délimitation

Le projet est délimité comme suit :

1. Délimitation matérielle :
Le projet est limité matériellement au maintien de la qualité des infrastructures de la voie conformément à la définition. Toutefois, pour comprendre les causes et les ensembles de problématiques, il faut ouvrir l'angle de vision à toute la chaîne des réactions dans l'interaction roue - rail.

2. Délimitation du périmètre :
Le périmètre considéré est le réseau suisse à voie normale, notamment les tronçons fortement sollicités. Une restriction, par exemple au réseau CFF, serait trop étroite et inopportune, de même qu'une extension au chemin de fer à voie étroite, qui diffère nettement et à divers égards de la voie normale.

3.2 Objectifs

Le projet vise à atteindre les objectifs suivants :

1. Faire une lecture critique de l'expertise
2. Réunir les documents disponibles et le savoir interne, les interconnecter et les préparer
3. Mieux comprendre les problématiques et améliorer le savoir-faire à l'OFT
4. Identifier les propositions d'amélioration techniques
5. Créer les bases des instructions et des inputs à livrer aux sections spécialisées de l'OFT
6. Proposer des solutions afin d'assurer à long terme le financement du maintien de la qualité des infrastructures de la voie ferrée

Le maintien de la qualité des infrastructures de la voie ne peut pas être optimisé isolément, mais doit l'être dans l'optique du système global des chemins de fer, en mettant l'accent sur l'avenir et non pas sur le passé :

3.3 Structure

Organisation du projet :

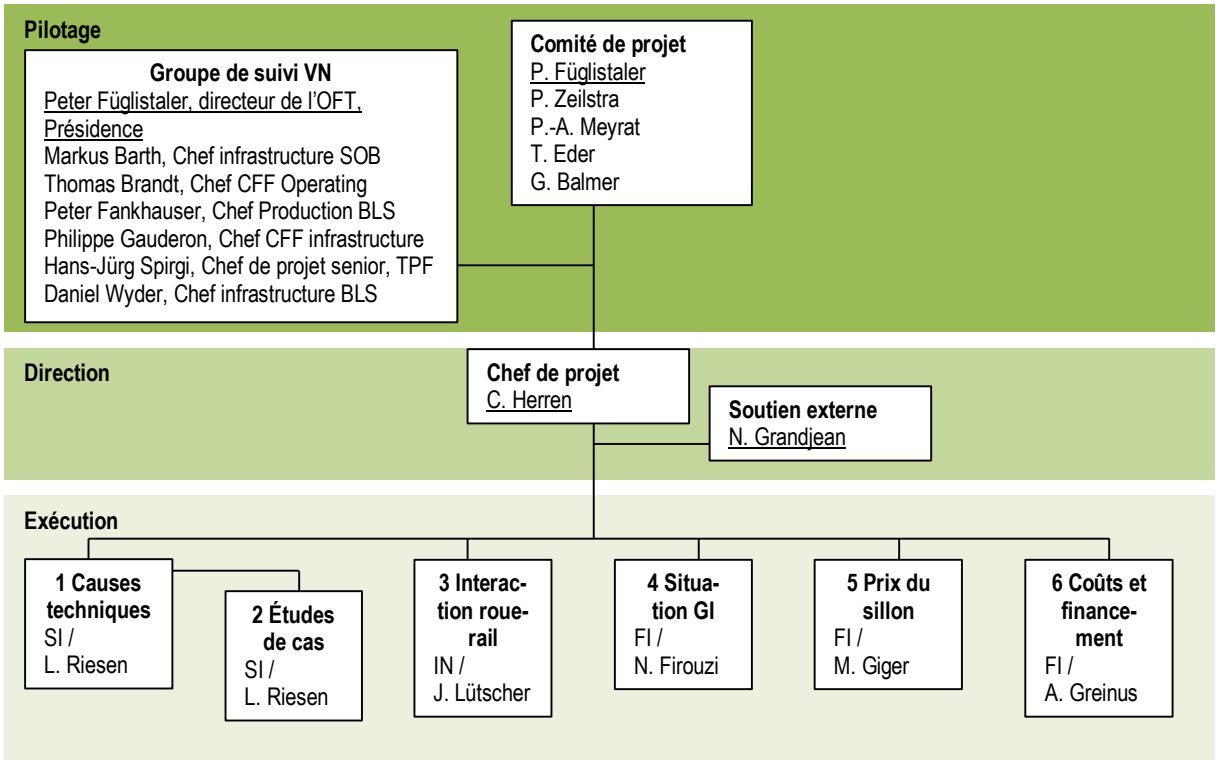


Figure 1 : Organisation du projet

Groupe de suivi VN : Groupe de suivi formé de représentants des chemins de fer à voie normale

Les membres et les objectifs des six projets sectoriels sont énumérés aux sections suivantes.

Projet sectoriel 1, Causes techniques

Membres

Lorenz Riesen, direction
T. Schlusemann, suppléant
F. Fischer
M. Kohler

Objectifs

- Mettre en évidence les divers paramètres d'influence techniques et d'exploitation et leurs effets / influence sur la sollicitation/la résistance de la voie.

M. Hanhart
J. Lütscher
(C. Maurer)
(A. Greinus)
J. Edmaier, CFF
J. Holzfeind, CFF
U. Reichmann, CFF
P. Geiser, BLS
S. Hunn, SOB
Secrétariat: KPZ, Samstagern

- Rendre compte des modifications de ces paramètres d'influence au cours des 20 à 25 dernières années (c'est-à-dire depuis « avant la réforme des chemins de fer 1 ») et des suites de ces modifications.
- Effectuer une pondération qualitative de l'influence de ces paramètres d'influence sur la sollicitation / la résistance de la voie.
- Lever les éventuels malentendus et incertitudes relatifs à ces paramètres d'influence

Projet sectoriel 2, études de cas

Membres
Lorenz Riesen, direction
J. Edmaier, CFF
J. Holzfeind, CFF
H. Gartmann, BLS/SOB
Secrétariat : KPZ, Samstagern

Objectif

- Mettre en évidence les effets des paramètres d'influence sur la sollicitation / la résistance de la voie à l'aide d'exemples concrets et délimitables.

Projet sectoriel 3, Interaction roue-rail

Membres
Jürg Lütscher, direction
U. Brotschi, suppléant
D. Kiener
L. Riesen
T. Schlusemann
T. Falk, CFF
T. Grossenbacher, CFF
J. Steingräber, CFF
W. Kling, BLS
Secrétariat : EBP, Zollikon

Objectifs

- Mettre en œuvre les conclusions des PS1 (et PS2) pour la future exploitation des chemins de fer à voie normale.
- Proposer des mesures concrètes d'amélioration à court terme de la situation.
- Indiquer des scénarios concrets pour le futur développement de l'exploitation du réseau suisse à voie normale et leur influence sur le maintien de la qualité des infrastructures de la voie :
  - recommandations pour le perfectionnement technique de l'infrastructure
  - recommandations pour l'agencement des véhicules
  - recommandations pour les mesures d'exploitation
  - recommandation sur l'adaptation des réglementations (ordonnance du 23 novembre 1983 sur la construction et l'exploitation des chemins de fer [OCF] / dispositions d'exécution de l'OCF [DE-OCF])

Le projet sectoriel 3 est étroitement lié (thématique et personnel) au groupe de travail Technique du roulement.

Projet sectoriel 4, Situation des GI

Membres	**Objectifs**
Neshat Firouzi, direction *P. Jaggi, suppléant* *M. Giger*	• Les paramètres d'influence issus du rapport sur l'état du réseau sont analysés et comparés avec les résultats des divers projets sectoriels. • Les conclusions débouchant sur d'éventuelles modifications des exigences relatives aux futurs RapRés sont identifiées.

Le projet sectoriel 4 est étroitement lié (thématique et personnel) au groupe de travail RapRés de l'UTP.

Projet sectoriel 5, prix du sillon

Membres	**Objectifs**
Markus Giger, direction *K. Kolden, suppléant* *L. Riesen* *T. Schlusemann* *L. Mumenthaler* *R. Schletti* *B. von Känel*	• L'effet de chacun des types de véhicule sur l'usure doit être connu et reflété dans le barème des prix du sillon, afin de créer une incitation à long terme à construire des véhicules qui ménagent la voie. Par ailleurs, les véhicules qui circulent effectivement sur un tronçon doivent payer un prix du sillon proportionnel à l'usure effective. • Les conclusions du PS5 alimentent le projet global et sont intégrées à l'adaptation du prix du sillon pour 2017 ou aux adaptations ultérieures.

Le projet sectoriel 5 est étroitement lié (thématique et personnel) au groupe de travail Coefficient d'usure.

Projet sectoriel 6, Coûts et financement

Membres	**Objectifs**
Anne Greinus, direction *M. Giger, suppléant* *N. Firouzi* *M. Jampen* *R. Schletti*	• L'évolution (passée) des coûts pour l'entretien (compte de résultats) et le renouvellement de la voie (compte des investissements) de la catégorie d'installation « voie » (superstructure et sol de fondation) font l'objet d'un traitement dans la mesure du possible. • Le futur besoin de financement est plausibilisé et les variantes de financement identifiées.

3.4 Marche à suivre

Conditions-cadre

Le projet doit être exécuté avec efficience et dans le cadre des ressources humaines disponibles. Pour ce faire, il faut utiliser les bases en présence et assurer une étroite coordination avec les autres projets et mandats en cours qui ont des points de contact avec le présent projet.

Étapes de la procédure

Les étapes suivantes de la procédure ont été déterminées pendant la phase de conception :

- Phase d'analyse – état des lieux :
  Il faut effectuer une analyse critique des documents et de l'expertise et en vérifier la cohérence ; tirer au clair les incertitudes et les contradictions apparentes. Rendre compte avec transparence de l'évolution précédente de la voie et du matériel roulant (construction et entretien) et de l'exploitation. Procéder à une étude de cas pour le NT Mattstetten – Rothrist assortie de vérifications approfondies.

  Les conclusions des travaux, des vérifications et des projets liés au maintien de la qualité des infrastructures de la voie servent aussi à dresser l'état des lieux complet, notamment les résultats du groupe de travail Technique du roulement, les vérifications en matière de prix du sillon, les RapRés des chemins de fer et les entretiens de controlling sur la CP.

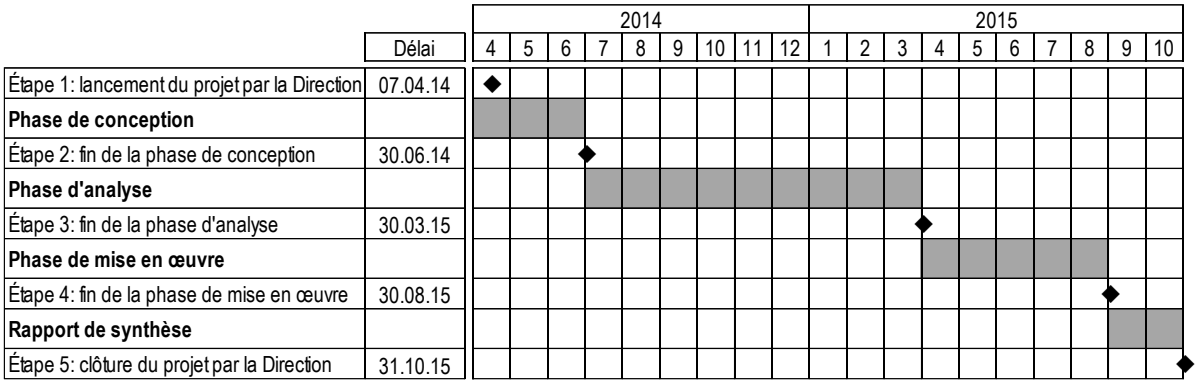
- Phase de mise en œuvre – développer des mesures et les tester, en indiquant des variantes de financement :
  Des rapports assortis de propositions de mesures seront rédigés sur chacun des projets sectoriels à l'attention du Comité de projet.

  On vérifiera si les mesures déjà décidées sont opportunes et complètes, et on en indiquera les interdépendances et les conséquences. On examinera quelles mesures supplémentaires relèvent de la compétence des chemins de fer (sans limitation au secteur infrastructure). On évaluera l'efficience, l'efficacité, la faisabilité et le délai des mesures.

  Enfin, il faudra examiner quelles mesures supplémentaires, techniques ou financières, relèvent de la compétence de l'OFT et évaluer l'efficience, l'efficacité, la faisabilité et le délai de toutes les mesures.

On indiquera des options et des variantes de procédé pour le financement du besoin supplémentaire.

Calendrier



Le calendrier a pu être respecté dans une large mesure. La phase de conception a été décidée le 2 juillet 2014 par le Comité de projet, la phase d'analyse le 18 mai 2015 et la phase de mise en œuvre le 4 novembre 15. L'achèvement du projet est prévu pour le 23 novembre 15.

Méthode

Chaque projet sectoriel a travaillé en autonomie et a documenté ses étapes et ses conclusions dans des rapports sur l'avancement des travaux et des rapports internes. La coordination avec la direction du projet et entre les projets sectoriels a notamment eu lieu dans le cadre de réunions de l'équipe de projet. Le procédé et les contenus ont été discutés et consolidés au sein du groupe de suivi et du Comité de projet.

4 Résultats

4.1 Résultats de la phase d'analyse

4.1.1 Projet sectoriel 1

4.1.1.1 Procédé

Synthèse du savoir des experts

Il n'a pas été question d'obtenir une liste scientifiquement exhaustive de tous les paramètres d'influence, mais d'extraire les paramètres les plus pertinents en Suisse et leurs effets, au sens d'un jugement d'expert.

On a d'abord recueilli le savoir des experts disponible à l'OFT et chez les entreprises ferroviaires au moyen d'un questionnaire de structure étendue. Les 217 déclarations reçues en réponse au questionnaire ont été classées selon 58 paramètres d'influence déterminants, lesquels ont été pondérés d'après leur influence sur la sollicitation/résistance de la voie. Ces paramètres ont été réunis dans les catégories suivantes :

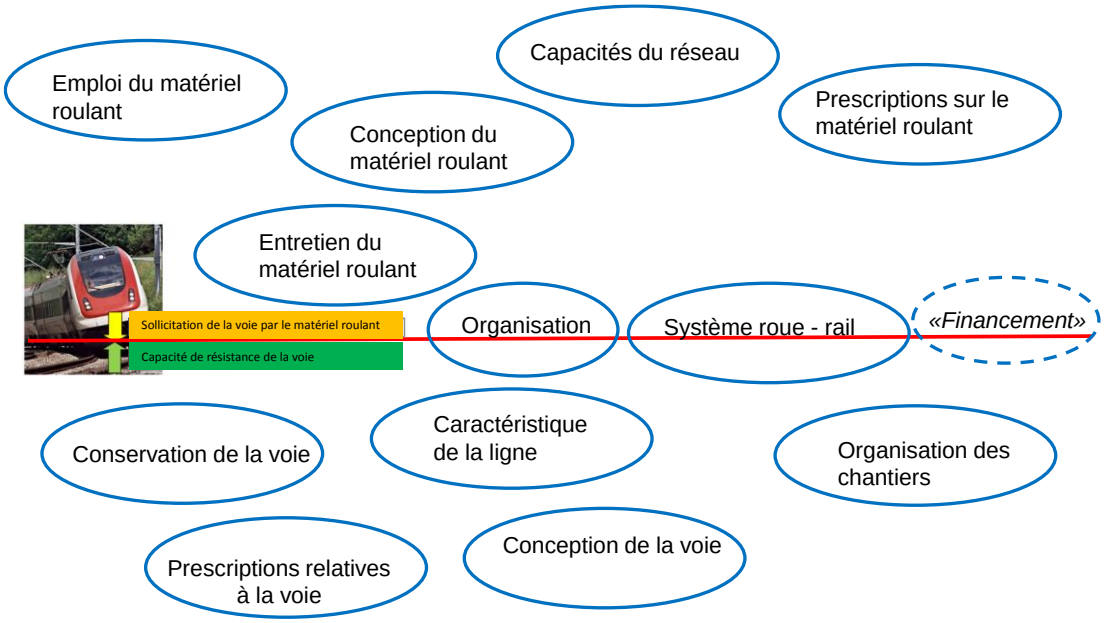


Figure 2 : Catégories des paramètres d'influence

La liste complète des paramètres d'influence figure à l'annexe 1.

Interfaces avec les paramètres non techniques

Il existe des paramètres non techniques, situés en dehors du système technique/d'exploitation considéré « sollicitation / résistance de la voie » et qui ont une influence sur le système ou sont influencés par lui. Il s'agit du financement, qui influe sur la sollicitation des trains et sur la résistance de la voie, et des exigences des clients du transport de voyageurs et de marchandises. Ces paramètres sont attestés, mais influent sur le système à travers une interface, comme l'indique la figure 3 :

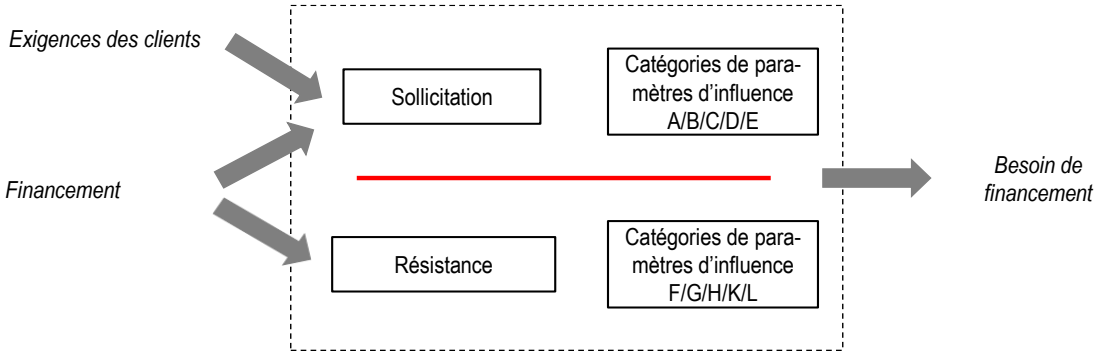


Figure 3 : Interface entre paramètres non techniques et le système technique/d'exploitation

Effet et modification des paramètres d'influence

Les effets des modifications de chaque paramètre sur les autres ont été étudiés et représentés graphiquement. On a aussi déterminé avec quels paramètres on peut influencer les causes ou les effets, comme l'indique la figure 4 de manière exemplaire :

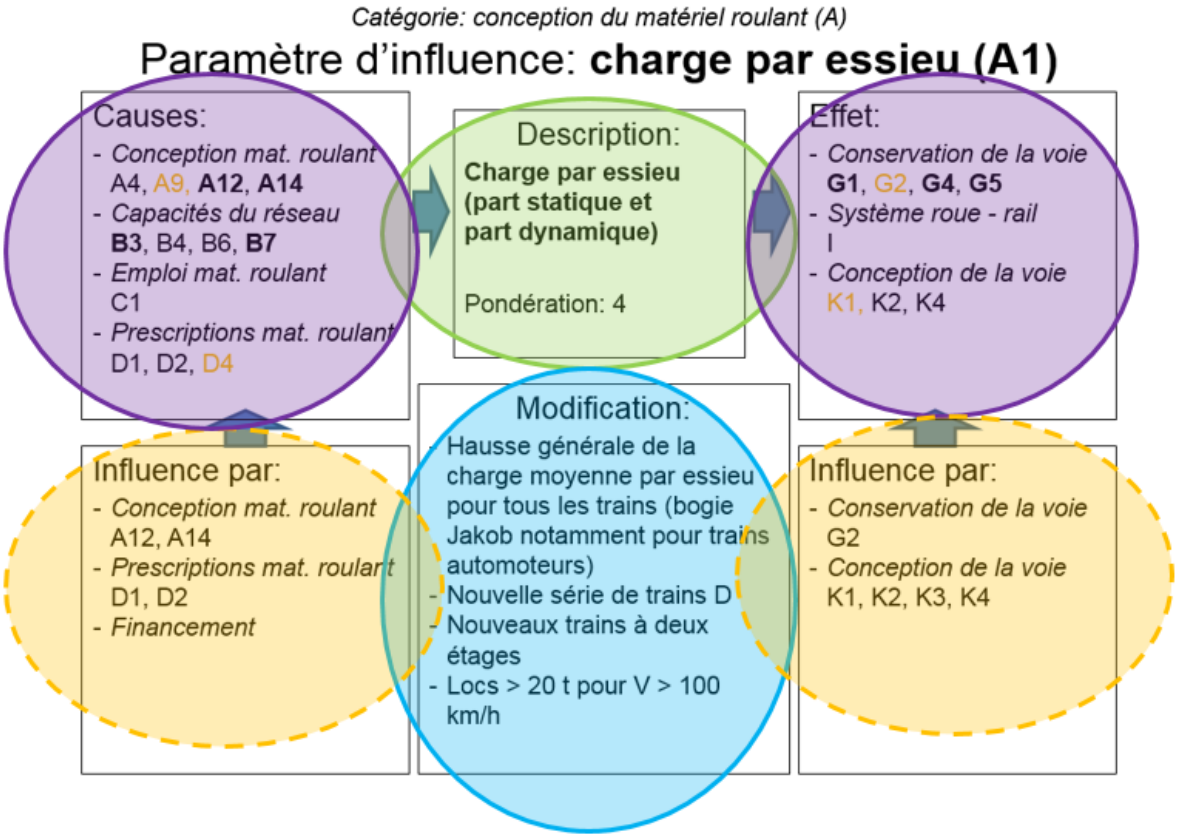


Figure 4 : Exemple d'un paramètre décrit avec représentation des modifications, des causes et des effets

4.1.1.2 Conclusions

Problématiques principales

L'effet et l'influence de toutes sortes de paramètres d'influence techniques et d'exploitation sur la sollicitation / résistance de la voie ont été représentés en détail. De plus, une documentation qualitative des modifications des paramètres d'influence sur les 20 à 25 dernières années a été établie.

Comme on pouvait s'y attendre, les effets de loin les plus puissants des principaux paramètres d'influence sur la sollicitation se concentrent sur les paramètres d'influence défaut de rail (G1), entretien technique (G2) et état actuel de la voie (G4). Ce dernier agit alors directement sur les paramètres d'influence défaut de rail (G1) et entretien technique (G2).

Les paramètres d'influence défaut de rail (G1), entretien technique (G2) et état actuel de la voie (G4) interagissent. Les défauts de rail (G1) agissent (négativement) sur l'état de la voie (G4) et exigent de l'entretien technique (G2). En revanche, l'entretien technique peut améliorer l'état actuel (G4) et éliminer des défauts de rail (G1).

Ces mesures entraînent des coûts d'entretien (G3), qui génèrent un besoin de financement. Si par exemple le « financement » met trop peu d'argent à disposition pour couvrir les coûts présumés, cela influe par contrecoup sur l'entretien technique (G2). Un report des travaux d'entretien influence négativement l'état actuel de la voie (G4).

Déclarations principales

- Les exigences du cahier des charges et le prix par véhicule du matériel roulant influent sur l'acquisition du matériel roulant et ont un effet déterminant sur la conception des bogies et de la charge par essieu. Un matériel roulant bon marché et lourd, doté de bogies rudimentaires, peut solliciter excessivement l'infrastructure et rendent les défauts de rail plus fréquents.
- Les exigences commerciales / de la clientèle, qui sont en règle générale définies très tôt dans un processus de modification, ont une grande influence sur la sollicitation de la voie. Un étoffement de l'horaire et l'utilisation accrue du réseau requièrent une augmentation de la vitesse et l'exploitation de la vitesse maximale locale, ce qui entraîne directement des défauts de rail. Des horaires plus pratiques avec des temps de parcours plus courts ont tendance à solliciter davantage l'infrastructure ferroviaire.
- L'introduction du régime RER dans certaines régions a impliqué d'uniformiser le matériel roulant, de standardiser les points d'arrêt et la conduite, d'où un transport monotype qui entraîne une accumulation de défauts de rail à certains endroits. Par conséquent, il faut intensifier l'entretien en meulant les rails, ce qui augmente les frais d'entretien.
- Le montage du matériel de voie approprié exerce une influence déterminante sur l'état de la voie. Vu les différentes durées d'utilisation des composants, il n'est parfois pas possible de réagir assez vite aux changements de conception et d'utilisation du matériel roulant, d'où un besoin accru d'entretien. C'est surtout dans l'infrastructure, dont la durée d'utilisation souhaitée est de 40 à 100 ans, que le court-termisme (standard minimal) et la mauvaise qualité du montage font finalement augmenter les coûts.
- Si, dans une tactique d'optimisation financière à court terme, on néglige l'entretien de la voie, tout en la sollicitant davantage par l'emploi de matériel roulant inadéquat, le financement entre dans un cercle vicieux.

Modification des principaux paramètres d'influence

Au cours des 20 à 25 dernières années, certains paramètres d'influence importants ont beaucoup évolué. En résumé, on peut dire que la sollicitation de la voie s'est systématiquement accrue, par exemple du fait de l'augmentation de la charge moyenne par essieu (trains à deux niveaux), du poids des trains de marchandises et de leur vitesse, et à cause de l'étoffement de l'horaire.

Simultanément, la résistance de la voie n'a pas été accrue dans la même mesure. Certains changements sont même allés dans la direction opposée, par exemple le passage de l'entretien préventif à l'entretien curatif selon la nouvelle stratégie du maintien de la qualité des infrastructures, ou le report de travaux d'entretien, faute de ressources, et la réduction de la surveillance.

Le rapport entre résistance et sollicitation de la voie s'est continuellement détérioré.

À noter aussi l'influence de la réorganisation des GI ces dernières années, avec une tendance à externaliser les travaux tout en économisant sur la surveillance et les réceptions des chantiers. La qualité à l'état neuf peut s'en ressentir, d'où une réduction de la durée de vie des réalisations.

4.1.1.3 Bilan

Les résultats de la phase d'analyse révèlent des réalités dont les causes et les conséquences principales sont amples et complexes. Mais ils permettent de formuler des conclusions et des affirmations importantes en matière de chaîne de réactions techniques/ d'exploitation entre sollicitation et résistance :

- La sollicitation de la voie a beaucoup augmenté au cours des 20 à 25 dernières années par suite de densifications de l'offre et d'augmentations de la vitesse et du poids du matériel roulant. Ces changements étaient demandés par le marché et par les clients.
- La résistance de la voie a aussi perdu du terrain dans la même période faute de diagnostics de l'état, de mise en œuvre systématique des stratégies des installations et de ressources (personnel / machines / intervalle), et à cause de la pression des coûts. Par conséquent, le rapport entre résistance et sollicitation de la voie s'est détérioré.

Ces faits ont une influence négative sur les dépenses nécessaires à court terme pour assurer la sécurité de l'exploitation ferroviaire. Il est confirmé que les optimisations de coûts unilatérales et à court terme, sans implication des effets sur le système global (entre autres interaction roue-rail) peuvent entraîner à long terme un grand retard à rattraper.

Les chaînes des réactions des paramètres d'influence sur la sollicitation et la résistance de la voie, mises en évidence par le PS1, se vérifient dans le PS2 sur le cas de figure du NT Mattstetten – Rothrist (NT).

4.1.2 Projet sectoriel 2

4.1.2.1 Procédé

À partir des travaux du PS1, l'équipe de projet PS2 a étudié les changements pertinents ainsi que les causes et effets principaux déterminants à l'exemple de l'étude de cas du NT Mattstetten – Rothrist (NT). Le NT mis en exploitation en 2004 est un tronçon bien documenté, clairement délimitable.

Les catégories et la subdivision en 58 paramètres d'influence ont été reprises telles quelles du PS1 (cf. annexe 1).

Par la suite, les causes et les effets principaux déterminants pour le NT, ainsi que les changements, ont été récapitulés sous forme de tableau par paramètre d'influence. Parallèlement, l'équipe de projet a vérifié la pondération des paramètres d'influence déterminants du point de vue du NT et les a adaptés si nécessaire.

4.1.2.2 Caractéristiques spécifiques du NT par rapport à l'ensemble du réseau

Trait marquant du NT : les aspects suivants sont clairement déterminés pour sa construction et son exploitation, du fait du concept retenu :

- capacité du tronçon conformément aux exigences de RAIL 2000 (NT pièce maîtresse du concept RAIL 2000).
- exigences de tracé et de construction de la voie pour une vitesse maximale d'exploitation Vmax = 200 km/h.
- stratégie d'entretien « rouler ou réparer » et remplacement (partiel) du surveillant des voies par les fonctionnalités du VDIA.
- construction de nouveaux véhicules ou modernisation de véhicules pour le transport de voyageurs pour Vmax = 200 km/h.
- transport de marchandises avec catégorie de train D et Vmax = 100 km/h

Ces caractéristiques typiques du NT sont réunies sous le terme générique « décision sur le choix du système NT ».

4.1.2.3 Conclusions

Problématiques principales

Elles ont été représentées et évaluées par analogie avec le PS1 sur la base des paramètres d'influence déterminants pour le NT et de leurs causes et effets principaux.

Déclarations principales

Influence du matériel roulant :

Le matériel roulant homologué sur le NT pour les vitesses ≤ 200 km/h a été conçu ou adapté à cet effet. Or la part dynamique des charges par essieu entraîne une sollicitation accrue de la voie du fait des vitesses plus élevées, ce qui agit sur l'état de la voie et aboutit plus rapidement à certains défauts de rail.

Influence de la voie :

En principe, la voie du NT a été conçue pour la sollicitation accrue de la voie due à la « décision sur le choix du système NT » susmentionnée.

L'architecture hétérogène avec quatre systèmes de superstructure en alternance, la faible qualité du montage (par exemple transition voie fixe – ballast, épaisseur du lit de ballast surdimensionnée avec talus à forte pente) et des réceptions de chantier peu claires se sont traduites par une détérioration anticipée de la résistance de la voie.

Influence de la stratégie de surveillance et d'entretien :

À propos des paramètres d'influence Entretien technique et Surveillance de la voie, force est de constater que, du fait des brefs intervalles d'entretien fixes (concept « rouler ou réparer »), de l'entretien curatif réduit à un minimum et des défauts de rail décelés trop tard ou pas du tout, on n'a pas suffisamment réagi à la sollicitation accrue de la voie et aux effets des différences de rigidité.

La sollicitation décrite ci-dessus et la moindre résistance de la voie ont été trop peu prises en compte, voire ignorées lors de la planification et de l'exécution d'une surveillance et d'un entretien préventif adéquats, ce qui a nettement abrégé la durée de vie de l'installation.

Modification des principaux paramètres d'influence pour le NT

En matière de sollicitation de la voie, les paramètres d'influence déterminants étaient connus du fait du choix du système pour la construction du NT et n'ont guère changé depuis.

Vu les forces dynamiques accrues (par rapport à l'ensemble du réseau) résultant des vitesses plus élevées, l'état du matériel roulant revêt une plus grande importance. Le NT profite ici des mesures prises sur l'ensemble du réseau, par exemple les points de contrôle des essieux et les activités de surveillance du matériel roulant.

Quant à la résistance de la voie, force est de constater qu'elle a subi un déclin anticipé du fait de défauts de construction et d'un entretien non conforme aux besoins. Dans quelle mesure le choix du modèle d'entreprise générale pour la construction du NT et l'implication en partie insuffisante des services spécialisés se sont-ils répercutés sur la qualité de l'exécution du projet ? La question reste entière.

4.1.2.4 Bilan

Au vu des paramètres d'influence pertinents, de leurs effets principaux et compte tenu de leurs modifications, l'étude de cas NT permet d'affirmer ce qui suit :

- Les problématiques des causes et des effets principaux déterminées dans le PS1 pour l'ensemble du réseau sont confirmées pour l'étude de cas NT, et les variations s'expliquent facilement.
- Les paramètres d'influence déterminants pour la sollicitation de la voie étaient connus du fait du choix du système pour la construction du NT et n'ont guère changé depuis.
- La résistance de la voie a subi un déclin anticipé du fait de défauts de construction et d'un entretien non conforme aux besoins.

4.1.3 Projet sectoriel 3

Le projet sectoriel 3 avait pour centre d'intérêt la mise en œuvre. Le procédé et les résultats sont donc présentés au ch. 4.2 ci-après.

4.1.4 Projet sectoriel 4

4.1.4.1 Procédé

Le but d'un rapport sur l'état du réseau (RapRés) est de rendre compte de l'état actuel des installations d'infrastructure. L'étude de son évolution contribue à identifier les paramètres d'influence et les champs d'action que l'on en infère, à fixer les priorités et à vérifier dans quelle mesure les objectifs définis ont été atteints. Il doit donc servir principalement de système de gestion et de contrôle aux GI et ne faire office de documentation pour les rapports de l'OFT qu'à titre subsidiaire.

Le diagnostic et l'évaluation systématiques de l'état des divers composants de la voie ont beaucoup gagné en importance ces dernières années, notamment en rapport avec les négociations sur les CP.

Le PS4 a donc résumé et analysé la méthodologie d'évaluation, l'évolution de l'état, les paramètres d'influence et le cadre estimatif des RapRés 2011–2013 des CFF, du BLS et de la SOB.

4.1.4.2 Conclusions : RapRés CFF

Méthodologie

Les CFF évaluent l'état de leurs installations selon trois critères : **substance** (par exemple durée de vie résiduelle), **disponibilité** (par exemple heures hors service) et **sécurité** (par exemple événements sécuritaires).

Les CFF ont identifié **40 indicateurs** pour l'évaluation de l'état de leurs quelque 50 types d'installation. Ils les ont ensuite agrégés dans un système d'évaluation pondéré dont la résultante se traduit par une note.

Évolution de l'état (durée d'utilisation)

Les CFF constatent que l'état de leurs installations de voie s'est globalement amélioré entre 2011 et 2012, soit de 0,2 point pour passer à 4,71 points, mais sans atteindre toutefois la valeur-cible de 4,81 points que les CFF s'étaient eux-mêmes fixée. En 2013, une nette détérioration a été enregistrée, le score est tombé à 4,15 points. Cette valeur est censée représenter de manière plus réaliste l'état effectif des installations : en effet, depuis 2013, de nouveaux outils de prévision et instruments de mesure ont été employés.

Selon les CFF, le vieillissement général des installations de voie, qui influence le critère de la substance, est une raison essentielle de cette dégradation.

Quant à la disponibilité, la situation s'est péjorée en 2013 du fait de l'accumulation de défauts de rail et des travaux d'entretien et mesures de sécurité qui en ont résulté.

Paramètres d'influence

Les paramètres qui influent sur cette évolution, d'après les CFF, correspondent grosso modo à ceux qui ont été identifiés dans le cadre des PS1 et PS2. Les CFF mentionnent principalement la sollicitation du réseau, qui a crû d'environ 30 % depuis 1995, de même que le développement d'un matériel roulant plus performant (trains à deux niveaux, vitesses plus élevées, accélérations plus fortes). En même temps, les mesures de maintien de la qualité des infrastructures ont diminué en quantité.

Cadre estimatif

Comme l'indique le RapRés des CFF, le retard à rattraper calculé a augmenté de 47 % en 2013 par rapport à 2012 pour atteindre 1275 millions de francs. Puisque les installations vétustes requièrent de plus en plus d'argent, il y en a de moins en moins pour les installations plus récentes. Il s'agit de stopper cette tendance.

Pour conserver le niveau de qualité de la substance, les CFF ont décidé de renouveler 190 km de voies supplémentaires par an pendant la période 2013–2016, soit 10 km de plus que ce que prescrit la CP 2013–2016. Il est prévu d'augmenter encore progressivement cette quantité à partir de 2017 pour arriver à 245 km par an, afin de réduire nettement le retard à rattraper dans les 20 ans.

Pour revenir de la politique réactive à une démarche proactive de maintien de la qualité des infrastructures, il faut accroître immédiatement les quantités de l'entretien courant (bourrage, meulage). Le bourrage est prévu sur environ 925 km en 2019 (2013 : environ 420 km), le meulage sur environ 1725 km (2013 : environ 800 km).

4.1.4.3 Conclusions : RapRés BLS

Méthodologie

Le RapRés de BLS Réseau SA, à l'instar de celui des CFF, se concentre sur l'**état**, la **sécurité** et la **disponibilité** des installations. Bien que le diagnostic de l'état soit encore sans notation dans le RapRés 2013, il permet de se faire une idée des paramètres d'influence et des mesures à prendre identifiées dans ce contexte.

Évolution de l'état (durée d'utilisation)

L'état des superstructures est évalué d'après la structure d'âges. En général, l'état de la voie sur le réseau de BLS Réseau SA est considéré comme satisfaisant à bon. Le tunnel de faîte du Loetschberg, dont la voie doit être renouvelée, représente un défi financier.

Il convient de mentionner que la durée présumée d'utilisation des installations de voie et des aiguilles et de 46 ans en 2013. À la différence des CFF, qui ont fixé récemment la durée présumée d'utilisation à 33 ans, ladite durée n'a pas été réduite, alors que la sollicitation a également augmenté au BLS.

Comme les CFF, BLS réseau SA fournit une estimation de la durée d'utilisation prévue, en indiquant toutefois la structure d'âges actuelle (cf. Figure 5). La moitié des voies du BLS ont moins de 13 ans (en vert). Les installations de voie plus anciennes sont représentées en jaune, celles qui ont plus de 46 ans en rouge.

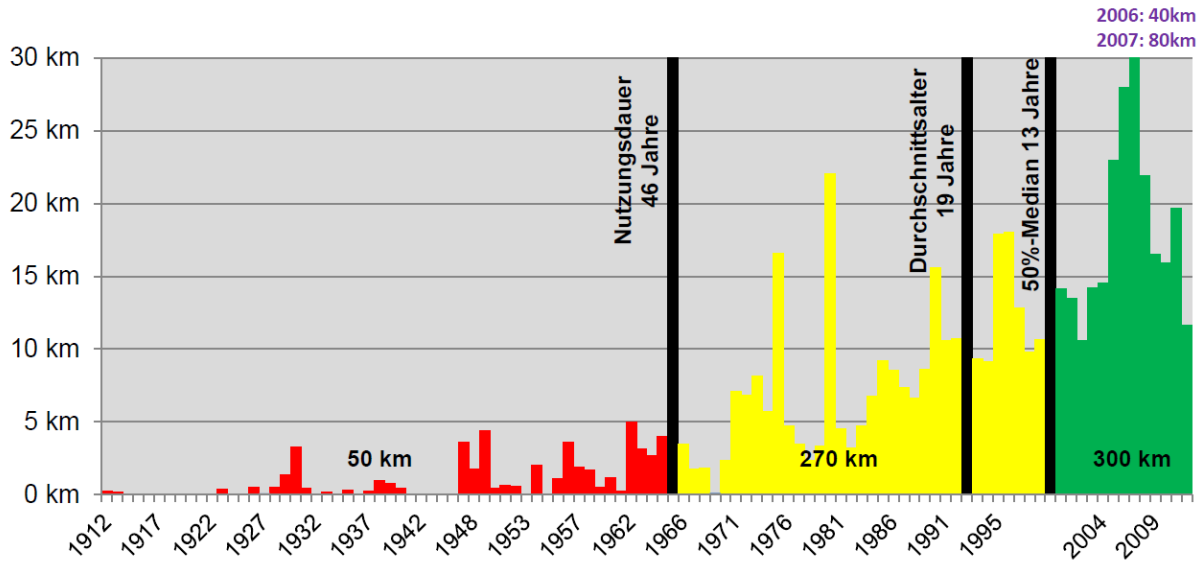


Figure 5 : Âges des voies en 2013 (source : RapRés BLS 2013) Durée d'utilisation 46 ans, âge moyen 19 ans, médian 13 ans

Paramètres d'influence

Le RapRés de BLS SA décrit les paramètres d'influence de manière diversifiée et détaillée. BLS Réseau SA estime que le retard à rattraper découle des **exigences accrues dues au surcroît de trafic**, aux poids par essieu majorés et aux vitesses maximisées.

Sous les aiguilles, on **emploie de plus en plus de traverses en béton**. Les **traverses en bois synthétique FFU** sont un élément très prometteur selon BLS Réseau SA. Les premiers essais de montage en vue d'une autorisation d'exploiter ont eu lieu sur le réseau BLS en 2014.

BLS Réseau SA en infère les mesures à prendre, principalement en ce qui concerne les investissements ou les renouvellements.

Autrefois, le **sol de fondation** devait répondre à des exigences moins sévères. Or actuellement, il présente des défauts structurels tels que l'absence d'une couche de fondation ou d'une évacuation des eaux ou une pente latérale insuffisante pour que l'eau puisse s'écouler rapidement.

Le principal problème de **superstructure** tient aux tracés de rayon inférieur à 250 mètres, imposés par les conditions géographiques. Du fait de cette exiguïté, les matériaux employés (type de traverse et profil de rail) sont donc soumis à des charges, ce qui peut entraîner des contradictions avec des exigences d'ordre supérieur, par exemple l'interopérabilité. Il faut alors envisager des rectifications de tronçons, mais les réflexions économiques ont vite fait de bloquer ce type de solution.

Cadre estimatif

Ces deux dernières années, BLS Réseau SA a légèrement diminué la quantité de composants de la voie en aménageant des aiguilles, en supprimant des passages à niveau et en désaffectant/cédant les tronçons Sumiswald – Huttwil et Sumiswald – Wasen. L'entreprise enregistre une très nette **diminution des traverses en bois sous les installations de voie et les aiguilles**. En même temps, le nombre de traverses en béton a augmenté.

Chez BLS Réseau SA, l'emploi des fonds destinés à la voie est en hausse ces dernières années, principalement pour les investissements ou les renouvellements. Les frais d'investissement vont augmenter au cours des prochaines années, car la superstructure, notamment celle du tunnel de faîte du Loetschberg – qui coûtera CHF 70 millions de francs –, requiert davantage d'assainissements.

Des optimisations du matériel et des gains d'efficience permettront de conserver le bon état de la superstructure des voies sans que les frais d'entretien augmentent.

Le BLS considère comme des risques la baisse des moyens de financement pour les investissements et l'entretien, la surenchère des exigences légales (par exemple la protection contre le bruit) et l'inefficience des intervalles d'entretien à cause de la densité croissante de la circulation.

4.1.4.4 Conclusions du RapRés SOB

Méthodologie

Le RapRés 2013 de la Südostbahn (SOB) est basé sur les données et informations du projet « recensement du besoin d'entretien de l'infrastructure », exécuté par la SOB en 2011/2012.

Le diagnostic de l'état de la SOB se base principalement sur la structure d'âges. Il présuppose un vieillissement linéaire constant sur toute la durée d'utilisation des voies et des aiguilles, quel que soit le type de traverse et la catégorie de voie. L'état actuel de la voie et des aiguilles est déduit de l'âge des traverses.

Évolution de l'état (durée d'utilisation)

Les données révèlent que l'état est stable et s'est légèrement amélioré. Cet objectif a été notamment atteint grâce à la réduction des sections de voie de la classe d'état 4 par des renouvellements de la voie. En effet, leur proportion a reculé de 7 % par rapport à 2011. L'état général s'est amélioré de 0,2 point par rapport à 2011.

Paramètres d'influence

Dans le modèle de prévisions, la seule mesure prévue est le renouvellement de la superstructure des voies et des aiguilles à la fin de leur durée d'utilisation, d'où un retour à l'état neuf. Le RapRés 2013 ne contient pas d'indications supplémentaires à ce sujet.

Cadre estimatif

L'état en légère amélioration s'explique par les renouvellements de la voie réalisés sur une longueur de 6,6 kilomètres avec de nombreuses aiguilles, ce qui a permis de surcompenser quelque peu le vieillissement. Lorsque le retard sera rattrapé en 2020, la SOB prévoit une lente détérioration de l'état pour les années suivantes. Après 2020, le besoin de moyens financiers baissera parallèlement à l'état et recommencera probablement à augmenter dans environ 19 ans, lorsqu'une nouvelle vague de renouvellements s'imposera.

4.1.4.5 Bilan : comparaison des RapRés des CFF, du BLS et de la SOB

Il n'est guère possible de comparer directement ces trois GI, car ils diffèrent non seulement par la présentation des RapRés, par la définition de l'installation « voie », par la méthode d'évaluation et la structure des coûts des GI, mais aussi par la sollicitation, l'état actuel, les caractéristiques des tronçons et des véhicules ainsi que les vitesses, qui sont des facteurs importants. La comparaison des RapRés des trois plus grandes entreprises ferroviaires révèle toutefois de nettes disparités dans certains domaines, qui requièrent des vérifications approfondies. En effet, la durée d'utilisation des installations de voie des CFF est de 33 ans, contre 46 ans pour le BLS. Et le besoin de financement pour le renouvellement est également très différent d'une entreprise à l'autre.

Les paramètres d'influence ne sont pas toujours pris en compte ou quantifiés dans les RapRés, bien qu'ils soient appelés à jouer un rôle essentiel à l'avenir dans le nouveau prix du sillon avec le coefficient d'usure et la mise en œuvre de la Réglementation technique ferroviaire (RTE) 29900. Le rôle de ces paramètres d'influence est central dans l'évaluation de l'état, qui repose sur la durée présumée d'utilisation. Les trois GI analysés ont développé de tels modèles de prévisions, quoique sur des bases différentes.

L'UTP a fixé les exigences minimales dans sa RTE 29900 parue au début de 2015. Cet ouvrage de référence explique comment les futurs RapRés doivent être structurés et construits. C'est un progrès essentiel pour l'utilisation interne des RapRés comme instrument de gestion des GI et pour la comparabilité.

4.1.5 Projet sectoriel 5

4.1.5.1 Procédé

Parallèlement au projet Voie ferrée, l'OFT a travaillé sur le coefficient d'usure dans le prix du sillon. Il a constitué un groupe de travail qui s'occupe de toutes les questions touchant au prix du sillon, notamment le coefficient d'usure.

Ces travaux ont servi à acquérir les bases nécessaires.

4.1.5.2 Résultats

Remarques préliminaires

D'après la législation suisse, chaque train doit, en payant le prix du sillon, couvrir au moins les coûts d'infrastructure qu'il occasionne directement. Au début, ces coûts ont été calculés d'après deux paramètres seulement, les trains-kilomètres et les tonnes brutes-kilomètres.

La réorganisation du compte des coûts des CFF et la disponibilité de diverses nouvelles données a permis d'aboutir en 2013 à une configuration du prix du sillon plus différenciée sur plusieurs points.

Le 1.1.2017, une nouvelle modification entre en jeu, qui devrait aussi se traduire par une optimisation supplémentaire du système roue-rail : le prix de base Poids sera transformé en prix de base Usure. Il s'agissait de déterminer un « coefficient d'usure » aussi correct que possible afin de créer des incitations efficaces.

Conclusions des vérifications techniques

L'évaluation des données scientifiques et économétriques connues a révélé que le poids, c'est-à-dire la charge par essieu, joue un rôle décisif dans la dégradation de la superstructure ferroviaire. En effet, ce n'est pas le poids total, exprimé en tonnes brutes-kilomètres dans le prix du sillon actuel, qui est seul déterminant, mais bien davantage sa répartition sur les roues.

En deuxième position de l'ensemble des facteurs d'usure, on trouve la vitesse à laquelle la charge par essieu exerce une pression sur l'infrastructure. Or la croissance (proportionnelle à celle de la vitesse) de ce paramètre n'est pas linéaire, mais exponentielle. D'autres facteurs d'influence essentiels sont : le rayon de courbure du tronçon, la méthode de construction du châssis, la puissance installée dans le véhicule moteur, les aiguilles à franchir et la masse non suspendue qui pèse sur un essieu.

L'influence de chacun des facteurs a pu être calculée à l'aide de comparaisons de tronçons et des données des comptes des coûts. L'inventaire des facteurs pertinents révèle qu'une partie d'entre eux se rapporte aux caractéristiques du véhicule, une autre à celles du tronçon.

Vu la configuration du tracé, pour créer des incitations aux propriétaires de véhicules, il faut abandonner le prix unitaire par kilomètre dans tout le pays.

4.1.5.3 Bilan du projet sectoriel 5

Le modèle du prix du sillon doit créer des incitations financières à une harmonisation optimale du matériel roulant et des caractéristiques des tronçons. Il remplace donc en partie une harmonisation qui n'a pas été suffisante au sein des entreprises ferroviaires intégrées.

4.1.6 Projet sectoriel 6

4.1.6.1 Procédé

Dans un premier temps, on a procédé à un état des lieux en harmonisation avec le PS4. Les données (depuis 1980) des trois plus grands GI de la voie normale en Suisse, dans la mesure où elles étaient disponibles, ont été préparées (longueur de la voie, prestations d'exploitation et prestations de transport). En même temps, on a collecté puis traité les données disponibles des mesures d'entretien et de renouvellement (par exemple la longueur des voies bourrées) et les ressources financières de l'entretien et du renouvellement.

Même si le projet le prévoyait à l'origine, on s'est vite rendu compte qu'il ne serait pas possible de contrôler la plausibilité du futur besoin de financement dans le cadre du présent projet, faute de pouvoir plausibiliser les mesures nécessaires à ce contrôle.

Dans un deuxième temps, les diverses variantes de financement ont été discutées au sein de l'équipe du projet sectoriel. En principe, il faut tenir compte du fait que le financement ne se rapporte pas à une seule catégorie d'installation mais à toutes, dans le cadre de la CP.

La vérification et la fixation de nouveaux prix du sillon constituent une variante de financement. Il faudra donc parvenir à une étroite harmonisation avec le PS5 et avec les travaux déjà en cours de vérification du système du prix du sillon qui sera appliqué à partir de 2017. Le PS6 est aussi étroitement lié aux préparatifs en cours de la CP 2017-2020 avec tous les GI.

4.1.6.2 Conclusions

Les comparaisons quantitatives entre les entreprises ferroviaires, vu les différences de définition, de délimitation et de sollicitation du réseau, ne sont possibles que dans une mesure limitée ; elles revêtent donc un caractère indicatif. De plus, les comparaisons entre les années sont également problématiques en raison de changements de méthode.

Prestations d'exploitation et prestations de transport

En 2013, la prestation d'exploitation (nombre de trains-km par kilomètre de voie) s'élève à : 27,0 mille trains-km chez la SOB, 23,7 chez le BLS et 22,6 chez les CFF.

C'est surtout à la SOB que la prestation d'exploitation a augmenté ces dernières années (cf. figure 6) :

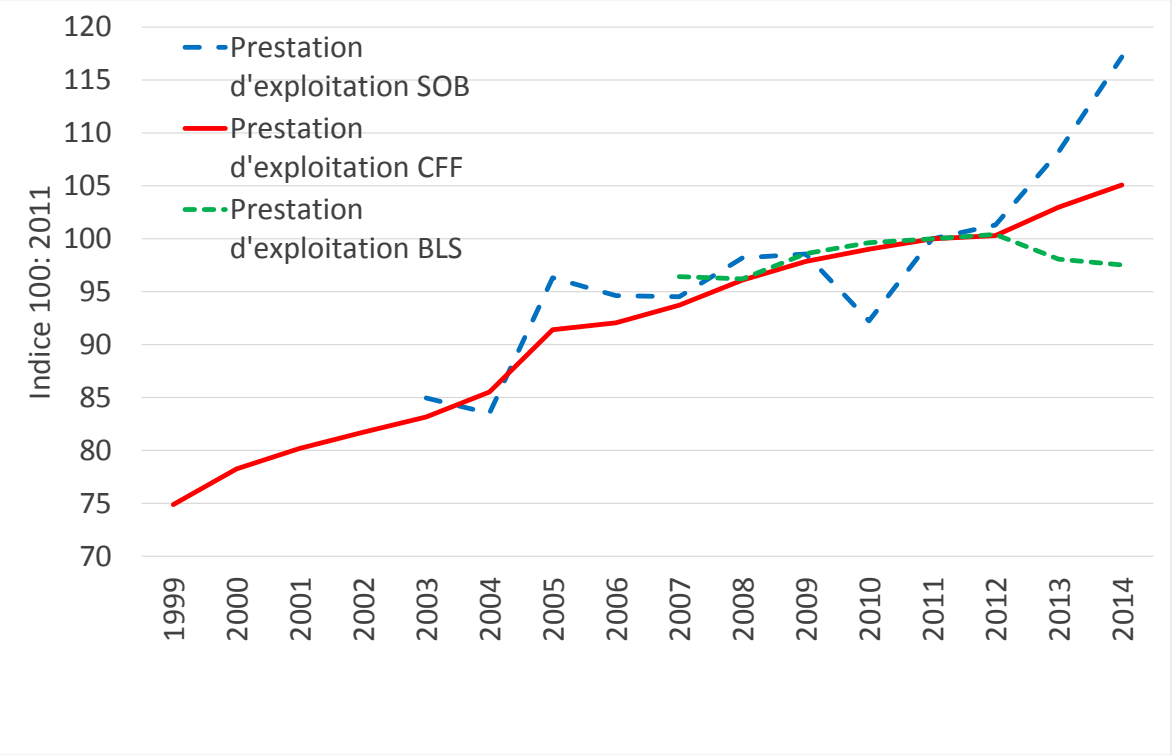


Figure 6 : *Évolution des prestations d'exploitation (trains-km par kilomètre de voie) sur les infrastructures des CFF, du BLS et de la SOB (indice 100 : 2011) (source : indications des CFF, de la SOB, répertoire des ET ainsi que divers rapports de gestion du BLS)*

En termes de prestations de transport (en tonnes brutes-kilomètres) par kilomètre de voie, l'infrastructure des CFF est deux fois plus sollicitée que le réseau du SOB, ce qui s'explique par le poids des trains en moyenne plus élevé.

État des lieux

La figure 7 donne à titre d'exemple pour l'année 2012 une comparaison indicative des mesures d'entretien (bourrage, meulage et remplacement de rails) et de renouvellement de la superstructure par rapport à la longueur de la voie (kilomètres). Cette année-là, ce sont les CFF qui ont effectué en moyenne le moins de mesures d'entretien (bourrage, meulage). La plus grande différence concerne le

bourrage. En revanche, les CFF ont remplacé nettement plus de rails que la SOB. Le schéma montre que la SOB et le BLS fournissent davantage de prestations dans le domaine des mesures d'entretien économiques (bourrage, meulage), mais qu'ils sont en dessous de la moyenne en matière de remplacement de rails. Quant au remplacement de la superstructure – la mesure d'entretien la plus chère –, la SOB avait les valeurs les plus élevées en 2012, ce qui s'explique par le fait que la SOB a l'intention de rattraper son retard jusqu'en 2020.

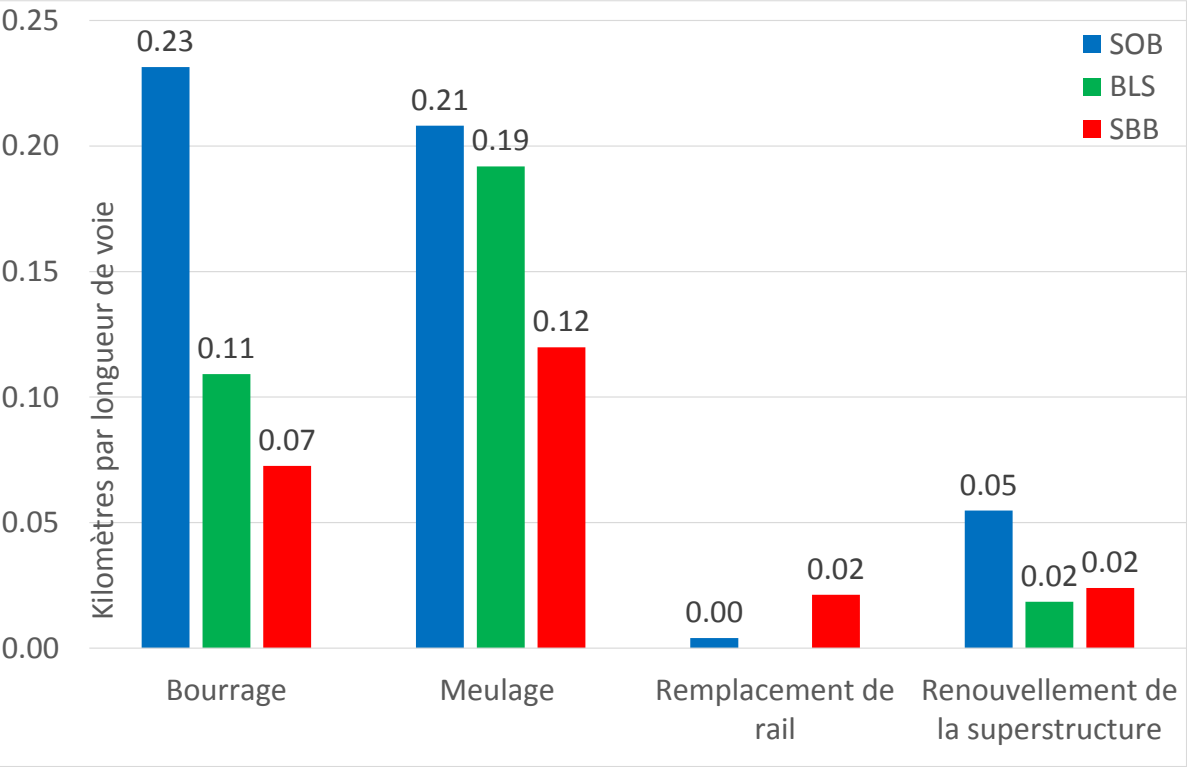


Figure 7 : Mesures d'entretien et remplacement de la superstructure par kilomètre de voie en 2012 (source : indications des CFF, de la SOB, répertoire des ET ainsi que divers rapports de gestion du BLS)

Dans les années 1980, l'état des installations CFF s'est sensiblement amélioré grâce à une campagne d'entretien intensive, afin de prendre en compte la hausse des exigences qualitatives des débuts de l'aménagement ferroviaire. Depuis le début/le milieu des années 1990, l'entretien des CFF a continuellement diminué en quantité dans le but de maintenir l'état de la voie à un niveau prescrit constant (le BLS et la SOB n'ont pas de données aussi anciennes). À cette époque, les CFF perdaient beaucoup d'argent et le Parlement et le Conseil fédéral attendaient des gains d'efficience. Après la réforme des chemins de fer de 1999, le faible niveau a été maintenu. Malgré une densité du trafic en croissance constante, l'entretien n'a pas augmenté en valeur absolue. Comme l'indique la figure 8, on

constate depuis 2007/2008 une nette augmentation (en quantité) de l'entretien, notamment du bourrage et du meulage. Quant au renouvellement, les quantités se sont stabilisées. La statistique révèle également que les prestations de remplacement de rails ont doublé depuis 2006, ce qui pourrait être un indice d'une durée de vie raccourcie.

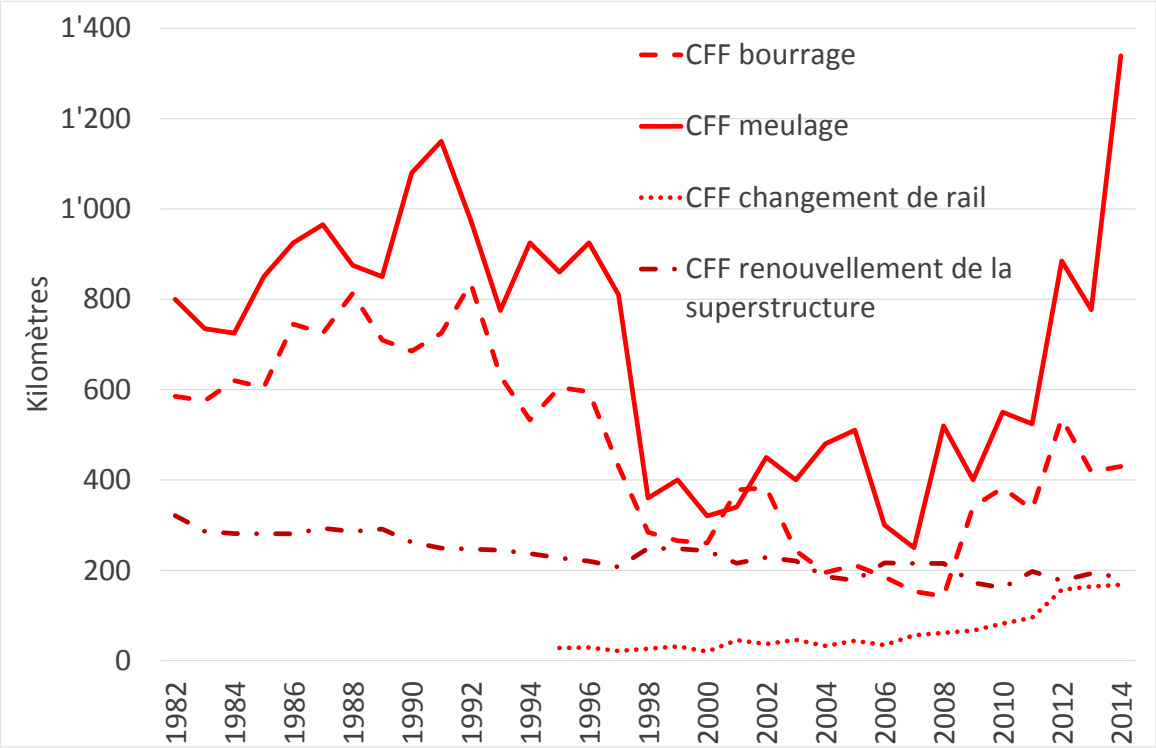


Figure 8 : Bourrage, meulage, remplacement de rails et remplacement de la superstructure CFF, 1982-2014 (source : indications des CFF)

Les moyens mis en œuvre pour les renouvellements et l'entretien de toutes les catégories d'installation ont augmenté respectivement d'environ 32 % et 25 % entre 2007 et 2014. Du point de vue économique, il faut tenir compte des coûts de chacune des mesures d'entretien :

		2010	2011	2012	2013	2014	Ø CP 13-16 convenue	Ø CP 17-20 planifiée
Bourrage	km	382	335	536	418	348	470	853
	millions de francs	27	24	38	24	18	34	47
	CHF/m	71	72	71	57	52	72	55
Meulage	km	550	524	885	777	1'270	730	1'770
	millions de francs	11	11	12	17	21	15	26
	CHF/m	20	21	14	22	17	21	15
Remplacement de rails	km	82	95	157	164	152	43	170
	millions de francs	33	32	43	58	45	17	48
	CHF/m	402	337	274	354	296	395	282
Changement d'éléments d'aiguillage	unités	2'079	2'394	2'365	2'560	2'800	1'200	2'900
	millions de francs	50	66	66	74	76	30	82
	1'000 CHF/unité	24	28	28	29	27	25	28
Renouvellement	km	161	198	200	201	187	180	215
	millions de francs	370	404	406	420	430	419	506
	CHF/m	2'298	2'040	2'030	2'090	2'299	2'328	2'353

Figure 9 : Mesures, coûts et coûts unitaires de l'entretien et du renouvellement (source : indications des CFF)

Les indications des CFF montrent que les coûts du meulage (14 à 22 francs par mètre) et du bourrage (52 à 72 francs par mètre) sont comparativement faibles. Ces mesures propres à garantir la qualité et à prolonger la durée d'utilisation doivent donc être régulières et constantes. Si l'installation vieillit trop vite, il faut prendre des mesures anticipées et coûteuses de remplacement des rails (274 à 402 francs par mètre) ou de renouvellement intégral de la voie (plus de 2000 francs par mètre).

Financement et pilotage financier

Depuis 2011, les GI reçoivent davantage de ressources pour financer les coûts non couverts de l'exploitation, de l'entretien et du renouvellement que les années précédentes. Lors de la révision du prix du sillon de 2013, les recettes annuelles du prix du sillon ont augmenté de 200 millions de francs, et une nouvelle hausse de 100 millions de francs suivra en 2017. Cela étant, les ressources issues des prix du sillon croîtront de 300 millions de francs par an. Elles doivent être affectées entre autres au supplément d'entretien des installations. Pour la période de la CP 2017-2020, l'OFT a prévu, en sus de cette augmentation des recettes du prix du sillon, une hausse des indemnités d'exploitation et des contributions d'investissement. Entre 2013 et 2020, selon l'état actuel de la planification, ces subventions augmenteront d'environ 400 millions de francs par an.

4.1.7 Bilan

En général, on constate que la chaîne des causes et des effets n'est ni simple ni linéaire. Les interactions entre les nombreux paramètres d'influence sont multiples, ce qui restreint l'effet de mesures isolées. Qui plus est, dans bien des cas, les effets – positifs ou négatifs – ne se produisent ou ne sont reconnaissables qu'avec plusieurs années de retard. Lorsque les premiers dégâts surviennent, la situation reste longtemps plus ou moins stable, puis l'état se détériore exponentiellement. Or les données de base sur plusieurs années font parfois défaut, ce qui accroît les difficultés d'une analyse.

Au cours des 20 dernières années, les entreprises ferroviaires n'ont pas eu de doctrine commune dans leur stratégie d'entretien, et ont parfois manqué de continuité. Certaines ont réduit les mesures économiques telles que le bourrage et le meulage, peut-être parce qu'elles ont des incidences immédiates sur le résultat. On observe moins de variations dans les mesures à caractère d'investissement comme le remplacement de la superstructure et des rails. Force est toutefois de constater que les données en présence ne permettent que des estimations ou des comparaisons approximatives entre les entreprises ferroviaires.

Dans l'ensemble, les ressources financières affectées à l'entretien des installations connaissent une hausse significative grâce au relèvement du prix du sillon et des subventions. Ces ressources doivent être employées avec efficience, par des mesures appropriées, à la conservation des installations ferroviaires, dans le but d'en prolonger la durée d'utilisation planifiée et effective.

4.2 Résultats de la phase de mise en œuvre

Cette section présente les mesures inférées de l'analyse. Elle est structurée, à la différence de la section 4.1, non par projets sectoriels mais par thèmes :

- Mesures de controlling
- Mesures de construction/d'entretien de l'infrastructure
- Mesures à prendre sur les véhicules
- Mesures d'exploitation

Certaines mesures sont déjà mises en œuvre ou décidées, d'autres ne sont encore que planifiées ou à examiner. Elles sont traitées et classées par ordre de priorité au chapitre 6.

4.2.1 Projet sectoriel 3

Le projet sectoriel 3 « Interaction roue-rail » est parti du modèle d'impact suivant pour jeter les bases du développement des mesures (cf. Figure 10). La voie se tient au centre du modèle d'impact avec ses composants « rail/aiguille », « superstructure (traverse, ballast) » et « sol de fondation », dont les processus de vieillissement sont différents. Le vieillissement des composants de la voie est déterminé par divers facteurs des trois sphères d'influence « sollicitation », « résistance » et « entretien ».

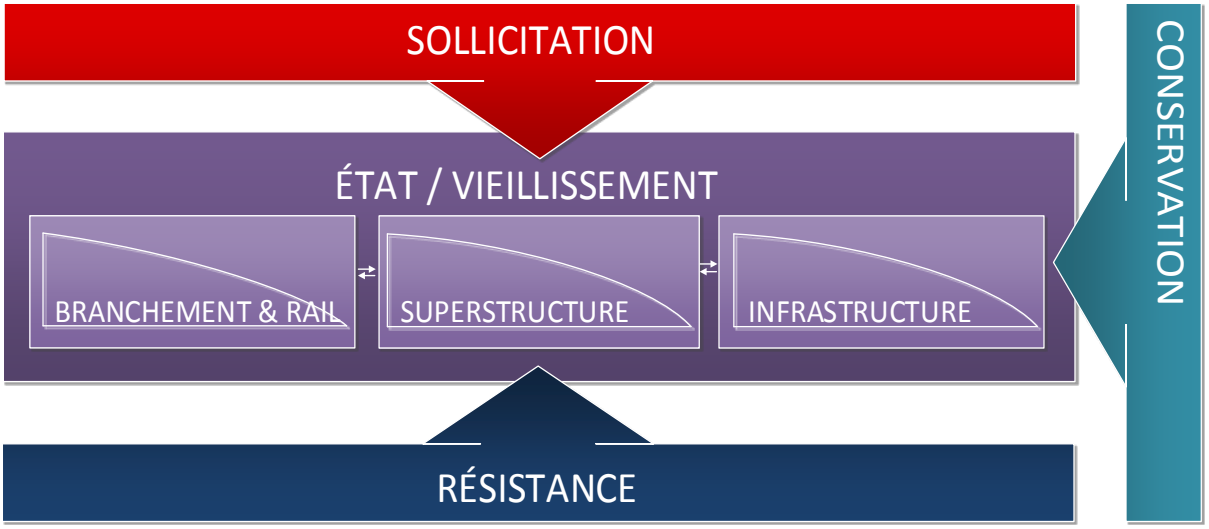


Figure 10 : Modèle d'impact préparatoire à la présentation qualitative des facteurs d'influence sur le vieillissement de la voie

L'influence des facteurs déterminants du vieillissement des composants de la voie a été estimée semi-quantitativement sur la base des documents disponibles et du savoir empirique des spécialistes.

4.2.2 Mesures de controlling

4.2.2.1 Structure uniformisée du RapRés

L'UTP a fixé les exigences minimales dans sa RTE 29900 parue au début de 2015. Cet ouvrage de référence explique comment les futurs RapRés doivent être structurés et construits. C'est un progrès essentiel pour l'utilisation interne des RapRés comme instrument de gestion des GI et pour la comparabilité. Les rapports sur l'état du réseau des GI sont ainsi mieux uniformisés sur le plan terminologique, et plus comparables. Par conséquent, leur valeur d'instrument d'analyse et de pilotage augmente.

4.2.2.2 Introduction d'un modèle de prévisions uniformisé

Le PS4 formule des recommandations à la branche en vue de l'introduction d'un modèle de prévisions uniformisé. L'UTP, association professionnelle, vérifiera s'il vaut la peine de consolider les expériences de tous les GI et de les réunir dans une RTE avec une méthodologie uniforme d'estimation de la durée d'utilisation de la voie.

La nouvelle RTE pourrait par exemple contenir des tableaux de vieillissement avec les paramètres d'influence essentiels :

Vieillissement (exemple 1)

	Paramètres d'influence 1	Paramètres d'influence 2	Durée d'utilisation
Voie	A	C	30 ans
	A	D	45 ans
	B	C	45 ans
	B	D	50 ans
Aiguilles	A	C	25 ans
	A	D	30 ans
	B	C	45 ans
	B	D	50 ans

Exemples de paramètres d'influence : 1= type de traverse A ou B et 2 = sollicitation C ou D.

Vieillissement (exemple 2)

Durée d'utilisation		Paramètres d'influence 1		
Voie		A	B	C
Paramètres d'influence 2	D	20 ans	30 ans	35 ans
	E	25 ans	35 ans	40 ans
	F	30 ans	40 ans	50 ans
Paramètres d'influence 3	G	...		
	H			
	I			
Aiguilles		...		

Exemples de paramètres d'influence : 1 = vitesse autorisée A, B ou C, 2= sollicitation D, E ou F,
3 = entretien quantifié G, H ou I.

La branche souhaite laisser la responsabilité du calcul de la durée d'utilisation aux GI et rejette la recommandation d'introduire un modèle uniformisé de calcul de la durée d'utilisation. Mais les GI verraient d'un bon œil que l'OFT, en étroite harmonisation avec la branche, remanie les indicateurs actuels et définisse un jeu d'indicateurs clair et pratique. Les facteurs d'influence essentiels devraient aussi faire l'objet d'une évaluation tronçon par tronçon ; ainsi, le rapport avec la durée d'utilisation serait mieux mis en évidence et analysé.

4.2.2.3 Inscription de la stratégie des installations et de ses instruments dans les objectifs de la future CP

Le but de la stratégie des installations d'une entreprise est de maximiser à long terme l'utilité par franc investi. Pour pouvoir exploiter les installations à tout moment de manière durable et efficiente, les GI doivent en connaître, aussi à tout moment, l'étendue, l'état et les leviers. Il importe donc de les recenser systématiquement. C'est le seul moyen de les optimiser sur l'ensemble de leur durée de vie.

La stratégie des installations et la gestion des installations qui en découle vont sans aucun doute gagner en importance au cours des prochaines années. C'est la raison pour laquelle ces deux instruments de gestion ont déjà été évoqués dans le cadre de la consultation préalable à la CP 2017-2020, afin de donner à l'OFT une possibilité d'examiner les stratégies des installations des GI.

4.2.2.4 Adaptation des indicateurs pour la gestion financière de la Confédération

L'évolution des coûts, des mesures et des coûts unitaires de la catégorie d'installation Voie seront réexaminés de manière approfondie dans le cadre des préparatifs des CP.

Sur la toile de fond de l'évolution précédente, il faut se demander dans quelle mesure les indicateurs destinés à la gestion financière de la Confédération doivent être adaptés au moyen de la CP :

- On peut considérer que les indicateurs de l'état de la voie sont appropriés. Il y a lieu d'examiner si de grandes entreprises ferroviaires, par exemple le BLS et la SOB, pourraient reprendre les mêmes indicateurs de l'état du réseau que les CFF afin de mettre en place un étalonnage des performances. Restent à en fixer les définitions.

- Le système d'indicateurs harmonisé doit être vérifié dans l'optique de la CP post-2021. Il faut en particulier décider quelles informations les GI devront fournir régulièrement à l'OFT dans le cadre des indicateurs d'une part, et dans leurs autres rapports (notamment RapRés), d'autre part. Les définitions des indicateurs devront être concertées avec la branche (UTP).

- Parallèlement à la saisie des coûts, à la notation de l'état par catégorie d'installation et aux indicateurs d'impact, les mesures exécutées (par exemple le nombre de kilomètres meulés, bourrés etc.) seront recensées continuellement *ex post*. C'est ce qui a déjà été proposé en 2013 dans le guide OFT du RapRés et qui figure dans la RTE 29900 comme facteur d'influence. Cela devrait permettre un étalonnage entre coûts, prestations et qualité et pourrait être pris en compte lors d'une révision de la RTE 29900.

4.2.2.5 Adaptation des réglementations officielles

Les réglementations officielles peuvent servir à créer les conditions-cadre régulatoires souhaitées pour un rapport équilibré entre matériel roulant et voie, sur la base de conclusions validées et de prescriptions clairement définies. Les principales réglementations concernées sont l'OCF/DE-OCF ainsi que les règles techniques nationales notifiées suisses (RTNN-CH). Les actions suivantes sont recommandées et appropriées :

- Critères d'admission clairs du matériel roulant en matière non seulement de sécurité mais aussi de sollicitation de la voie : par exemple des standards spécifiques aux classes de tronçon et aux corridors.
- Évitement des autorisations exceptionnelles pour le matériel roulant et l'infrastructure : par exemple limitation de la charge par essieu des trains voyageurs.
- Harmonisation adaptée à l'utilisation et différenciée avec les standards internationaux de garantie de l'interopérabilité.
- Précision des réglementations officielles sur la base des conclusions des enquêtes en cours et futures sur l'interaction roue-rail.

4.2.2.6 Approfondissement de connaissances spécialisées spécifiques

Le modèle d'impact présenté au chapitre 4.2.1 pourrait être quantifié, y compris le calibrage utilisant les données et les informations disponibles. Cela permettrait de créer une base solide d'estimation quantitative des effets des futurs changements des paramètres d'influence et de progression de l'optimisation du système roue-rail.

Par ailleurs, les connaissances spécialisées techniques peuvent être perfectionnées et le savoir de base approfondi par des travaux de recherche spécifiques sur

- le calcul de la sollicitation maximale autorisée dans les courbes serrées
- l'ajustage des matériaux de la roue et du rail en fonction de la sollicitation
- l'élaboration de prescriptions régissant la conception du train de roulement

Il y a lieu d'assurer à long terme le niveau de qualification et de connaissances sur l'interaction roue-rail des spécialistes et des décideurs.

4.2.3 Mesures de construction/d'entretien de l'infrastructure

4.2.3.1 Approche CCV

L'entretien préventif de la voie (y c. l'évacuation des eaux) doit être conforme aux besoins dans le cadre d'une stratégie du maintien de la qualité des infrastructures optimisée en matière de CCV, afin

d'atteindre une durée d'utilisation optimale. Pour les constructions nouvelles et les renouvellements de l'infrastructure, la rentabilité doit être prise en compte au sens d'une optimisation des CCV.

4.2.3.2 Simplification de la conception des appareils de voie et perfectionnement du tracé

Il y a lieu de réduire le nombre d'aiguilles sur le réseau au strict nécessaire du point de vue de l'exploitation et de l'entretien, tout en tenant compte des éventuels dérangements. La conception des appareils de voie doit aller dans le sens d'une réduction de la sollicitation, par exemple par le montage d'aiguilles dans les sections rectilignes, ce qui permettra aussi de respecter les recommandations en vigueur dans les prescriptions.

La mesure suivante vise un horizon de mise en œuvre à long terme :

Dans la mesure du possible, il faut optimiser le tracé compte tenu des données locales (par exemple rectification de courbes, planification de dévers réglementaires), car les courbes serrées sont en principe exposées à une forte usure et requièrent donc un entretien intensif.

4.2.3.3 Amélioration du diagnostic de l'état de la voie

Le diagnostic de l'état et l'évaluation des divers composants de la voie (rail, aiguille, superstructure, sol de fondation) devraient être systématisés et uniformisés afin que l'on puisse déterminer et prévoir le vieillissement des composants de la voie de manière vérifiable au moyen d'indicateurs. L'optimisation de la surveillance, de la technique de mesure et du diagnostic devrait aboutir à une détection précoce des défauts de l'assiette de la voie et des défauts de rail. Une meilleure utilisation des données sur l'état des composants de la voie devrait déboucher sur une amélioration de la capacité de produire des prévisions afin d'obtenir une définition optimale de l'entretien nécessaire. L'accent doit porter sur les données pertinentes pour les décisions et sur l'augmentation de la capacité de produire des prévisions.

4.2.3.4 Agencement technique de la voie

Les recommandations suivantes peuvent être formulées dans ce domaine :

- Intégration, lors de projets de nouvelles constructions ou de renouvellements, de composants de la voie optimisés quant à la sollicitation et en vue d'une longue durée de vie et de CCV minimaux.
- Perfectionnement des composants de la voie : résistance, longévité et facilité d'entretien.
- Réalisation systématique d'un sol de fondation suffisamment stable pour assurer une grande résistance de la voie en cas de sollicitation croissante.
- Accélération de la standardisation de la voie, y compris normes de planification, et évitement de solutions individuelles afin de réduire la complexité du système.

4.2.3.5 Évitement des défauts de construction

Il ne faut pas sous-estimer l'importance d'une haute qualité des processus de réception de chantier des GI lors de l'entretien et des projets de renouvellement et d'extension (garantie et contrôle de la qualité) ainsi que de la réparation immédiate de défauts de construction.

4.2.4 Mesures prises sur les véhicules

4.2.4.1 Homologation de véhicules

Il y a lieu de remettre en question le principe de l'homologation des véhicules illimitée dans toute la Suisse. Une homologation de véhicules avec des restrictions spécifiques à des tronçons pourrait garantir que seuls des véhicules appropriés circulent sur des lignes annexes comprenant davantage de courbes et moins de résistance de la voie. Lors de futures acquisitions de véhicules, il sera éventuellement aussi préférable d'opter pour une charge par essieu réduite.

4.2.4.2 Harmonisation dans la branche

Intensification de l'harmonisation stratégique précoce entre entreprises de transport, GI et commanditaires de prestations de transport dans l'acquisition de nouveau matériel roulant.

4.2.4.3 Adaptation du prix du sillon au 1.1.2017

Dans le cadre de l'adaptation du prix du sillon au 1.1.2017, le prix de base Poids sera remplacé par un prix de base Usure. Ce changement important apporte des incitations financières sensibles à l'emploi de véhicules et de composants qui ménagent davantage la voie. Le projet a déjà été décidé par le Conseil fédéral le 24 juin 2015.

4.2.4.4 Incitations à améliorer le matériel roulant

Les incitations servent à encourager les post-équipements appropriés du matériel roulant. Un matériel roulant vétuste et mal entretenu accroît l'usure de la voie.

4.2.4.5 Options de perfectionnement du prix du sillon

Les acquisitions de véhicules sont envisagées dans un horizon de 25 à 50 ans ; ainsi, il faut que les entreprises puissent se fier à la stabilité à long terme des effets d'un système du prix du sillon. C'est le seul moyen de rentabiliser les adaptations des véhicules sur toute leur durée de vie. Il est donc important que la stabilité du système inspire confiance.

Les prémisses de l'adaptation actuelle permettent d'induire les options de perfectionnements suivantes :

- Étude des effets du type de construction des véhicules sur la durée de vie de chacun des composants d'installations, c'est-à-dire sur le compte des investissements (investissements de renouvellement).

- Prise en compte de l'exploitation effective de la puissance installée d'un véhicule moteur. Il est envisageable de calculer la transmission de l'effort de traction à partir des paramètres des trains et des tronçons afin de savoir si, par exemple, l'ajout d'une deuxième locomotive se répercute positivement ou négativement en termes d'usure ou de dégâts.

- Prise en compte de l'état effectif des véhicules : l'état de la roue correspond-il à la situation normale et la répartition du poids dans le véhicule est-elle équilibrée ? Il serait envisageable d'intégrer les données des dispositifs de contrôle des trains dans le calcul du prix.

4.2.5 Mesures d'exploitation

4.2.5.1 Adaptation de la vitesse

Il y a lieu d'étudier dans la mesure autorisée par l'horaire si, dans des cas spécifiques, les trains pourraient circuler à vitesse réduite afin de diminuer la sollicitation de la voie. Pour les trains de marchandises, une vitesse continue de 80 km/h serait préférable à un régime « *stop-and-go* » avec des vitesses maximales de 100 km/h. Il vaudrait aussi la peine d'envisager de ralentir l'entrée en gare, notamment sur les branchements. L'optimisation de la vitesse doit déjà se calculer au moment de la programmation de l'horaire.

4.2.5.2 Adaptation des courses, des rames et des itinéraires

Il faut examiner si l'on pourrait simplifier la complexité des installations ferroviaires grâce à d'autres plans de lignes, c'est-à-dire à l'emploi de matériel roulant approprié sur des tronçons déterminés. Il serait notamment possible de réduire des diagonales complexes. Mais ce genre de plan de lignes impliquerait davantage de changements pour les voyageurs.

La sollicitation de la voie par le matériel roulant peut diminuer grâce à des rames modulaires et flexibles, et à des concepts spécifiques aux heures creuses : en évitant les longs trains peu remplis aux heures creuses.

Les itinéraires devraient dans la mesure du possible faire passer les trains sur le moins d'aiguilles possible en position déviée.

4.2.5.3 Amélioration de la communication entre infrastructure et transport

Afin de faire avancer l'optimisation du système roue-rail, il faut implémenter et aménager des interfaces de communication entre les unités d'organisation de l'infrastructure et du matériel roulant.

4.2.5.4 Dispositif de graissage de boudin

Au groupe de suivi, un représentant des chemins de fer a rendu compte de la réussite du graissage de boudin effectué sur des véhicules affectés à des tronçons en courbe. En optimisant la conduite et en employant des lubrifiants triés sur le volet, on parvient à réduire significativement l'usure des rails et des roues. Il faut toutefois tenir compte du risque d'incendie et des problèmes probables sur les fortes rampes, où il est aussi nécessaire d'utiliser en même temps du sable pour garantir l'adhésion.

4.2.6 Conséquences sur le financement

Il n'a pas été possible de quantifier toutes ces mesures dans le cadre du traitement du projet, faute de données de base complètes.

La Confédération est bien consciente que les ressources allouées via la CP doivent être renégociées et fixées d'après une quantification vérifiable des besoins établie pour chaque période quadriennale. Le projet FAIF apporte une certaine souplesse dans ce domaine à partir de 2016. Le nouveau fonds d'infrastructure ferroviaire (FIF) sert à la fois à l'aménagement, à l'exploitation et à l'entretien de l'infrastructure. L'emploi des fonds peut donc être ventilé en fonction des besoins. Toutefois, il est impératif que la sécurité de planification du besoin de fonds soit garantie, tant pour le maintien de la qualité des infrastructures que pour l'aménagement ferroviaire, afin que le système ferroviaire puisse se développer sans discontinuité.

5 Thèses générales

Le chapitre 4 a fait l'inventaire des chaînes des causes et des effets, des changements et des mesures d'amélioration possibles, en mettant l'accent sur la voie. Cela explique dans une certaine mesure comment les développements dans chacun des paramètres d'influence peuvent se répercuter sur tout le système et quelles en sont les interactions. De plus, l'infrastructure ferroviaire et notamment la voie, catégorie d'installation au centre de cette étude, sont tributaires des incitations et des interdépendances dans le système global. Le cadre légal, l'organisation des entreprises ferroviaires, les incitations microéconomiques ou la possibilité d'obtenir des subventions influencent le comportement des intervenants.

A la lumière des conclusions de l'analyse et en se fondant sur un grand savoir empirique multidisciplinaire, le Comité de projet a donc développé des thèses générales qui touchent non seulement la voie mais aussi d'autres domaines spécialisés. Ces thèses permettront de comprendre l'évolution des années précédentes, d'en tirer des enseignements et de définir des mesures appropriées au système global.

Les douze thèses sont les suivantes:

1. L'organisation des entreprises ferroviaires en entreprises intégrées n'a pas contribué autant qu'il attendu et nécessaire à réaliser les optimisations potentielles dans le système ferroviaire global (surtout dans le binôme roue-rail). Dans les grandes entreprises de chemin de fer notamment, les secteurs de l'infrastructure et des transports se sont éloignés l'un de l'autre depuis la réforme des chemins de fer de 1999.

2. Les incitations financières destinées aux entreprises ferroviaires ont pour conséquence qu'une entreprise de chemin de fer intégrée peut utiliser sa marge de manœuvre afin de placer les coûts non pas dans les secteurs de marché bénéficiaires (trafic grandes lignes, transport de marchandises, immeubles, activités annexes), mais dans le secteur subventionné (infrastructure) – question de l'aléa moral. Les systèmes internes d'objectifs et de salaires des entreprises sont, dans certains cas, trop axés sur l'optimisation du secteur considéré.

3. Le législateur et le commanditaire n'ont pas introduit d'élément correctif après la réforme des chemins de fer pour garantir les avantages systémiques dans le système ferroviaire intégré. On est parti du principe que les entreprises ferroviaires intégrées les garantiraient sans incitations externes. On s'efforce de plus en plus d'encourager l'optimisation globale par des prescriptions (par exemple RapRés, coefficient d'usure dans le prix du sillon, établissement et renforcement de maîtrises de système).

4. Du fait de l'accroissement considérable de la demande, on a observé ces dernières années la primauté du transport de voyageurs dont le déroulement a été optimisé au point que les besoins de ce secteur avaient priorité : par exemple réduction des temps de parcours par augmentation de la vitesse d'entrée en gare, vitesses accrues sur les tronçons. Les exigences imposées au matériel roulant ont été conçues de manière à optimiser les frais d'exploitation et l'entretien (roues en acier plus dur par exemple) pour le secteur Voyageurs et pour les commanditaires.

5. Les secteurs du transport de marchandises, soumis à une forte pression économique, ont acheté le matériel roulant le moins cher et de surcroît utilisable dans toute l'Europe : par exemple renonciation au réglage radial sur les locomotives, emploi de locs anciennes en transport national, wagons à bogies ultra-simples. De plus, l'entretien des wagons a été réduit et le renouvellement du parc ralenti.

6. Après la réforme des chemins de fer de 1999, la Confédération a voulu profiter des gains d'efficience des entreprises ferroviaires libérées de l'étroit corset étatique et a annoncé une future stabilisation des dépenses publiques dans le domaine des transports publics. Cette pression financière a été notamment exercée via le financement de l'exploitation de l'infrastructure ferroviaire. C'est uniquement depuis 2010 que les ressources affectées à l'infrastructure ont connu une hausse déterminante.

7. L'infrastructure a subi une forte pression financière interne et externe. Dans les grandes entreprises ferroviaires intégrées notamment, cette pression continue s'est fait sentir sur l'infrastructure : par exemple suppression de la contribution de couverture au transport de marchandises, possibilité de réaliser des bénéfices sur le trafic grandes lignes au lieu d'une hausse des contributions de couverture du trafic grandes lignes. Cela s'est en partie traduit par une forte réduction des prestations de renouvellement et d'entretien à incidences sur le résultat dans les secteurs infrastructurels.

8. L'infrastructure a pris du retard dans l'adaptation des méthodes d'entretien aux nouvelles exigences. Il y a quelques années encore, on considérait qu'une infrastructure neuve ou rénovée et mise en exploitation pouvait absorber sans inconvénient la croissance du trafic prévue et réalisée. Après la construction, il s'agissait uniquement de maximiser le taux d'utilisation des tronçons, sans se préoccuper de l'entretien visant à conserver la valeur.

9. Les modifications techniques n'ont pas été mises en œuvre systématiquement : par exemple plus grand profil de rail après l'introduction de la catégorie de train D (22,5 t), emploi de traverses en béton y c. réfection du sol de fondation sur les tronçons potentiels de la catégorie de train W.

10. Les prescriptions techniques sont de plus en plus calquées sur les standards européens (Spécifications techniques pour l'interopérabilité [STI]), sur lesquels la Suisse n'a qu'une influence restreinte. Certaines tiennent insuffisamment compte des exigences spécifiques du réseau suisse (sinueux, faibles rayons de courbure, fortes déclivités). L'industrie du matériel roulant produit de plus en plus de matériel roulant standard pour le marché européen et en conçoit systématiquement la construction sur la sécurité et non sur la sollicitation de l'infrastructure.

11. Les approches vérifiables et les modèles solides d'évaluation et de développement de l'état des installations ne sont pas encore consolidés. Il n'existe encore que des embryons d'indicateurs « durs » et probants à long terme. L'efficacité et l'efficience de l'entretien de la voie ne peuvent donc être qu'insuffisamment évaluées et gérées.

12. Ces dernières années, à la suite de réorganisations, de suppressions d'emplois, de changements de génération et de fluctuations, divers gestionnaires d'infrastructure ont perdu bien des années de connaissance de la voie et de l'exploitation. Le manque de continuité dans la stratégie de renouvellement et d'entretien – en règle générale dans la stratégie des installations – est la résultante de ce phénomène.

6 Recommandations de mise en œuvre

Le Comité de projet a pris connaissance des mesures citées au ch. 4.2. Compte tenu des thèses qui précèdent, il fixe les priorités suivantes pour les travaux consécutifs. La justification des priorités et les instruments de mise en œuvre prévus figurent à l'annexe 2. Les recommandations et les attentes s'adressent à divers intervenants.

1. Le Comité de projet apprend avec satisfaction que les deux mesures suivantes sont entre-temps déjà décidées :
   - Structurer uniformément les RapRés (4.2.2.1)
   - Prendre en compte le coefficient d'usure dans le prix du sillon (4.2.4.3)

2. Le Comité de projet estime que les mesures suivantes sont prioritaires dans les services spécialisés au sein de l'office :
   Haute priorité :
   - Inscrire la stratégie des installations et ses instruments dans les objectifs des futures CP (4.2.2.3)
   - Créer des incitations à améliorer le matériel roulant (4.2.4.4)

Priorité moyenne :
- Adapter les indicateurs pour le pilotage financier de la Confédération (4.2.2.4)
- Adapter les règlements officiels (4.2.2.5)
- Examiner l'homologation de véhicules avec restrictions spécifiques aux tronçons (4.2.4.1)

3. Le Comité de projet estime que les mesures suivantes sont prioritaires chez les GI :
   Haute priorité :
   - Adopter l'approche CCV et la mettre en œuvre intégralement (4.2.3.1)
   - Améliorer le diagnostic de l'état de la voie (4.2.3.3)
   - Garantir la qualité grâce à des processus de réception technique optimisés après les travaux de construction (4.2.3.5)

   Priorité moyenne :
   - Simplifier à long terme la conception des branchements et améliorer le tracé (4.2.3.2)
   - Monter des composants de la voie optimisés et garantir la résistance de la voie en fonction de la sollicitation (4.2.3.4)

4. Le Comité de projet estime que les mesures suivantes sont prioritaires chez les entreprises de transport avec le concours des GI :
   Haute priorité :
   - Améliorer la communication entre les secteurs Infrastructure et Transport (4.2.4.2 et 4.2.5.3)

   Priorité moyenne :
   - Examiner au cas par cas le potentiel de réduction de la vitesse des trains de marchandises et des passages sur les branchements avant les gares (4.2.5.1)
   - Examiner les plans de lignes, mieux adapter la longueur des rames à la demande et réduire les itinéraires passant sur de nombreuses aiguilles en position déviée (4.2.5.2)
   - Optimiser le graissage de boudin sur les tronçons à courbes serrées (4.2.5.4)

5. Le Comité de projet estime que les mesures suivantes sont prioritaires chez tous les partenaires
   - Approfondir les connaissances spécialisées et la recherche scientifique spécifique à la voie (4.2.2.6)

Les autres mesures sont considérées comme moins prioritaires ou elles sont rejetées en raison de conflits d'objectifs indésirables.

7 Conclusion

Les objectifs du projet ont été atteints pour l'essentiel. Les problématiques complexes et les chaînes de réactions ont été mises en évidence qualitativement et non quantitativement. Les conclusions obtenues et le savoir collecté sont précieux pour la poursuite des discussions et la prise de décisions. Certaines conclusions se sont déjà traduites par des mesures (RapRés, coefficient d'usure dans le prix du sillon). D'autres analyses devront suivre et alimenter les processus actuels d'optimisation du système global. Cette optimisation ne touche pas que les secteurs infrastructurels, mais il faut aussi comprendre le foyer de tensions complexe dans son ensemble. Le modèle d'impact présenté dans ce rapport peut y contribuer.

Le financement du maintien de la qualité des infrastructures de la voie ferrée reste un défi et ne parviendra à se stabiliser qu'une fois les causes et les effets mieux compris et la résistance de la voie améliorée grâce à des stratégies des installations stables et orientées sur le long terme.

Pendant le traitement du projet, divers aspects ont été mis en lumière et les premiers effets ont déjà été obtenus grâce à des travaux de vérification, des questions et des entretiens entre de nombreux spécialistes. Plusieurs mesures déjà engagées devraient apporter des améliorations du maintien de la qualité des infrastructures de la voie dans un proche avenir et éviter de mauvaises surprises.

Notons enfin que la collaboration et la mise en réseau du savoir-faire de spécialistes des disciplines les plus diverses a accru la compréhension réciproque et beaucoup contribué à lever des incertitudes et des malentendus.

Annexe 1 : Désignation des catégories et paramètres d'influence

Désignation	Titre	Description / Exemples
A	**Conception du matériel roulant**	
A1	Charges par essieu	Forces statiques et dynamiques
A2	Diamètre de roue	
A3	Accélération	Puissances d'accélération et de freinage techniques, contrôle de glissement ...
A4	Exploitation des valeurs-limites	Exploitation des valeurs-limites dans la conception du véhicule
A5	Graissage de boudin	
A6	Tempomat (régulateur de vitesse)	Implémentation technique de la vitesse régulée dans les véhicules moteurs
A7	Géométrie des véhicules	Longueur, passage, distance entre les pivots des bogies …. (entraxe : A12)
A8	Matériau de la roue	Matériau (qualité d'acier, dureté …) des roues des véhicules
A9	Prix du véhicule	Coûts d'investissement de l'acquisition des véhicules
A10	Véhicules standard	Véhicules standardisés CH/étranger ; non conçus pour les conditions suisses
A11		*vide (n'est plus utilisé)*
A12	Construction du bogie	Y c. suspension de la roue, amortisseur anti-lacet, masse non suspendue, essieux motorisés (y c. puissance), entraxe ; ces paramètres sont considérés plus en détail dans une 2e phase.
A12a	Géométrie (entraxe)	Aspect géométrie (notamment entraxe) issu de A12
A12b	Suspension de l'essieu et du bogie	Aspect suspension de l'essieu et du bogie issu de A12
A12c	Masse non suspendue	Aspect masse non suspendue (y c. essieux motorisés et puissance) issu de A12
A13	Profils de roue	
A14	Exigences du cahier des charges	Montage de climatiseurs, unités supplémentaires pour les installations de sécurité, loc multicourant …..

B	**Capacité du réseau**	En temps et en quantité pour les passagers et les marchandises
B1	Étoffement de l'horaire	Nombre de trains voyageurs et marchandises
B2	Trains plus longs	
B3	Augmentation de la vitesse (globale)	Pour accroître la capacité des sillons (y c. Cargo-Express Cex120 et VDmax100)
B4	Inscription rapide dans les courbes (N+W)	Introduction des catégories de train N et W (sans effets secondaires sur d'autres catégories de train)
B5		*vide (n'est plus utilisé)*
B6	Emploi de DOSTO	Emploi de DOSTO pour mettre à disposition des capacités en places assises
B7	Trains D (22,5 t)	Augmentation de capacité en transport de marchandises
B8	Utilisation des trains	Taux d'utilisation des trains (voyageurs et marchandises)
B9	Exploitation de la vitesse (locale)	« rouler aux limites », forte accélération et freinage brusque
B10	Taux d'utilisation du réseau	Optimisation du réseau, réserves de temps de parcours, distancement, mise en œuvre de l'horaire cadencé
B11	Extension du réseau	Aménagements de tronçons, prolongements de quais
B12	Extension d'arrêts	Introduction d'arrêts supplémentaires
C	**Utilisation du matériel roulant**	
C1	Type de transport	Type unique / trafic mixte
C2	Style de conduite du conducteur de locomotive	Conduite du conducteur de locomotive selon les prescriptions (horaire, exploitation) et style de conduite
C3	Régime *Push-Pull*	Trains-navette du transport de voyageurs, déplacements des trains de marchandises
C4	Emploi du matériel roulant en général	Diverses influences
D	**Prescriptions en matière de matériel roulant**	
D1	Prescriptions d'exploitation	
D2	Prescriptions techniques	Prescriptions d'homologation et d'entretien
D3	Accès au réseau	Prescriptions pour l'octroi de l'accès au réseau
D4	LHand	Prescriptions relatives au respect de la LHand

E	**Entretien du matériel roulant**	
E1	Entretien du matériel roulant	Date et exécution technique
E2	Surveillance du matériel roulant	Y c. Checkpoint des charges à l'essieu pour détecter les roues déformées
E3	État actuel du matériel roulant	
F	**Organisation de chantier**	Taille du chantier, voies d'accès, durée des intervalles, engins de construction …
G	**Entretien de la voie**	
G1	Défauts de rail	Fatigue et usure de voies et d'aiguilles
G2	Entretien technique	Date et exécution technique
G2a	Bourrage	Aspect bourrage issu de G2
G2b	Meulage des rails	Aspect meulage des rails issu de G2
G2c	Remplacement de rails	Aspect remplacement de rails issu de G2
G2d	Changement d'élément d'aiguillage	Aspect changement d'élément d'aiguillage issu de G2
G3	Coûts d'entretien	
G4	État actuel de la voie	Superstructure complète voie et aiguilles (par exemple assiette de la voie) et sol de fondation (par exemple fondrières)
G5	Collectif de charge	Base pour l'entretien …
G6	Renouvellement technique	Date et exécution technique
G7	Coûts de renouvellement	
G8	Surveillance de la voie	
H	**Caractéristiques de tronçon**	
H1	Conception des branchements	Nombre, type, divisions, branchements en courbe, anciens types de construction ….
H2	Valeurs-limites de dynamique de roulement	Exploitation des valeurs-limites dans la conception
H3	Interaction pont – voie	
H4	Tracé horizontal	Géométrique (choix des rayons …)
H5	Tracé vertical	Pente longitudinale ….
I	**Système roue–rail**	Système technique roue–rail (pression superficielle hertzienne, profils appariés ….)

K	**Conception de la voie**	
K1	Sol de fondation	Y c. évacuation des eaux
K2	Profil de rail	Coupe transversale / poids et forme du champignon du rail
K3	Qualité de l'acier du rail	
K4	Traverses et attaches	
L	**Prescriptions relatives à la voie**	
L1	Prescriptions de conception	Prescriptions techniques de conception (tronçon et matériau), admission
L2	Prescriptions d'entretien	Prescriptions techniques d'entretien
M	**Organisation**	
M1	Considération systémique	Organisation ReChe 1 et sectorisation des entreprises ferroviaires
M2		*vide (n'est plus utilisé)*
M3	Organisation de l'entretien de la voie	Organisation de l'entretien (y c. externalisation de travaux de construction et d'entretien), assurance du savoir-faire spécialisé
	Interface de financement	Pas de paramètres d'influence propres, seulement cause et effet
	Exigences commerciales / exigences du client	Exigences du marché, des clients (y c. confort) ou résultat des commandes de TRV, temps de parcours prescrits
	Financement	L'argent est cause d'une modification d'un paramètre d'influence ou il influe sur ce dernier, y c. diminutions des coûts
	Besoin de financement	Besoin de financement résultant des coûts
	Système d'incitations (financement)	Tous les systèmes d'incitations (mécanismes de gestion) par le financement, par ex. système du prix du sillon

Annexe 2 : Mesures et classement par ordre de priorité

Mesure	*Poten-tiel*	*Responsable de la mise en œuvre*	*Délai jusqu'à la date de l'effet*	*Coûts/ dépenses de mise en œuvre*	*Instruments de mise en œuvre*	***Priorité***
Échelle	*3=élevé 2=moyen 1=faible*		*C=court (1-3 ans) M=moyen (4-8 ans) L=Long*	*3=élevés 2=moyens 1=faibles*		***1=haute 2=moyenne, 3=faible***
4.2.2 Mesures de controlling						
4.2.2.1 RapRés de structure uniformisée	2	UTP avec le concours de l'OFT	C	1	RTE	**Décidée**
4.2.2.2 Introduction d'un modèle de prévisions uniformisé	1	UTP avec le concours de l'OFT	C	1	RTE	**3**
4.2.2.3 Inscription de la stratégie des installations et de ses instruments dans les objectifs des futures CP	3	OFT	M	2	CP	**1**
4.2.2.4 Adaptation des indicateurs pour le pilotage financier de la Confédération	2	OFT	C - M	1	CP	**2**
4.2.2.5 Adaptation des règlements officiels	2	OFT	C - M	1	OCF, DE-OCF	**2**
4.2.2.6 Approfondissement de connaissances spécialisées spécifiques	1	OFT / ETF / GI	M – L	3	Mandats de recherche, collaboration avec hautes écoles et experts étrangers, cours de perfectionnement	**2**

Mesure	*Poten-tiel*	*Responsable de la mise en œuvre*	*Délai jusqu'à la date de l'effet*	*Coûts/ dépenses de mise en œuvre*	*Instruments de mise en œuvre*	***Priorité***
Échelle	*3=élevé 2=moyen 1=faible*		*C=court (1-3 ans) M=moyen (4-8 ans) L=Long*	*3=élevés 2=moyens 1=faibles*		***1=haute 2=moyenne, 3=faible***
4.2.3 Mesures de génie civil/entretien de l'infrastructure						
4.2.3.1 Approche CCV *(cf. aussi 4.2.2.1 et 4.2.2.2)*	3	GI	M-L	2 Dans les projets, au début en règle générale 3 (investisse-ment au lieu d'entretien)	Stratégie des installations	**1**
4.2.3.2 Branchements de conception simplifiée et tracé amélioré	2	GI	L	3	Mise en œuvre de recommandations dans les prescriptions	**2**
4.2.3.3 Amélioration du recensement de l'état de la voie	2	GI	M	1	Évaluation des données des véhicules d'étalonnage + visite des lieux	**1**
4.2.3.4 Agencement technique de la voie	2	GI	M - L	2	Recherche, essais → RTE	**2**
4.2.3.5 Évitement de défauts de construction	2	GI	C – M – L	1	Processus de réception de chantier complets et documentés	**1**

Mesure	*Poten-tiel*	*Responsable de la mise en œuvre*	*Délai jusqu'à la date de l'effet*	*Coûts/ dépenses de mise en œuvre*	*Instruments de mise en œuvre*	***Priorité***
Échelle	*3=élevé 2=moyen 1=faible*		*C=court (1-3 ans) M=moyen (4-8 ans) L=Long*	*3=élevés 2=moyens 1=faibles*		***1=haute 2=moyenne, 3=faible***
4.2.4 Mesures prises sur les véhicules						
4.2.4.1 Homologation de véhicules	2	OFT	L	2	Homologation de véhicules	**2**
4.2.4.2 Harmonisation dans la branche	1	ETF / GI	L	1	Coopération, échange	**1**
4.2.4.3 Adaptation du prix du sillon le 1.1.2017	3	OFT	L	2	OARF	**Décidée**
4.2.4.4 Incitations à améliorer le matériel roulant	2	OFT	M - L	1	Tarification par véhicule selon l'OARF	**1**
4.2.4.5 Options de perfectionnement du prix du sillon	2	OFT	L	2	OARF	**3**

Mesure	*Poten-tiel*	*Responsable de la mise en œuvre*	*Délai jusqu'à la date de l'effet*	*Coûts/ dépenses de mise en œuvre*	*Instruments de mise en œuvre*	***Priorité***
Échelle	*3=élevé 2=moyen 1=faible*		*C=court (1-3 ans) M=moyen (4-8 ans) L=Long*	*3=élevés 2=moyens 1=faibles*		***1=haute 2=moyenne, 3=faible***
4.2.5 Mesures d'exploitation						
4.2.5.1 Adaptation des vitesses	2	GI / ETF	M	2	Horaire, DE-OCF	**2**
4.2.5.2 Adaptation des courses, des rames et des itinéraires	2	ETF / GI	M	2	Vérification des plans de lignes et des concepts heures creuses	**2**
4.2.5.3 Amélioration de la communication entre infrastructure et transport	2	ETF / GI	C	1	Coopération, échange	**1**
4.2.5.4 Graissage de boudin	1	ETF	C	1	À envisager au cas par cas	**2**