Synthese du rapport final

Edited by Anders Ekberg & Björn Paulsson

INNOTRACK
Innovative Track Systems

Note de synthese du rapport technique final

HIGHLIGHTS

1. Evaluation du sous-sol
2. Rigidité de la voie
3. Quatre méthodes différentes pour améliorer l'infrastructure de la voie
4. Deux configurations de voie innovantes
5. Guide pour le choix optimal des nuances de rail
6. Formation de squats
7. Usure ondulatoire
8. Joints isolants
9. Fissures de rail
10. Essais pour les rails
11. Méthodes d'inspection et équipements de détection des fissures de rails
12. Méthodes de meulage
13. Soudures avec zone restreinte affectée par la chaleur
14. Mise en évidence de la répartition des coûts
15. Optimisations des appareils de voie & croisements
16. Prédiction numérique des dommages et optimisation des composants des appareils de voie
17. Standard ouvert pour les enclenchements électroniques et traverses creuses
18. Paramètres-clés pour les systèmes de surveillance des appareils de voie
19. Méthode d'évaluation des coûts de possession
20. Solutions logistiques

Objectifs d'INNOTRACK

Le projet INNOTRACK représente une réponse commune des grands acteurs du secteur ferroviaire – gestionnaires d'infrastructure (GI), industriels ferroviaires et organismes de recherche – en vue de poursuivre le développement d'un réseau de voies à haute performance à coût optimal en faisant appel à des solutions innovantes centrées sur la réduction des investissements et des coûts de maintenance.

INNOTRACK a constitué une opportunité unique pour rassembler les GI et les industriels autour des enjeux de recherche qui influent fortement sur la réduction des coûts de possession (LCC). INNOTRACK a été financé par la Commission européenne dans le cadre du 6ème PCRD sous couvert du contrat n° TIP5-CT-2006-031415.

Philosophie d'INNOTRACK

Les Chemins de fer verront leur importance croître s'ils peuvent répondre aux exigences futures. Or, INNOTRACK s'intéresse aux outils susceptibles de répondre à un grand nombre de ces exigences

Exemples: les vitesses et charges plus élevées (les deux allant souvent de pair), disponibilité supérieure, moins de perturbations et coûts de possession réduits. En même temps, il importe de satisfaire à des impératifs environnementaux et sécuritaires. La plupart des réseaux souffrent de nombreux goulets d'étranglement laissant des marges très limitées en cas de dysfonctionnement. S'il est capable de relever le défi, le rail pourra renforcer sa position. En tout cas, les résultats d'INNOTRACK aideront les Chemins de fer à prendre en charge ces questions dans le domaine important de la superstructure et de l'infrastructure de la voie. Ce volet représente 50 à 60% des coûts d'entretien et de renouvellement d'un réseau typique. Autrement dit, les résultats du projet INNOTRACK ont un impact significatif en termes de réduction des coûts pour les chemins de fer.

Ces défis sont exposés plus en détail au chapitre 2 du Rapport technique final d'INNOTRACK. Il est important de comprendre que toutes ces exigences et enjeux ne sont pas de vaines considérations mais rejoignent au contraire la réalité opérationnelle quotidienne des chemins de fer.

Les retombées d'INNOTRACK s'apparentent à une boîte à outils débordant de solutions innovantes. Ce chapitre met en évidence certaines "recettes-phare" de manière à donner un aperçu des contenus d'INNOTRACK. Certaines d'entre elles ont une dominante vraiment technique, alors que d'autres sont de nature plus générale. En outre, une liste complète de résultats transposables figure à l'annexe VI du Rapport technique final d'INNOTRACK.

Haute complexité du système ferroviaire

La complexité du système ferroviaire tient à la coexistence fréquente d'éléments d'âges et de consistances différentes qui doivent co-opérer au sein d'un système. Le remplacement des composants est un processus permanent et irréversible. Or, aujourd'hui, l'infrastructure ferroviaire ressemble à un patchwork appelé à se surpasser constamment pour répondre à des demandes plus exigentes. C'est pourquoi

la mise en oeuvre de changements requiert un doigté tout particulier.

Un autre facteur notable concerne le caractère empirique d'une grande partie des connaissances acquises sur les chemins de fer en général et la voie en particulier. Autant nous savons prédire ce qui va se passer dans un contexte stable, en revanche, si nous devons réagir à des exigences nouvelles, la réponse du système sera souvent affectée en profondeur. Aussi importe-t-il non seulement de connaitre le "comment" (situation habituelle), mais aussi le "pourquoi" afin de prédire les effets des changements. Or INNOTRACK apporte tout un ensemble de connaissances nouvelles permettant de comprendre exactement "pourquoi" les phénomènes se produisent, et donc de prédire la réaction de la structure de la voie.

Pour modifier – ou plutôt moderniser –des sous-ensembles du système en introduisant des composants plus performants, les nouveaux éléments doivent s'adapter à la complexité du système ferroviaire. Sachant que la mise en place de ces nouveaux composants reste incontournable compte tenu de l'usure ou de l'obsolescence des anciens composants face à l'évolution des demandes. Toutefois, pour éviter une situation "d'apprentissage par l'erreur", il apparait nécessaire de procéder à ce déploiement de manière ordonnée avec la certitude que les conditions techniques, logistiques et de coûts de possession seront bien remplies. INNOTRACK s'est aussi intéressé de près à ce processus.

Pour compliquer encore davantage la situation, les composants tendent à s'internationaliser de plus en plus (tendance globalement positive). De surcroît, le rôle de l'industrie dans le développement de nouveaux produits ne cesse d'évoluer, voir chapitre 7 du Rapport technique final INNOTRACK. Cela signifie que les nouveaux composants sont moins ajustés à des besoins strictement nationaux. Par ailleurs, le GI maîtrise moins le développement des produits, à charge pour lui de définir un cahier des charges fondé sur des exigences fonctionnelles. Il en résulte une pression accrue sur le GI et l'industrie qui doivent assurer un niveau de qualité adéquat et le bon fonctionnement des produits dans le contexte ferroviaire.

INNOTRACK a examine la question à la fois sous l'angle technique et des coûts de possession.

La plupart des facteurs de coûts sont internationaux

Les études menées à la faveur d'INNOTRACK ont montré que les facteurs de coûts les plus influents sont de nature internationale. C'est pourquoi plusieurs parmi les projets de déploiement proposés seraient plus efficaces s'ils étaient mis en œuvre dans le cadre d'une coopération internationale. S'il est possible de créer des groupes de travail internationaux dynamiques, les solutions nouvelles se concrétiseront plus rapidement et mobiliseront pour ce faire moins de ressources. Pour la première fois, INNOTRACK a identifié les facteurs de coûts liés à la Voie en Europe et discerné leur source première dans le secteur de l'infrastructure/superstructure de la voie et des appareils de voie & croisements. En outre, INNOTRACK s'est engagé activement dans le soutien et la coordination de la mise en œuvre au niveau européen.

La Recherche & Développement constitue un impératif et une manière efficace de progresser, notamment dans le domaine ferroviaire pour réduire les coûts et améliorer les performances. Elle s'inscrit également dans démarche de coopération entre GI et industrie visant à assurer l'adéquation voulue entre le développement industriel de produits, de services et de processus, et leur insertion dans le système, de telle sorte que les performances requises soient au rendez-vous. Cela est d'autant plus important que les activités de R&D se déroulent pour une large part dans des constellations diverses, où l'industrie devient de plus en plus présente, au point de dépasser les GI en volume d'activité.

Traduire de nouvelles connaissances dans la réalité n'est pas aisé mais indispensable

Traditionnellement il est difficile de mettre en application les nouveaux acquis dans le milieu ferroviaire. Or c'est bien là que se situe le talon d'Achille de l'activité R&D. Sur ce point, les GI doivent gagner en efficacité et veiller, lors du lancement d'un nouveau produit, à ce que le déploiement de ce dernier s'effectue de manière ordonnée (voir plus haut) et que les connaissances périphériques à ce produit soient bien intégrées dans l'organisation. L'UIC et l'UNIFE ont affecté des ressources considérables à INNOTRACK pour accompagner la mise en œuvre sur un mode plus professionnel.

INNOTRACK — un bref résumé des points clés

Evaluation du sous-sol

Facteur de coûts

La variabilité de l'état du sol induit une géométrie de la voie instable et des besoins de maintenance importants.

Solution

INNOTRACK a effectué une comparaison entre plusieurs méthodes d'évaluation des conditions du sous-sol afin d'appréhender leurs potentiels et leur précision respectifs. Par ailleurs, on a développé une base de données pour stocker, retrouver et visualiser les données décrivant l'état du sous-sol.

Avantages

Possibilité d'optimiser les efforts de consolidation qui réduisent la dégradation de la géométrie de la voie et les besoins de bourrage.

Etapes suivantes

Utilisation optimisée, au plan international, de méthodes d'évaluation nationales avec définition d'une méthodologie d'évaluation . Exploitation plus large et adjonction de données supplémentaires pour enrichir la base de données sur l'état de la voie. Evaluation de l'état de la voie sur une échelle temporelle.

Rigidité de la voie

Facteur de coût

La rigidité de la voie est un facteur important d'interaction entre le train et la voie. En simplifiant le tableau, on peut dire que la rigidité de la voie régit l'impact de la voie sur le véhicule. Cela est particulièrement crucial pour les circulations de trains de voyageurs à grande vitesse ou de trains de fret lourds. On notera à ce propos que c'est plutôt la variation de la rigidité que la rigidité dans l'absolu qui exerce une influence déterminante. Par ailleurs, la rigidité de la voie varie naturellement sous l'effet du climat. Un facteur de coût important peut tenir à une rigidité excessive ou insuffisante de la voie, qui induit des charges dynamiques plus fortes.

Solution

INNOTRACK a franchi un cap significatif en apportant une conclusion à cette question. Des techniques ont été mises au point pour mesurer et évaluer la rigidité de la voie. Cela a permis de mieux comprendre l'impact de la rigidité de la voie et ainsi d'en optimiser la répartition.

Pour la première fois, INNOTRACK a en outre effectué des comparaisons internationales portant sur les variations de la rigidité de la voie à hauteur des appareils de voie. Les résultats mettent nettement en évidence la marge de progression à exploiter pour réduire les efforts dynamiques.

Les mesures effectuées à la faveur d'INNOTRACK fournissent un outil pour le suivi et le maintien des répartitions de rigidité appropriées à hauteur des appareils de voie, mais aussi par exemple, dans les zones de transition.

INNOTRACK a permis de mettre au point, d'évaluer et de comparer plusieurs méthodes de mesure de la rigidité de la voie. Pour évaluer l'influence de l'état changeant du sous-sol, INNOTRACK a par ailleurs développé et évalué un certain nombre de procédés et de méthodes numériques et expérimentales.

Avantages

Grâce à une meilleure connaissance de la rigidité de la voie, il devient possible de réduire les efforts dynamiques et de restreindre la dégradation de la voie et des appareils de voie & croisements.

Etapes suivantes

La rigidité de la voie influe fortement sur la sollicitation de la voie et du matériel roulant. Il s'agit encore d'une question en suspens dans les Spécifications techniques d'interopérabilité (STI) « Infrastructure ». Le résultat d'INNOTRACK peut représenter un apport intéressant pour mettre à niveau la STI. Par ailleurs, les retombées d'INNOTRACK serviront à optimiser appareils de voie & croisements.

Quatre méthodes différentes pour améliorer l'infrastructure de la voie

Facteur de coût

L'amélioration de l'infrastructure de la voie est très lourde financièrement. Ces coûts résultent certes des charges de personnel, des matériaux utilisés et des moyens techniques à mettre en œuvre mais également des perturbations induites telles que les restrictions de vitesse par exemple.

Solution

INNOTRACK a développé, mis en œuvre et évalué quatre méthodes différentes pour améliorer les couches d'assise de la voie. Elles consistent notamment à optimiser l'utilisation de géo-grilles ou géotextiles, à ancrer des colonnes verticales de terre-ciment et des colonnes inclinées en calcaire-ciment. Cette deuxième méthode a été appliquée sans nécessité de fermer la voie ce qui permet de réduire significativement les coûts et de limiter considérablement les interruptions de trafic. L'ensemble de ces méthodes ont été validées par des simulations et calculs et/ou des tests expérimentaux.

Avantages

Il a été démontré qu'une fois améliorées et optimisées ces méthodes entraineront une contraction des coûts de possession. Par ailleurs, elles permettent de réduire les perturbations en service.

Etapes suivantes

Il importe maintenant d'intégrer les solutions mises au point dans les référentiels nationaux et internationaux.

Deux configurations de voie innovantes

Facteur de coût

Les variations affectant la rigidité de la voie contribuent de manière décisive à la vitesse de dégradation de la qualité de la voie et de l'intégrité du rail. Par conséquent, la voie demande des bourrages plus fréquents pour rectifier le dressage et le nivellement, des opérations de meulage du rail pour éliminer les défauts de surface liés par exemple à la fatigue imputable au contact de roulement, et enfin des essais non destructifs pour prévenir les ruptures de rail et assurer la sécurité des circulations. La situation devient encore plus critique pour les appareils de voie et croisements en raison de la complexité des configurations et du niveau des efforts plus élevés qu'elles induisent.

Ainsi, la préoccupation centrale qui a sous-tendu le développement de nouvelles formes de voie était de réduire les coûts de possession de la voie en intégrant la variabilité de la rigidité au stade de la conception et par le biais de méthodes d'installation adéquates.

Solution

Deux configurations de voie innovantes ont été mises au point dans le cadre d'INNOTRACK:

Le système du rail noyé

Le système permet de réaliser une construction performante en continu grâce à un haut rendement des opérations de bétonnage, de dressage et de pose des rails. On compte une vitesse pouvant atteindre 1,5 mètre par minute pour une ligne à grande vitesse. A noter l'absence de coûts de bourrage et de ballastage. La forme du rail également innovante autorise une usure supplémentaire du rail de 25% et permet l'utilisation sans restriction de nuances d'acier plus dures. A cela s'ajoute une conception interactive des véhicules pour réduire les coûts de matériel roulant. Ce système simple à appui continu constitué de quelques composants sert de base pour

une inspection embarquée entièrement automatisée, intégrant vidéo, ultrasons et contrôle de la géométrie de la voie. Il est également possible d'effectuer une détection intégrale des tassements au moyen de fibres optiques.

La voie à deux couches acier/béton

Ce système a été conçu spécialement pour les configurations d'appareils de voie et de croisement qui absorbent indûment une part importante des budgets de maintenance. La voie acier-béton à deux couches correspond à une conception nouvelle qui a pu évoluer grâce au projet jusqu'au stade de l'installation d'un prototype.

Ce concept permet de disposer d'une assise homogène qui réduit les contraintes de maintenance. Il s'agit d'une construction modulaire facile à installer, d'où résultent des économies sur la durée et les coûts d'installation.

Avantages

Système à rails noyés

Construction à haute productivité se traduisant par un gain de 30% sur le temps de construction et compétitive par rapport à la voie ballastée ; configuration d'équipement routier économique. La solution prend en compte également les gabarits de tunnel élargis à faible profondeur de construction. La maintenance est réduite grâce à une meilleure interaction avec les véhicules ; aucun entretien du ballast n'est requis ; les rails profitent d'une plus grande longévité (fatigue et usure) de même que la voie bénéficie d'une durée de vie d'au moins 60 ans. Cette conception facilite l'inspection entièrement automatisée aux ultra-sons. Elle permet également par construction la surveillance totalement automatisée par vidéo/contrôle géométrique. En outre, plusieurs types de défauts ont pu être éliminés.

Voie à double couche béton/acier

La conception à double couche assure la cohésion et l'ajustement de l'assise. La construction modulaire à base de panneaux permet de réaliser une manutention et une installation rapides et économiques. Elle donne la possibilité de réinstaurer les circulations au régime de vitesse de la ligne au passage après chaque plage travaux. La dégradation de l'assise se trouve réduite de manière significative, ce qui limite au minimum la maintenance (pas de bourrage) et accroît la disponibilité de la voie. Par ailleurs, l'assise plus cohésive et les conditions de contact rail - roue plus favorables contribuent à accroître la durée de vie du rail. Les coûts d'installation sont comparables à ceux envisageables pour les appareils de voie & croisements d'une voie ballastée, lorsque l'on prend en compte le coût des retards des trains.

Etapes suivantes

Les solutions sont en cours de mise en œuvre pour l'exploitation.

Guide pour le choix optimal des nuances de rail

Facteur de coût

L'utilisation systématique d'aciers conventionnels (carbone standard sans traitement thermique) dans les courbes pouvant atteindre 5000 m au maximum se traduit par des coûts de maintenance excessifs et/ou un coût de renouvellement prématuré en raison du remplacement des rails.

Solution

A partir d'une multitude de mesures de la voie effectuées sur de longues durées, INNOTRACK a été capable de développer et de calibrer des modèles prédictifs sur la dégradation générale du rail en termes d'usure et de fatigue de contact de roulement (FCR). Par rapport aux nuances d'acier standard, les rails traités thermiquement présentent une meilleure résistance à l'usure et à la FCR. On a formulé dès lors deux recommandations quant au choix de qualités de rail appropriées : la première se référant aux rayons de courbure et la deuxième à une approche fondée sur la dégradation de la voie. Ces deux méthodes ont débouché sur des résultats cohérents qui confirment les avantages techniques et économiques d'une utilisation extensive de nuances d'acier de haute qualité traités thermiquement.

Avantages

Une plus grande durabilité du rail obtenue grâce à l'adoption d'un acier de haute qualité traité thermiquement permet d'accroître significativement la durée de vie en service, de réduire substantiellement les coûts de possession et, en même temps, d'améliorer la disponibilité opérationnelle de la voie. Le retour sur l'investissement important consenti peut être très rapide. Il est possible de calculer les économies réalisables sur les coûts en appliquant le modèle LCC défini dans le cadre d'INNOTRAC, comme cela a déjà été exposé.

Etapes suivantes

Le guide mis au point par INNOTRACK est maintenant utilisé par le Groupe d'experts Voie de l'UIC (TEG); en outre, il est proposé de le prendre comme référence de base en vue de l'élaboration d'une TecRec UIC/UNIFE (remplaçant la fiche UIC 721).

Formation de squats

Facteur de coût

Les « squats » tendent à se banaliser sur le réseau européen. Les opérations de maintenance corrective qu'il s'agisse de meulage, de soudage de rattrapage ou du remplacement d'un court segment de rail comportant le défaut, ont un impact significatif sur le budget de maintenance.

Solution

Il importe d'approfondir la connaissance des causes de formation de squats et des facteurs affectant leur croissance de manière à mettre en œuvre des actions correctives optimisées. Les travaux menés dans le cadre d'INNOTRACK marquent une étape significative vers cet objectif grâce à des mesures effectuées sur le terrain et des simulations numériques. Des études minutieuses ont d'ailleurs porté plus spécialement sur la question de savoir quels défauts initiaux se propagent au point de former des squats dans le vrai sens du terme.

Avantages

Les travaux réalisés dans le cadre d'INNOTRACK procurent des moyens d'optimiser les actions de maintenance et sont de nature à faciliter le passage vers une maintenance planifiée. L'ampleur effective de la réduction des coûts de maintenance dépendra des

caractéristiques de la voie et du trafic, mais on s'attend à ce qu'elle soit importante.

Etapes suivantes

Les nouveaux acquis doivent être intégrés dans les référentiels d'exploitation et les manuels d'intervention opérationnels « a minima ». Les conclusions tirées se fondent principalement sur des observations concernant le réseau néerlandais, sachant qu'il importera d'élargir l'étude pour voir si les enseignements obtenus sont transposables également à d'autres réseaux européens. La connaissance de certains processus mérite encore de sérieux approfondissements, par exemple pour ce qui a trait aux rythmes de croissance des défauts dans un contexte opérationnel classique.

Usure ondulatoire

Facteur de coût

L'usure ondulatoire élève les niveaux d'émission sonore et les efforts de contact roue-rail. Le meulage constitue le remède standard mais présente l'inconvénient d'être coûteux et de perturber les circulations. Par ailleurs il existe de fortes présomptions donnant à penser que l'usure ondulatoire favorise l'apparition de squats.

Solution

INNOTRACK a défini une méthode visant à déterminer les ordres de grandeur admissibles en matière d'usure ondulatoire par rapport à la pollution sonore et aux risques de fissuration pour la roue et le rail.

Avantages

Il est possible d'utiliser la boîte à outils numérique qui a été développé pour déterminer la périodicité des meulages etc.

Etapes suivantes

Les connaissances acquises méritent d'être retranscrites en référentiels, en manuels opérationnels « a minima » et bonnes pratiques. Et il serait appréciable d'approfondir les connaissances sur la croissance de l'usure ondulatoire et la relation existant entre les conditions de charge en service et la formation de fissures.

Joints isolants

Facteur de coût

Les joints isolants créent une discontinuité dans le rail. De ce fait, ils seront soumis à de fortes sollicitations en service susceptibles d'occasionner des affaissements de joints (provoquant des charges encore plus élevées) et des dépôts de matériaux (provoquant un court-circuitage du système de signalisation). Les remèdes, à moins que la détection n'intervienne à un stade de précoce de détérioration, consistent souvent à effectuer des remplacements, ce qui revient à accroître significativement les coûts de maintenance et les risques de perturbation pour le trafic.

Solution

INNOTRACK a réalisé une campagne de simulation de grande envergure sur la détérioration mécanique des joints isolants. Par ailleurs, on s'est livré à des mesures de terrain pour valider les simulations. Cela a permis d'améliorer la compréhension de l'impact de différents paramètres opérationnels et des mécanismes de dégradation concomitants.

Avantages

Les études réalisées par INNOTRACK servent de base pour élaborer les dispositions régissant la géométrie des joints et les tolérances admissibles en fonction de différents contextes opérationnels. Par ailleurs, on espère grâce à une meilleure compréhension des mécanismes de dégradation contribuer à améliorer la conception des joints isolants.

Etapes suivantes

Les connaissances acquises méritent d'être retranscrites en référentiels, en manuels opérationnels « a minima » et bonnes pratiques. Un approfondissement des connaissances s'impose cependant, par exemple en ce qui concerne l'influence de la situation du trafic, l'état de l'assise, les caractéristiques des matériaux etc.

Fissures de rail

Facteur de coût

Les fissures de rail posent in fine un problème de sécurité. Pour empêcher qu'elles ne dégénèrent en défauts et être à même de les réduire, il importe de détecter les fissures à un stade précoce. Les surcharges excessives sont alors à éviter. Toute approximation affectant les mesures préventives, y compris pour les charges passantes admissibles, induit une hausse des coûts et/ou des niveaux de sécurité dégradés.

Solution

La propagation des fissures de rail a été examinée dans le cadre d'INNOTRACK dans le but de quantifier l'influence de paramètres opérationnels et d'anticiper sur les besoins d'inspection et de maintenance. Il s'agira par exemple de l'identification des amplitudes de charges admissibles en cas de méplat.

Avantages

Les travaux réalisés dans le cadre d'INNOTRACK ont permis d'accroître la pertinence et l'adéquation des décisions opérationnelles et des actions correctives. Un avantage spécial tient à la possibilité de valider/réviser des actions « a minima » à partir de techniques scientifiquement fondées.

Etapes suivantes

Les résultats d'INNOTRACK ont déjà été exploités pour améliorer les réglementations relatives aux charges en service. Une harmonisation s'impose à l'échelle européenne. En outre, le travail ayant trait aux pas d'inspection (périodicité) doit se concrétiser à travers des manuels d'intervention « a minima » et de référentiels et la méthode doit être étendue à d'autres défauts majeurs rencontrés sur les réseaux européens.

Essais pour les rails

Facteur de coût

Si l'on dispose d'essais valables pour tester les nuances de rail, cela favorise le développement des types de rail appropriés et la mise en œuvre de stratégies de maintenance pertinentes. Il en résultera une réduction des coûts de maintenance. Les essais in situ apparaissent très coûteux et difficiles à réaliser dans des conditions maitrisées. Si des essais en laboratoires peuvent s'y substituer, on peut escompter des réductions de coûts. Toutefois, la norme

ferroviaire européenne en vigueur (prEN 13674: 2009) ne prévoit aucune mesure directe des différentes qualités de rail au regard des deux mécanismes majeurs de dégradation du rail que constituent l'usure et la fatigue de contact de roulement (RCF). Au lieu de cela, la norme et, par voie de conséquence, les compagnies ferroviaires se fient à la mesure indirecte de la dureté de surface et de la résistance à la traction. En outre, les essais d'usure et de fatigue (RCF) réalisés par différentes organisations (GI, fabricants de rails et instituts de recherche) ne sont pas comparables et donnent seulement des indications sur les performances en service des différentes qualités de rail. Tous ces inconvénients rendent les essais moins efficaces et plus coûteux et peuvent conduire à sélectionner des nuances de rail non optimales.

Solution

INNOTRACK a réalisé des travaux sur l'harmonisation des essais de laboratoire sur les nuances de rail (à échelle réduite ou en grandeur nature) et leur mise en relation avec les conditions réelles d'exploitation en effectuant des simulations numériques et des études de laboratoire sur les déformations et dégradations microstructurelles. L'approche systématique adoptée est unique dans le monde ferroviaire et les résultats obtenus ont apporté des preuves scientifiques supplémentaires de l'intérêt présenté par des nuances de rail de haute qualité.

Avantages

Grâce à INNOTRACK, on dispose d'une méthode de comparaison entre les nuances de rail et le guide établi est censé s'intégrer dans les spécifications "rail" de la future Euronorme.

Etapes suivantes

Les travaux portent à la fois sur la formalisation et la standardisation des rapports d'essais (y compris pour les essais in situ) de même que sur l'amélioration des méthodes comparatives (effectif/expérimental) grâce à des simulations numériques et des investigations sur les déformations et dégradations microstructurelles. Une initiative sera prise de manière à alimenter en conséquence une nouvelle norme CEN.

Méthodes d'inspection et équipements de détection des fissures de rails

Facteur de coût

Si l'on ne parvient pas à détecter les fissures dans les rails à un stade d'évolution précoce, il est difficile de planifier des mesures correctives telles que le meulage des rails. Cela peut également favoriser le développement des fissures sur une durée trop longue avant leur élimination, ce qui majore les coûts de meulage et déstabilise davantage l'organisation des circulations. Cela abrège aussi la durée de vie des rails. Et dans les cas les plus sérieux, la sécurité peut même être compromise.

Solution

INNOTRACK a permis de tester un nombre significatif de méthodes et d'équipements d'inspection centrés sur la détection des fissures de rail. Les méthodes ont été comparées au regard du critère de précision appliqué à différents types de fissure. L'évaluation des équipements s'est effectuée en conditions de laboratoire et in situ.

Avantages

Les activités réalisées dans le cadre d'INNOTRACK donnent aux GI une base de référence intéressante pour sélectionner les équipements de détection adéquats.

Etapes suivantes

Les activités se poursuivent à travers les projets européens INTERAIL et PM'n'IDEA.

Méthodes de meulage

Facteur de coût

Le meulage est un procédé de maintenance nécessaire pour prolonger la durée de vie des rails en réduisant les coûts. Or, actuellement, le meulage est une opération onéreuse, et ce pour deux raisons : une planification logistique déficiente et un manque de véritable stratégie de meulage pour le réseau dans son ensemble.

Solution

INNOTRACK a mis au point un guide sur les procédures de meulage optimisées. Ce document comporte, outre des spécifications techniques (par ex. tolérances de profil), des indications d'ordre logistique et stratégique.

Avantages

Le guide INNOTRACK apporte une aide à la décision pour déterminer les profils-cibles . Il aidera également le GI à optimiser le meulage dans une optique logistique et à imposer une stratégie de meulage claire pour l'ensemble du réseau.

Etapes suivantes

Les activités se poursuivent dans un groupe restreint qui établira une TecRec sur la base du guide INNOTRACK. Cette nouvelle TecRec offrira un approfondissement par rapport au guide sur les points suivants: modalités de déclinaison d'une stratégie, aspects logistiques, enjeux économiques, coordination avec les autres activités de maintenance et harmonisation des profils-cibles.

Soudures avec zone restreinte affectée par la chaleur

Facteur de coût

Les soudures affectent les caractéristiques de la voie. Cela peut induire des charges accrues qui favorisent la dégradation du rail. De surcroît, le soudage consomme une quantité d'énergie non négligeable, ce qui a un impact en termes d'environnement et de coûts de possession.

Solution

INNOTRACK a mis au point un type de soudure limitant les effets thermiques à une zone étroite et évalué les avantages.

Avantages

Ce type de soudure limitant les effets thermiques à une zone étroite manifeste sa supériorité sous l'angle de la gestion de l'énergie. D'ailleurs, INNOTRACK a évalué les caractéristiques mécaniques favorables des zones étroites affectées par la chaleur.

Etapes suivantes

Il importe maintenant de déployer au stade opérationnel ce type de soudure à travers les référentiels nationaux et internationaux appelés à intégrer les conclusions d'INNOTRACK.

Mise en évidence de la répartition des coûts

Facteur de coût

Le manque d'approche normalisée assurant la traçabilité des coûts en fonction des composants, des travaux effectués etc. fait obstacle à une véritable identification des coûts et à une optimisation des coûts de possession du réseau.

Solution

INNOTRACK a réalisé recensement des principaux facteurs de coûts à l'échelle de l'Europe et une traçabilité de la répartition des coûts liés à la voie, aux appareils de voie et croisements. Ce travail de traçabilité a mis en évidence les gisements d'économies potentielles. En outre, INNOTRACK propose un cadre de référence permettant de ventiler les coûts sur la base d'une structure unifiée.

Avantages

Dès lors que les facteurs de coûts sont identifies par INNOTRACK, le travail visant à comprimer les coûts de possession peut gagner en efficacité. Par ailleurs, l'unification des structures de coûts favorise la coopération internationale ainsi que les échanges d'informations et de connaissances.

Etapes suivantes

Les activités menées à travers INNOTRACK constituent un premier pas. Pour susciter un consensus général, il importera de faire progresser ces travaux dans le cadre des organes de normalisation.

Optimisations des appareils de voie & croisements

Facteur de coût

Les appareils de voies et croisements créent des discontinuités dans les systèmes de voie. Ils soumettent la voie et le matériel roulant à des charges dynamiques particulières et sont sujets aux défaillances mécaniques.

Solution

Des simulations numériques calibrées à partir de mesures in situ ont permis à INNOTRACK de proposer plusieurs moyens pour optimiser les caractéristiques mécaniques des appareils de voie & croisements et par conséquent réduire leurs impacts négatifs. Parmi ces actions préconisées, on peut citer l'élargissement de l'écartement, l'optimisation de la rigidité de la voie et de la géométrie des composants.

Avantages

Les solutions innovantes favorisent l'abaissement des charges en service, ce qui contribue à atténuer la dégradation des appareils de voie & croisements et à réduire l'influence néfaste des véhicules passants.

Etapes suivantes

Les mesures proposées sont maintenant en cours de validation en grandeur nature. Les résultats obtenus à ce jour laissent escompter une augmentation significative des performances des appareils de voie & croisements optimisés.

Prédiction numérique des dommages et optimisation des composants des appareils de voie

Facteur de coût

Les composants d'appareils de voie sont des pièces extrêmement sollicitées par les efforts dynamiques; ils présentent dès lors une forte vulnérabilité aux dégradations, ce qui implique des coûts de maintenance et/ou de remplacement élevées, sans oublier les impacts négatifs significatifs qui peuvent en résulter sur les circulations.

Solution

INNOTRACK met pour la première fois en évidence la validité d'une méthodologie capable de prédire dans le détail, au moyen de techniques numériques, la détérioration d'un cœur d'appareil de voie, en termes de déformation plastique, d'usure et de fatigue de contact de roulement. Pour réaliser cela, il a fallu utiliser une multitude d'outils de simulation avancés tout en déterminant en parallèle les caractéristiques de matériau pertinentes. Les validations opérées pour des composants en service présentent un degré d'exactitude élevé. INNOTRACK a aussi testé en laboratoire des matériaux innovants pour appareils de voie & croisement lors d'essais qui ont donné des résultats très intéressants. On dispose maintenant du cadre voulu pour exploiter ces caractéristiques de matériau innovantes dans le cadre de simulations numériques.

Avantages

INNOTRACK fournit une boîte à outils adaptée pour l'optimisation des composants d'appareil de voie dès leur conception. Cela économisera des coûts importants sur les essais de voie jugés prématurés et permettra de trouver les arbitrages optimaux en termes de matériaux et de configuration. En outre, en définissant les propriétés de matériau et les techniques d'essai requises, on offre des moyens très attendus pour faciliter la conception et le développer de nouveaux aciers utilisables pour les coeurs d'appareil de voie et d'autres composants de rail.

Etapes suivantes

Les travaux se poursuivent avec l'analyse des effets de matériaux modifiés. D'autres essais à grande échelle portant sur certains matériaux innovants sont en cours de réalisation dans le but de valider la suite des simulations. Il importe maintenant de maintenir l'effort en élaborant des solutions optimisées et en veillant à leur intégration opérationnelle dans les systèmes d'appareils de voie.

Standard ouvert pour les enclenchements électroniques et traverses creuses

Facteur de coût

Le manque d'interface standardisée pour les enclenchements fait obstacle à la réalisation d'effets d'échelle et accroît la concurrence à l'intérieur de l'Europe. Il en va de même pour les traverses creuses, sachant qu'une géométrie standard faciliterait l'adaptation des bourreuses.

Solution
INNOTRACK propose un standard ouvert pour les enclenchements électroniques. En outre, INNOTRACK propose une traverse creuse standardisée pour loger le mécanisme de commande des aiguilles.

Avantages
Comme indiqué plus haut, les solutions identifiées favoriseront notamment les économies d'échelle. Par ailleurs la standardisation facilitera les approvisionnements. Ainsi, les standardisations proposées par INNOTRACK sont susceptibles d'induire des réductions de coûts significatives.

Etapes suivantes
Le CEN se penche actuellement sur le standard proposé pour les traverses creuses. L'interface d'enclenchement standardisée nécessite des développements ultérieurs avant transmission aux organismes de normalisation.

Paramètres-clés pour les systèmes de surveillance des appareils de voie

Facteur de coût
Un entretien non programmé des appareils de voie est générateur de coûts élevés et perturbe les circulations. Le problème s'aggrave si les agents de maintenance disposent de peu d'information pour localiser le défaut.

Solution
INNOTRACK a recensé les paramètres clés des systèmes de surveillance des appareils de voie. On a développé des algorithmes de détection de défauts. Des essais en laboratoire et in situ pour valider les systèmes de surveillance.

Avantages
Les travaux menés à travers INNOTRACK aideront à développer des systèmes de surveillance capables d'indiquer les composants défaillants, ce qui permettra de réduire la durée des interventions. Ils peuvent aussi être utilisés pour détecter les défauts évolutifs de manière à ce que les opérations de maintenance aient lieu avant que ceux-ci deviennent critiques et occasionne le dysfonctionnement de l'appareil de voie.

Etapes suivantes
Il importe désormais d'affiner les solutions INNOTRACK pour les convertir en produits commercialisables.

Méthode d'évaluation des coûts de possession

Facteur de coût
Le point le plus délicat de la mise en œuvre de solutions innovantes concerne l'évaluation de leur impact en termes de coûts de possession. Cela peut induire des décisions inadéquates qui elles-mêmes se traduiront par des augmentations de coûts.

Solution
INNOTRACK a développé une méthodologie homogène et rigoureuse pour évaluer les coûts de possession à l'échelon européen. La méthode donne la possibilité d'évaluer l'incidence de différents scénarios sur les coûts de possession et de réaliser ensuite des analyses bien cadrées qui définissent clairement les facteurs pris en compte.

Avantages
Outre la fourniture d'un outil objectif de prise de décision, le modèle LCC développé à travers INNOTRACK sera utilisé à des fins de comparaison entre différents scénarios. Par ailleurs, il peut mettre en lumière l'influence de certains paramètres tels que l'adoption de différents taux d'actualisation ou les retards d'intervention.

Etapes suivantes
La méthode est actuellement utilisée au stade opérationnel à la DB, par exemple. Une application à l'échelle européenne est envisagée dans le but d'apporter des améliorations, telles qu'une analyse élargie de l'influence de la dispersion statistique et l'intégration de modèles plus élaborés de prédiction des dégradations.

Solutions logistiques

Facteurs de coût
Les facteurs de coûts de nature logistique correspondent à des enjeux managériaux/organisationnels, stratégiques et techniques :

- absence ou insuffisance d'une stratégie de plages travaux accompagnée d'un plan de déploiement clair des machines et des agents ; stratégies et procédures pour garantir un minimum de perturbations
- insuffisances en matière de planification et de financements à long terme assortis d'engagements des gouvernements
- déficiences dans la programmation des travaux et la gestion de projet

Enfin, les règles et réglementations locales font souvent obstacle à l'ouverture des marchés nationaux. INNOTRACK ne s'est toutefois intéressé qu'aux facteurs de coûts de nature technique.

Solution
INNOTRACK a définit des solutions permettant de restreindre la durée des plages travaux, de réaliser des opérations de maintenance sans perturber les circulations, d'assurer une haute productivité et de minimiser l'impact des règles et réglementations grâce à l'utilisation de machines standard. Exemples:

- Infrastructure et superstructure de la voie: colonnes de ciment inclinées, voie sur dalle noyée et voie sur dalle acier à deux couches.
- Appareils de voie & croisements: mise en œuvre d'une conception modulaire, solutions « prêtes à l'emploi » et voie sur dalle acier.
- Rails & soudure: utilisation de rails ultra-longs (jusqu'à 120m sans soudure), moins de soudage, transport direct en "juste-à- temps" sur le chantier, manutention et stockage réduits.

Avantages
Economies sur les coûts de possession estimée à 30%. Cela intègre les estimations quantitatives qui reposent néanmoins sur une réalité tangible et sont dès lors jugées raisonnables.

Etapes suivantes
Les enjeux principaux ont souvent trait aux processus, aux personnes et à la culture. Pour réussir, il est essentiel

d'établir une relation plus étroite et plus ouverte entre GI, sociétés industrielles et sous-traitants. D'où l'importance d'avoir mis en place, dans un deuxième temps, les groupes de travail conjoints EIM/CER/EFRTC avec le concours d'autres associations.

Evaluer les effets d'INNOTRACK

Evaluation des avantages logistiques

Le chapitre 7 du Rapport technique définitif d'INNOTRACK donne un aperçu des changements en cours liés à l'adoption d'une approche plus internationale dans le paysage ferroviaire européen. Il offre en arrière-plan une image de la situation actuelle afin de déceler des pistes d'amélioration grâce à des moyens adéquats, après identification des contraintes logistiques. Les interviews conduites avec les entreprises de travaux et les GI ont mis en évidence des potentiels de réduction de coûts, simplement en atténuant l'acuité de ces problèmes logistiques. On peut améliorer la situation entre adoptant des approches plus collaboratives, à base de partenariat visant à optimiser l'utilisation des plages travaux, en réduisant les coûts et/ou fournissant davantage à budget égal, autrement dit en rendant plus efficace la fourniture d'une infrastructure ferroviaire aux opérateurs en général.

Evaluation technique et économique

L'évaluation des coûts de possession (LCC) d'un actif est un élément important pour le processus décisionnel. Dans le cadre d'INNOTRACK, ce point est traité à travers un sous-projet dédié. Une synthèse des travaux figure au chapitre 8 du Rapport technique final d'INNOTRACK.

Une retombée majeure d'INNOTRACK a été l'élaboration d'une méthode de calcul harmonisée des coûts de possession à l'échelon européen. Cette méthode permet d'identifier les facteurs de coûts, d'évaluer les coûts des composants / modules de la voie et de réaliser des comparaisons entre pays. On note que, dans le travail d'évaluation, le taux d'actualisation a une incidence significative sur les coûts de possession ainsi qu'il ressort de la description et de la quantification des différentes situations.

Sont élucidées également certaines complications liées à la réalisation de ces calculs, lorsqu'il s'agit par exemple de la relation entre aspects techniques et économiques ou bien lorsque l'on s'interroge sur la corrélation entre durée de vie en service et taux de défaillance pour différents composants du système ferroviaire. On prend en considération par ailleurs d'autres facteurs tels que la disponibilité et l'influence du taux de réparations.

Etant donné que la majeure partie des coûts de possession est fixée avant la phase d'installation, c'est bien là que l'on peut réaliser les économies les plus importantes. Autrement dit, il est essentiel que les GI communiquent leurs retours d'expérience aux fournisseurs afin de réduire les coûts de possession.

Des évaluations FDMS (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité) ont été effectuées dans le cadre d'INNOTRACK. On s'est aperçu que dans le secteur Voie & Ouvrages d'art le système FDMS doit encore monter en puissance. C'est pourquoi une réflexion de fond a été proposée et qu'ont été formulées des propositions de développement ultérieur.

Réduction générale des coûts

Les objectifs de réduction globale des coûts grâce à INNOTRACK sont commentés en détail au chapitre 2 du Rapport technique final d'INNOTRACK. Les travaux menés à la faveur d'INNOTRACK ont démontré qu'il n'est pas possible d'afficher un chiffre commun international exprimant la réduction globale des coûts résultant des solutions définies par INNOTRACK. Cela tient au fait que chaque GI pratique une politique de maintenance différente et que les coûts d'entretien et de renouvellement varient considérablement.

Il est peut-être plus intéressant de savoir quelle réduction on peut réaliser à l'échelle d'une compagnie ferroviaire spécifique. Il s'agit en l'espèce d'une question pertinente dans la mesure où la concrétisation des résultats d'INNOTRACK s'échelonnera sur un grand nombre d'années. Quelles priorités en la matière se fixera une compagnie ferroviaire donnée et dans quels domaines ? Le chapitre 9 du Rapport technique final d'INNOTRACK présente un résumé de l'évaluation de la réduction globale des coûts de possession obtenue par quatre GI grâce à la mise en œuvre d'un ensemble d'innovations INNOTRACK. Ces évaluations montrent que les réductions potentielles de coûts de possession correspondent en ordre de grandeur aux objectifs fixés. Le résultat s'appuie également sur des analyses détaillées de certains apports novateurs effectuées à l'aide d'une méthode standardisée de calcul des coûts de possession développées dans le cadre d'INNOTRACK.

Diffusion et déploiement

De nombreux projets UE s'arrêtent lors qu'ils sont officiellement finalisés. La raison tient tout simplement au fait que beaucoup de membres participants n'ont pas d'intérêt économique à passer au stade de la mise en application. De ce fait, de trop nombreux projets UE restent dans les tiroirs faute de trouver une traduction dans la réalité. INNOTRACK a eu l'ambition dès le départ de mettre l'accent sur la mise en œuvre. Cela explique la forte implication des promoteurs du projet et la mobilisation de ressources supplémentaires de l'UIC.

Pendant le projet et après la conclusion officielle du projet, des travaux de grande ampleur ont été menés pour préparer et appuyer la mise en oeuvre des résultats d'INNOTRACK. Ce travail a sollicité de nombreuses compagnies ferroviaires appartenant ou étrangères au consortium INNOTRACK de même que plusieurs organisations et autorités réglementaires. Ce point est développé plus précisément au chapitre 10 du Rapport technique final d'INNOTRACK.

Par ailleurs, un Groupe de mise en œuvre a été mis en place conformément aux décisions du Comité de pilotage et du Groupe de coordination INNOTRACK. Ce groupe a pour mission de promouvoir et de coordonner la mise en application des résultats d'INNOTRACK à l'échelle européenne. Fort de cette ambition, INNOTRACK constitue un projet « unique » en son genre.