



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**

# Aperçu de la recherche et de l'innovation dans les transports publics

Année de référence 2024



## Programmes

Recherche sur les infrastructures ferroviaires

Stratégie énergétique des transports publics 2050

Innovation dans le transport public de voyageurs

ainsi que Recherche sur le bruit ferroviaire et les Innovations techniques dans le fret ferroviaire

En encourageant la recherche et l'innovation, l'Office fédéral des transports (OFT) veut rendre les transports publics (TP) et le fret ferroviaire encore plus efficaces, conviviaux et écologiques. Il place au cœur du présent rapport la recherche sur les infrastructures ferroviaires, la Stratégie énergétique des transports publics 2050 et l'innovation dans le transport public de voyageurs. Il contient également des articles sur la recherche sur le bruit ferroviaire et sur les innovations techniques dans le fret ferroviaire. La présente publication donne un aperçu des activités de l'année écoulée et présente, sous forme d'interviews, quelques personnes impliquées dans des projets de recherche et d'innovation.

<b>Éditorial</b>	4	<b>En bref</b>	32
<b>Aperçu des projets</b>	6	Préparation et remisage automatiques du matériel roulant.....	32
Des batteries et de l'hydrogène pour naviguer sans carburant fossile.....	6	Essai d'un moteur à hydrogène pour les bus.....	32
Comment rendre le tram plus sûr.....	8	Le transbordement des déblais devient plus facile.....	33
Parcourir les montagnes grâce à l'énergie de freinage et du soleil.....	10	Bon ancrage en sol meuble.....	33
Le bilan environnemental du rail peut encore s'améliorer.....	12	Voussoirs de tunnels : aussi épais que nécessaire.....	34
Exploiter les données des téléphones portables pour transférer le trafic.....	16	Trains plus bruyants dans les courbes.....	34
Plus de kilomètres grâce au système de freinage antiblocage.....	18	Comment rendre la voie sans ballast plus silencieuse ?.....	35
<b>Les personnes derrière les projets</b>	20	<b>Faits et chiffres</b>	36
Prof. Denis Gillet, EPFL : Numérisation, clé du développement des transports publics.....	20	<b>Les programmes</b>	40
Rowena Crockett, Empa : Sur la piste des frottements.....	24	Encouragement de la recherche et de l'innovation à l'OFT.....	40
Albin Gehriger / Thao Nhi La : Un domaine professionnel fascinant pour les jeunes ingénieurs.....	28	Participation.....	42

# Éditorial

Chère lectrice, cher lecteur,

En toute modestie, nous pouvons être fiers de nos transports publics. Leur réseau dense de liaisons couvre toute la Suisse et relie les gens entre eux. Les différents modes de transport et les fournisseurs de prestations interagissent avec une précision et un confort que le monde entier nous envie.

Toutefois, les besoins de mobilité et la pression sur les coûts ne cessent de croître; il n'est donc pas question de nous reposer sur nos lauriers. Au contraire, cette évolution doit nous inciter à découvrir et à exploiter le potentiel d'amélioration. Pour y parvenir, il faut promouvoir recherche et innovation de manière ciblée.

Dans les volets techniques classiques des transports publics, tels que l'infrastructure, la construction de véhicules et l'exploitation, la recherche et l'innovation peuvent contribuer à réduire les coûts, à rendre le système plus sûr et à diminuer l'impact sur l'environnement. Vous trouverez de nombreux exemples intéressants de ces améliorations dans ce rapport d'activité.

De plus, la recherche et l'innovation peuvent exploiter de nouveaux potentiels en combinant différents domaines. C'est le cas notamment avec l'énergie renouvelable, où la production, la consommation et le stockage doivent être considérés dans leur interaction afin d'obtenir l'optimum en termes d'utilité.

En revanche, le potentiel qu'offre la mise en réseau dans le domaine de la science des données est encore largement inexploité. L'intelligence artificielle pourrait apporter des améliorations insoupçonnées jusqu'ici de l'offre, de l'entretien et de l'exploitation.

Il est probable que nous verrons bientôt une forte augmentation des demandes de recherche dans ce domaine.

L'OFT s'efforce également de contribuer à une meilleure mise en réseau. Il regroupe donc les différents domaines de recherche sous un même toit, les administre en uniformisant les processus et les règles et en assure le pilotage centralisé. De même, la recherche sur la protection contre le bruit ferroviaire sera désormais intégrée dans les processus administratifs de notre office, sous la direction technique de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Mais le facteur le plus important pour la réussite et la valorisation de la recherche et de l'innovation, ce sont les personnes. Il faut des chercheurs et des praticiens compétents, visionnaires et capables de travailler en réseau. Vous en rencontrerez quelques-uns dans cette brochure. En tant que sous-directeur sortant et responsable de la recherche et de l'innovation à l'OFT, je vous invite à réseauter avec eux et avec d'autres acteurs du transport, de l'enseignement et de la recherche. Ce n'est qu'ensemble que nous parviendrons à développer les transports publics de demain: avec audace, créativité et passion.



**Rudolf Sperlich**

Sous-directeur de l'Office fédéral des transports (OFT)



“

L'intelligence artificielle pourrait apporter des améliorations insoupçonnées jusqu'ici de l'offre, de l'entretien et de l'exploitation.

# Des batteries et de l'hydrogène pour naviguer sans carburant fossile

Il est difficile de remplacer les carburants fossiles dans la navigation. Le poids total autorisé des bateaux limite notamment la capacité de la batterie de stockage et donc l'autonomie. Recharger n'est souvent pas une option car la durée du séjour à l'embarcadère est trop courte. L'hydrogène offre-t-il une solution ?

## #SETP 2050

#Bateau

#Véhicule

MS Saphir :



MS Heimat :



MS Ceresio :



Helios :



Disons-le tout de suite, il existe des bateaux à propulsion purement électrique : en Suisse, le MS Ceresio sur le lac Majeur et le MS Heimat sur le Greifensee (voir les renvois dans la marge). Comme l'explique Martin Einsiedler, directeur de la planification et du développement de l'entreprise de technique navale Shiptec, la capacité des batteries disponibles n'est parfois pas suffisante pour les grands bateaux effectuant de longues courses à grande vitesse.

Il propose donc de doter le bateau d'une source d'énergie supplémentaire sous forme d'hydrogène. Une pile à combustible le transforme en électricité et recharge la batterie en continu pendant la navigation. Cette extension augmente l'autonomie du bateau de sorte à qu'une charge unique de la batterie suffise pour toute la journée. Pendant la nuit, lorsque le bateau accoste, le réseau électrique peut recharger la batterie. L'hydrogène est rechargé tous les deux ou trois jours selon les besoins de l'exploitation.

L'étude « Helios » subventionnée par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a déjà démontré la faisabilité de base de ce procédé. La Compagnie de navigation sur le lac des Quatre-Cantons (SGV) a obtenu le soutien financier du programme SETP 2050 pour transformer le « Saphir » selon cette idée. Mais la chose est moins simple qu'il n'y paraît.

Il reste encore beaucoup de travail à accomplir d'ici à l'été 2026 avant que le MS Saphir glisse sans bruit et sans émissions sur le lac des Quatre-Cantons.

Au préalable, il s'agit de concevoir le nouveau système, qui doit pouvoir couvrir les besoins énergétiques prévisibles en service régulier avec suffisamment de réserve. Cependant, l'équipement doit être suffisamment compact pour être casé dans la coque du bateau.

Il est prévu d'intégrer une batterie d'une capacité de 737 kWh dans le pont inférieur avant. Dans la partie centrale de la coque, quatorze bouteilles d'hydrogène sous pression d'une capacité totale d'environ 100 kg seront installées dans un compartiment séparé, derrière lequel un local en poupe abritera la pile à combustible. Les générateurs diesel et le réservoir de carburant actuels seront démontés. La propulsion électrique en revanche sera conservée, mais complétée par des composants plus modernes. Au total, le déplacement du bateau passera de 134 à 151 tonnes après la transformation.

Selon les besoins, la pile à combustible produira de l'énergie électrique pour la propulsion ou pour recharger la batterie pendant la navigation. Les simulations des profils d'exploitation prévus montrent qu'il restera ainsi toujours une réserve de capacité d'au moins 20 % dans la batterie, même les jours d'exploitation les plus longs.



**Le MS Saphir, construit en 2012 et d'une longueur de 49 mètres, dispose d'une propulsion électrique et de trois générateurs diesel hybrides. Après la transformation, une batterie et une pile à combustible à hydrogène fourniront l'énergie.**

L'approvisionnement en hydrogène est assuré grâce à un nouveau projet de H2Uri SA, qui produit de l'hydrogène dans son usine de Bürglen à partir de surplus d'énergie hydraulique et solaire. La logistique de ravitaillement reste toutefois encore à définir; Shiptec et la SGV étudient actuellement la possibilité d'une livraison «just in time» ainsi que la construction d'un réservoir haute pression sur place.

Autre difficulté: il n'existait encore aucune procédure d'homologation pour un bateau à hydrogène. C'est pourquoi l'OFT et Shiptec, avec l'aide d'une société de classification internationale, ont convenu des règles d'une procédure d'homologation basée sur les risques. Dans un deuxième temps, ils ont procédé ensemble à une estimation des risques basée sur les dangers, en s'appuyant sur une approche qui a fait ses preuves dans l'industrie.

Le bilan écologique de la conversion est positif. Grâce à l'utilisation de la batterie, la consommation de diesel diminue de 73 500 litres par an, ce qui réduit les émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 195 tonnes. Même en tenant compte d'autres facteurs tels que la production d'hydrogène, l'énergie grise de la batterie et la production d'électricité, le bilan écologique plaide pour le passage au nouveau système énergétique.

Pour Martin Einsiedler, le projet a déjà fourni des conclusions essentielles, en démontrant que les multiples difficultés liées au fonctionnement d'une pile à combustible et au stockage de l'hydrogène sur un bateau peuvent être résolues. Même s'il reste encore beaucoup de détails à régler, il se réjouit déjà des premières courses d'essai, qui montreront si le concept d'électrification avec extension de l'autonomie à l'hydrogène peut réellement permettre à la navigation intérieure d'abandonner la propulsion diesel.

**Il n'existait encore aucune procédure d'homologation pour les bateaux à hydrogène.**

# Comment rendre le tram plus sûr

Les trams de l'entreprise de transport zurichoise VBZ assurent un transport d'environ 360 millions de personnes-kilomètres par an, dont une grande partie dans le trafic dense et parfois fébrile du centre-ville. Malgré toutes les mesures de précaution, il n'est pas possible d'éviter tous les accidents. VBZ utilise les technologies les plus récentes pour réduire encore le nombre d'incidents.



**Déclenchement expérimental de l'airbag frontal. Un deuxième airbag, également visible, sert à éviter qu'une personne passe sous le tram.**

**#Innovation TPV**

**#Tram**

**#Véhicules**

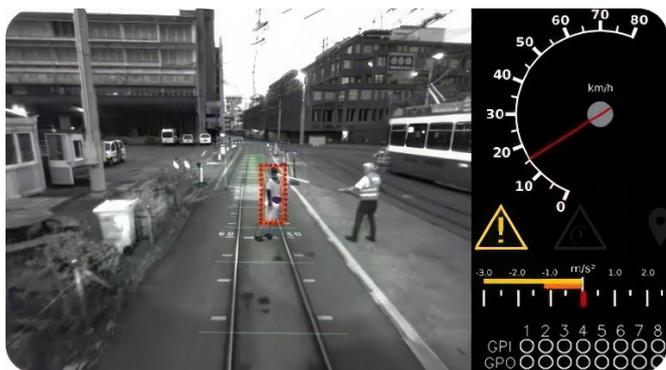
Informations complémentaires :



Le tramway est un moyen de transport sûr. Or cela ne va pas de soi, car le trafic est dense et complexe, en particulier dans les centres-villes. Il exige des conducteurs une conduite prévoyante et une grande concentration.

Des systèmes d'assistance à la conduite sont de plus en plus répandus. Par exemple, les trams Flexity d'Alstom, dont plus de 70 véhicules sont en service jusqu'à présent chez VBZ, sont équipés d'un système qui détecte les objets sur la voie au moyen de caméras installées dans la cabine de conduite et qui avertit à temps le conducteur ou la conductrice d'un danger.

Les systèmes de détection d'objets et d'alerte-collision sont déjà généralisés dans les automobiles. En collaboration avec Alstom, VBZ travaille à appliquer cette techno-



**Situation de risque réelle enregistrée par le système d'assistance à la conduite. L'enregistrement a été réalisé lors d'un test en mode passif, c'est-à-dire que le conducteur devait réagir de manière autonome. En mode actif, l'airbag frontal se serait déclenché.**

logie aux trams. Un des principaux objectifs est d'adapter aux trams une plate-forme développée pour les chemins de fer.

Ce système d'aide à la conduite est entraîné, à l'aide de l'intelligence artificielle, à interpréter correctement les images du parcours, des signaux et des usagers de la circulation. Les données générées par différents capteurs et caméras peuvent ensuite servir à comparer la vitesse effective à la vitesse autorisée, pour lire la position des signaux ou pour reconnaître des objets sur la voie.

Pour l'essai, un tram Flexity ordinaire a été équipé de caméras vidéo, LIDAR et infrarouge ainsi que d'un radar. Il a ainsi collecté des données lors de nombreuses courses d'essai. Celles-ci ont permis d'entraîner le système à l'aide de l'intelligence artificielle, puis de le tester. Il s'est avéré que la détection d'objets fonctionne en principe.

L'essai-pilote, qui est maintenant terminé, a démontré que le système d'assistance à la conduite est capable de contribuer à la prévention des accidents. Il parvient notamment à identifier les signaux de vitesse et de conduite, à détecter des obstacles et à les classer comme humains ou non humains. Si nécessaire, il alerte le conducteur. Si ce dernier ne réagit pas (p. ex. en réduisant la vitesse), le système agit de manière autonome en prenant une mesure adéquate (p. ex. en freinant).

Mais VBZ voulait aller encore plus loin. Comme l'explique Silvio Hochreutener, responsable du projet chez VBZ, des améliorations seraient également souhaitables au cas où un accident se produirait malgré le système d'assistance à la conduite. « Nous nous sommes concentrés sur les collisions frontales avec des piétons, qui peuvent parfois être mortelles. Nous avons pensé que nous pourrions utiliser les capteurs dans le tram non seulement pour détecter des objets, mais aussi pour déclencher à temps un airbag frontal. »

Les trams n'étant pas équipés d'airbags frontaux, il a fallu en construire un lors de l'essai-pilote. Un deuxième airbag sous plancher devait également être utilisé pour éviter qu'une victime soit happée par le tram. En outre, le système d'assistance à la conduite a dû être entraîné à déclencher l'airbag le plus tard possible, mais encore à temps. Les tests sur mannequins ont été concluants. L'airbag frontal a empêché tout contact entre le corps et le tram à des vitesses allant jusqu'à 30 km/h, ce qui a considérablement réduit la force de l'impact.

## **Les airbags et l'intelligence artificielle permettent de réduire la fréquence et la gravité des accidents.**

Ammandip Duggal, responsable du projet chez Alstom, est satisfait. « Les résultats prouvent que nous pouvons réduire la fréquence des collisions et leur gravité grâce à l'intelligence artificielle et aux nouveaux airbags. Mais il reste encore quelques améliorations à apporter pour pouvoir proposer le système à grande échelle. Nous souhaitons notamment améliorer la fiabilité de la détection d'objets et réduire le coût du système d'airbags. Il n'y aura alors définitivement plus de raison de renoncer à un gain de sécurité. »

# Parcourir les montagnes grâce à l'énergie de freinage et du soleil

Les chemins de fer de montagne sont prédestinés à la production d'énergie renouvelable. Ils peuvent non seulement produire de l'électricité à partir de l'énergie générée par le freinage en descente, mais aussi utiliser les nombreuses heures d'ensoleillement pour produire de l'électricité sur les toits de leurs stations amont. Pour que le système fonctionne, il faut des batteries de stockage suffisamment grandes et un pilotage intelligent de l'installation.

Le funiculaire de Bienne-Macolin a prouvé qu'un chemin de fer de montagne peut couvrir une grande partie de ses besoins d'énergie grâce à la récupération et à l'électricité photovoltaïque. Le projet de 2020 encouragé par l'OFT (voir le renvoi en bas) a démontré que la récupération permet de stocker jusqu'à 80% de l'énergie de freinage pour l'utiliser lors de la prochaine course.

Le projet, mené par les Transports publics biennois (TPB), les entreprises Garaventa et Frey Stans ainsi que la Haute école de Lucerne, comprenait l'installation d'une batterie d'accumulateurs et l'adaptation du pilotage de l'installation. Une installation photovoltaïque a été ajoutée ultérieurement sur le toit de la station amont. L'électricité qu'elle produit est soit utilisée directement pour l'exploitation, soit stockée dans la batterie, de sorte à minimiser la partie devant être renvoyée dans le réseau.

Le succès du projet des TPB a été déterminant dans la décision de la Compagnie de Chemin de Fer et d'Autobus Sierre-Montana-Crans (SMC) de miser également sur la technologie de stockage dans le cadre de la rénovation complète du funiculaire de Sierre à Montana.

Comme l'explique Hansueli Zeller, ingénieur électricien chez Frey Stans, il a fallu prévoir une puissance de batterie nettement plus élevée que pour le projet de Macolin, en raison de la plus grande différence d'altitude et la

## #SETP 2050

#Transport à câble

#Production d'énergie

Crans-Montana :



Macolin :



**Le trajet de Sierre à Crans-Montana passe par des vignobles escarpés.**





Installation photovoltaïque sur le toit de la station amont de Crans-Montana.

## L'installation peut produire environ un quart de l'énergie nécessaire au funiculaire.

pente plus forte. En outre, il fallait pouvoir stocker la production de l'installation photovoltaïque, également plus importante que celle de Macolin. Enfin, la batterie devait être suffisamment dimensionnée pour remplacer l'actuel générateur diesel de l'alimentation de secours. Le projet a bénéficié de l'arrivée sur le marché de nouvelles batteries haute performance pour les applications ferroviaires, qui sont capables d'absorber les pics de puissance générés par le freinage et, inversement, de fournir une puissance élevée en peu de temps au démarrage. Les batteries ont été installées dans une armoire électrique et équipées d'un système de commande et de refroidissement. Le système de commande a été programmé de manière à prioriser l'autoconsommation de l'énergie produite par l'installation photovoltaïque ou le freinage.

Un système de refroidissement par eau a été installé pour évacuer les rejets de chaleur générés par la charge

des batteries. La chaleur ainsi récupérée est utilisée pour chauffer les espaces destinés aux passagers en hiver.

L'installation a été mise en service en 2022. L'expérience d'exploitation acquise entre-temps montre que la solution a fait ses preuves. L'installation fonctionne de manière très fiable et peut produire elle-même sur l'année environ un quart de l'énergie nécessaire au funiculaire. Certes, cela ne suffirait pas à rendre le projet rentable. En revanche, cette solution a permis d'éviter l'achat d'un nouveau générateur diesel pour l'exploitation de secours ainsi que les coûts de ventilation qui y sont liés.

Depuis, ce système a été adopté par d'autres entreprises, comme les nouveaux téléphériques entre Stechelberg, Mürren et le Schilthorn. Là aussi, la possibilité de renoncer à un générateur pour le moteur de secours grâce à la batterie a joué un rôle important dans la décision d'investissement. Dans le cadre du projet de construction des nouvelles remontées mécaniques du Schilthorn, l'utilisation du système de stockage d'énergie permet en outre de renoncer à un renforcement important du réseau électrique de la région.



	Macolin	Crans-Montana
Altitude de la station aval	433 m	544 m
Altitude de la station amont	877 m	1477 m
Capacité nominale du système de stockage d'énergie	67 kWh	120 kWh
Puissance maximale du système de stockage d'énergie	67 kW	400 kW
Puissance maximale de l'installation PV	45 kWp	66 kWp
Consommation annuelle d'électricité du funiculaire (estimation)	175 000 kWh	630 000 kWh
Production annuelle d'énergie de freinage (estimation)	49 000 kWh	70 000 kWh
Production annuelle du système PV (estimation)	45 000 kWh	79 200 kWh

# Le bilan environnemental du rail peut encore s'améliorer

Le train est considéré comme un moyen de transport respectueux de l'environnement. Il reste que la construction de l'infrastructure ferroviaire a un impact sur le climat et l'environnement. Une étude a chiffré cet impact dans le contexte suisse. La bonne nouvelle : il existe des angles d'approche concrets pour préserver l'environnement à l'avenir.

Si l'exploitation des chemins de fer suisses a peu d'impact sur l'environnement et le climat par rapport à d'autres modes de transport, celui de leur construction n'est pas négligeable. L'OFT a commandé une étude pour faire le bilan de ces effets dans le contexte suisse.

Il est important de connaître non seulement le bilan environnemental et climatique actuel de la construction d'infrastructures ferroviaires, mais aussi d'estimer comment celui-ci évoluera à l'avenir et comment il pourra être amélioré. C'est le seul moyen de mener une discussion politique factuelle sur des projets d'aménagement qui ne seront mis en œuvre que dans dix à trente ans.

L'étude réalisée par les sociétés Carbotech, Infras et EcoExistence sur mandat de l'OFT a permis de combler ces lacunes. Dans un premier temps, elle a déterminé les émissions de gaz à effet de serre et les nuisances environnementales actuelles des principaux éléments et installations de l'infrastructure. Il est désormais possible de connaître l'impact sur le climat et l'environnement de la construction d'un mât de ligne de contact, d'une traverse de chemin de fer, d'un quai, d'un passage inférieur, d'un pont ou encore d'un tunnel.

En combinant les différents éléments, il devient possible de se prononcer sur l'ensemble du réseau ferroviaire ou sur un kilomètre moyen de voie ferrée.

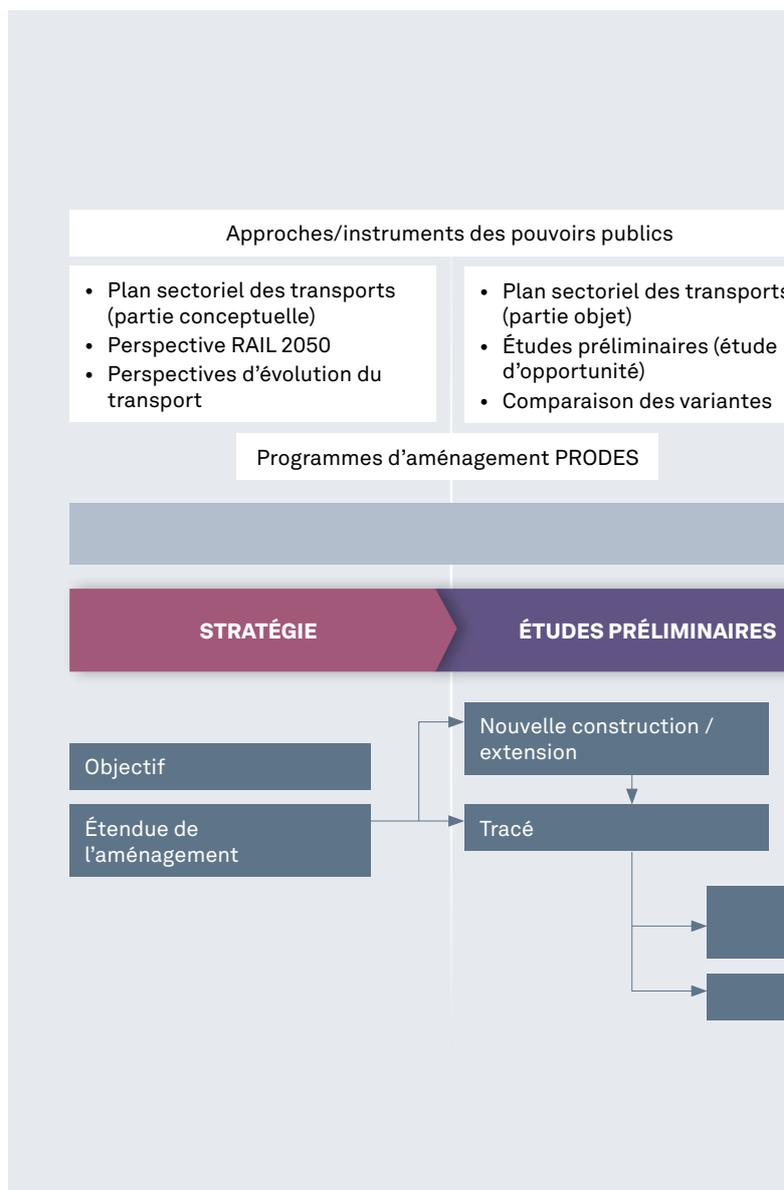
L'impact varie en fonction du type d'installation : pour le tracé en pleine voie, ce sont les rails, les traverses et le lit de la voie qui dominent en termes de pollution. Pour les

**#Recherche sur les infrastructures ferroviaires**

#Rail

#Infrastructure

Informations complémentaires :



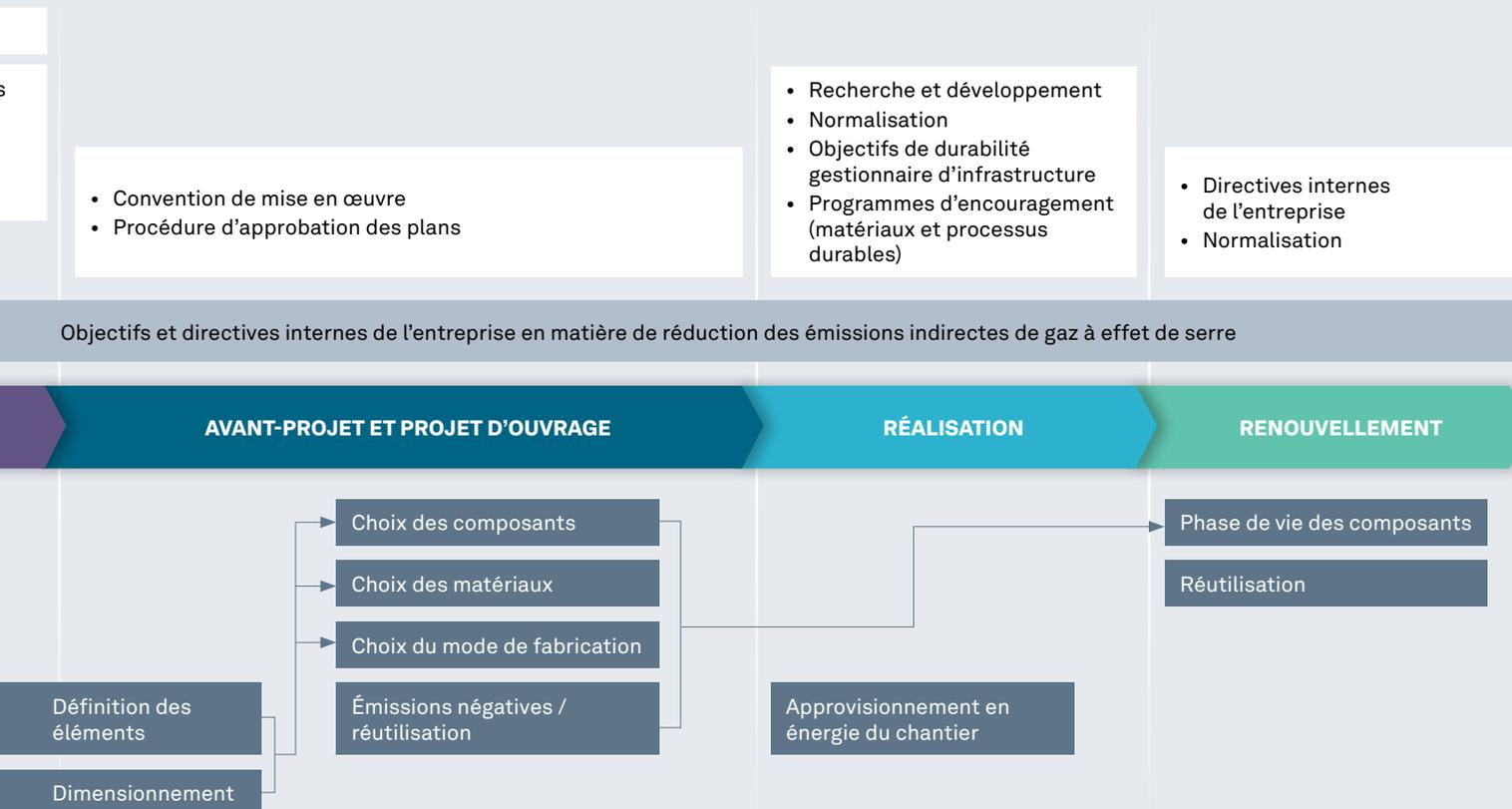
## Cette étude sert de base pour œuvrer en faveur d'un aménagement de l'infrastructure ferroviaire respectueux du climat et de l'environnement.

tunnels, il s'agit principalement du béton, de l'acier et des rails, ainsi que du carburant utilisé par les engins de chantier. L'étude conclut que la construction d'un kilomètre moyen de ligne ferroviaire suisse génère chaque année 56 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> sur l'ensemble de sa durée de vie, soit autant que la fabrication de 19 600 ordinateurs portables.

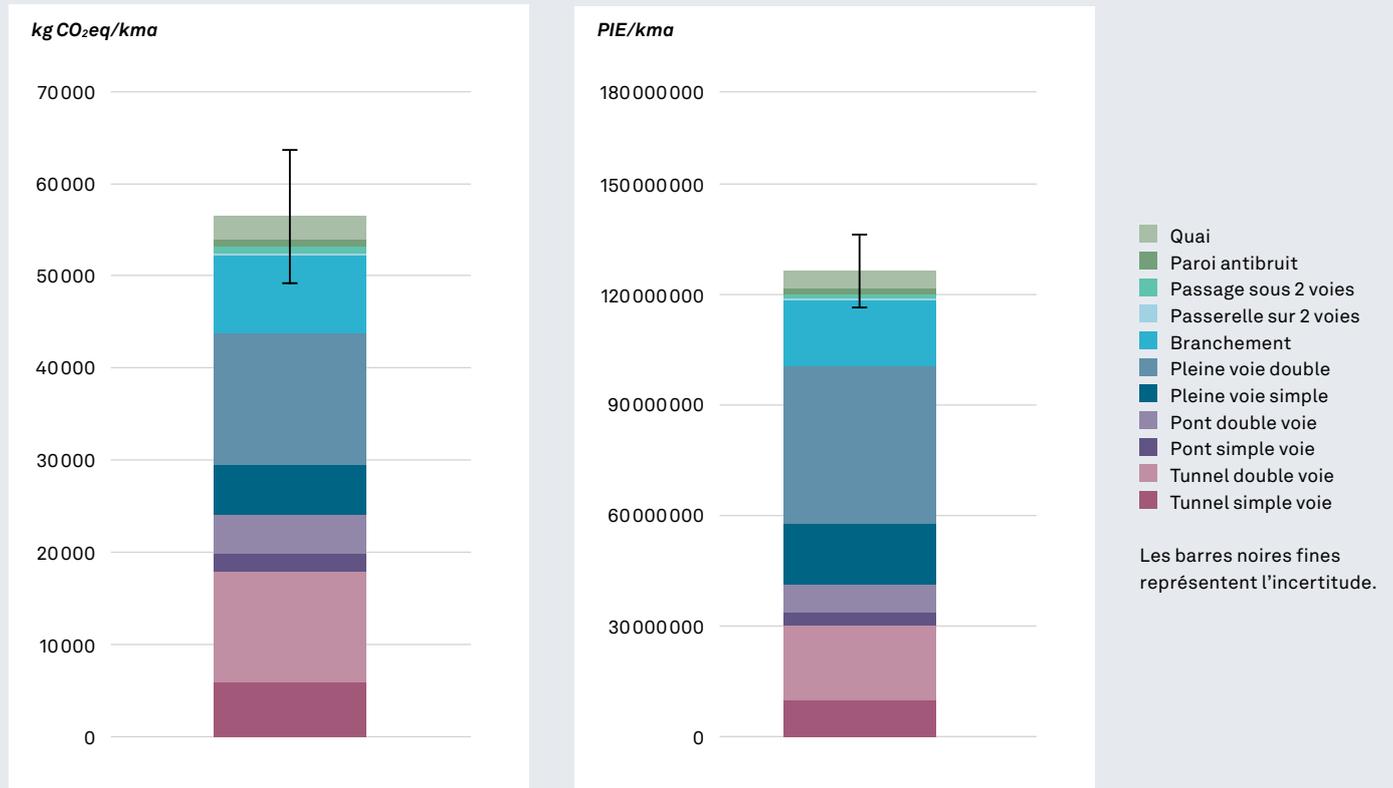
Pour calculer ces valeurs, les auteurs de l'étude ont eu recours à des bases de données de bilan écologique qui recensent par exemple l'impact environnemental de la production d'une tonne d'acier, y compris l'extraction du

minéral, la fonte et le traitement, le transport et la production de l'énergie nécessaire. Dans les cas où les données spécifiques aux chemins de fer n'étaient pas disponibles, les valeurs nécessaires ont été calculées, demandées aux gestionnaires d'infrastructure ou des hypothèses ont été faites. Les données de bilan écologique sont toujours sujettes à des incertitudes. Les auteurs ont pris les données en compte conformément aux directives de qualité de l'OFEV et indiqué les fourchettes correspondantes, avant de comparer les résultats avec des valeurs issues de publications et d'analyses réalisées dans d'autres pays et de les interpréter.

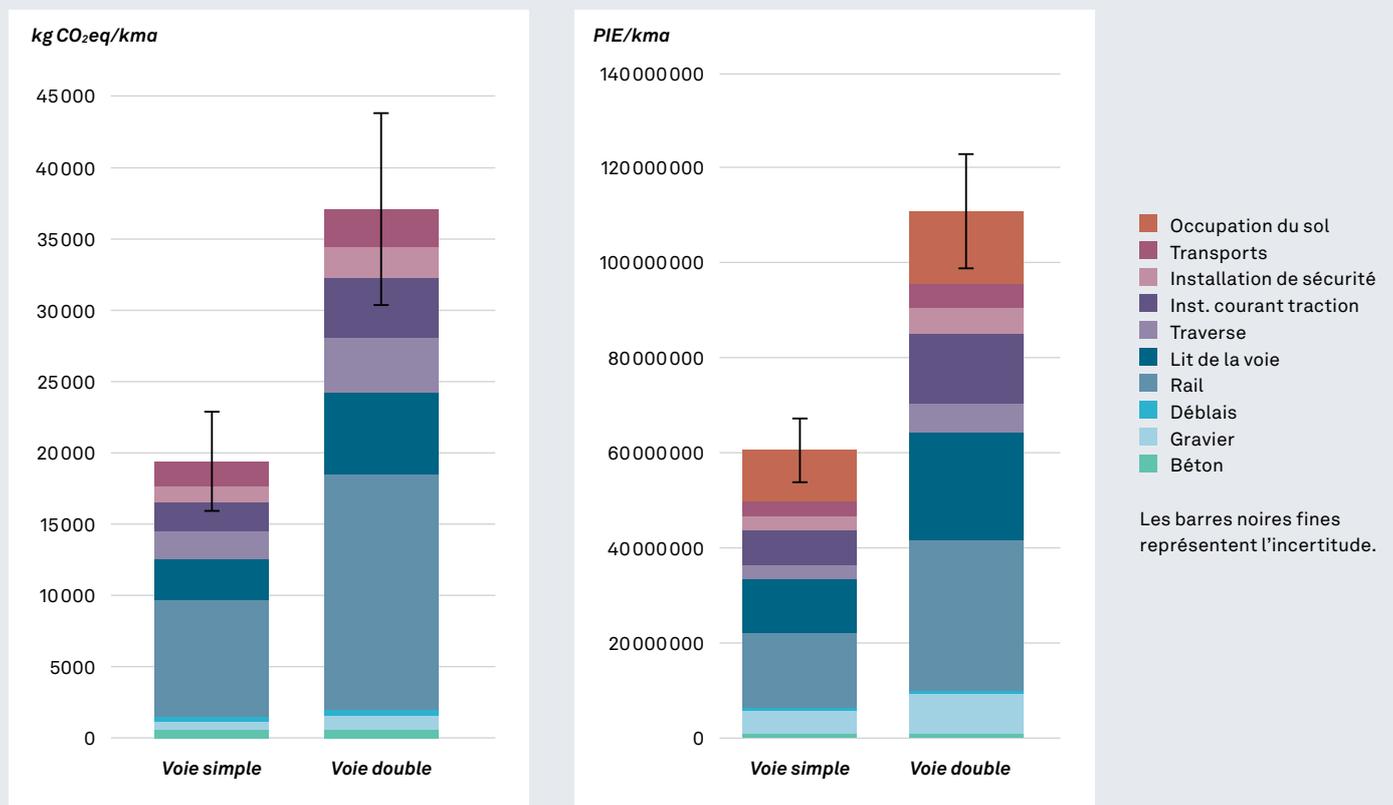
**Phases de projet et angles d'approche étudiés pour réduire les nuisances environnementales de la construction et de l'exploitation d'infrastructures ferroviaires. Le potentiel d'amélioration se trouve tant dans le choix des types d'installations que des éléments de construction. Les phases d'avant-projet et de projet de l'ouvrage s'avèrent particulièrement importantes.**



Bilan environnemental d'un tronçon ferroviaire suisse (moyenne du réseau) par kilomètre, exprimé à gauche en kilogrammes d'équivalent CO<sub>2</sub> et à droite en points d'impact environnemental, générés sur toute la durée de vie et ramenés à un an.



Bilan environnemental d'un tronçon de pleine voie par kilomètre, exprimé à gauche en kilogrammes d'équivalent CO<sub>2</sub> et à droite en points d'impact environnemental, générés sur toute la durée de vie et ramenés à un an.



## **D'ici à 2050, les émissions de gaz à effet de serre d'un nouveau tronçon ferroviaire pourraient diminuer de 50 %.**

L'étude a également examiné l'évolution future de l'impact environnemental de la construction d'infrastructures. Sur la base d'hypothèses concernant le mix énergétique, le transport et les matériaux, il est estimé que d'ici à 2050, les émissions de gaz à effet de serre pourraient diminuer de 53% et la pollution de 36% sur un tronçon ferroviaire moyen nouvellement construit en Suisse, principalement grâce à des procédés de fabrication respectueux du climat pour la production de matériaux de construction et au passage aux énergies renouvelables. Les prévisions à l'horizon 2050 sont toutefois sujettes à de nombreuses incertitudes.

La valeur de l'étude va au-delà de la simple analyse du bilan écologique. Elle montre également les options des pouvoirs publics pour réduire l'impact sur l'environnement à chaque phase de construction de l'infrastructure. Au niveau normatif (éléments blancs dans la graphique sur page 12/13), l'étude identifie le plus grand potentiel dans les premières phases du projet, c'est-à-dire dans la stratégie et surtout dans les études préliminaires. Au niveau technique (éléments gris), les leviers se trouvent surtout dans la phase d'étude de projet. Ainsi, ces bases permettront à l'avenir de comparer les impacts environnementaux dès l'étude des variantes d'un tronçon et d'en tenir compte dans la décision. Lors de la construction, l'impact environnemental pourrait diminuer grâce à un choix approprié des composants, des matériaux et des procédés de fabrication. Les données fournies par l'étude permettent de chiffrer et de comparer les impacts.

Pour l'OFT, cette étude constitue une base précieuse pour œuvrer en faveur d'un aménagement de l'infrastructure ferroviaire respectueux du climat et de l'environnement. Les nouvelles conclusions et les données du bilan écologique seront intégrées dans les instruments de planification de la Confédération, comme la méthodologie NIBA.

L'OFEV met à disposition du public les données et les inventaires réalisés dans le cadre de l'étude sous forme de données en libre accès. L'étude peut ainsi fournir une base au débat politique sur les futurs projets d'aménagement ainsi qu'aux entreprises impliquées dans la planification et la construction.

# Exploiter les données des téléphones portables pour transférer le trafic

Les avantages environnementaux des transports publics (TP) justifieraient une part modale plus importante que les 20 % qu'ils représentent actuellement. Jusqu'ici, il n'a pas été possible d'augmenter de manière significative la part modale des TP par rapport au transport individuel motorisé (TIM). En collaboration avec ses partenaires du consortium TP42, le BLS tente d'obtenir des indications sur les mesures à prendre en analysant les données de mouvement des téléphones portables.

Pour déterminer quelles mesures pourraient inciter les automobilistes à utiliser davantage les TP, il faut disposer de données sur les déplacements effectifs. Les enquêtes effectuées auprès des voyageurs et les données issues des systèmes de billetterie des entreprises de transport fournissent des indications importantes pour les TP, mais elles ne permettent pas de déterminer le comportement des usagers du TIM.

En collaboration avec la start-up «42hacks», le BLS utilise dans une étude les données de bornage des téléphones portables pour analyser les trajets effectifs. L'idée est simple : là où circulent de nombreux usagers du TIM, il y a un grand potentiel de transfert vers les TP. Une fois les points chauds de la mobilité connus, il s'agit de leur trouver des mesures adaptées.

La base de données pour l'analyse est fournie par Swisscom, à qui les auteurs ont acheté un jeu de données anonymisées de téléphonie mobile sur plusieurs mois, basé sur l'analyse d'environ 10 millions de déplacements individuels par jour. Le point de départ et le point d'arrivée de chaque déplacement y sont regroupés dans des carrés d'un kilomètre de côté. Le jeu de données fournit le nombre de trajets à

destination ou en provenance de chaque carré, répartis selon les modes de transport pour chaque heure de la journée, le nombre moyen de personnes se trouvant dans un carré ainsi que la durée moyenne de séjour par surface.

Ces données permettent d'identifier facilement les points chauds de la mobilité, c'est-à-dire les carrés les plus fréquentés. La première conclusion importante est que le trafic se concentre sur une surface relativement faible. Les 1000 km<sup>2</sup> les plus fréquentés (correspondant à 4,2 % de la superficie du pays) concentrent 53 % du trafic et 36 % du TIM. Les 15 km<sup>2</sup> les plus fréquentés génèrent 4,7 % du TIM. Il vaut donc la peine d'examiner de plus près ces points chauds pour influencer le transfert vers les TP.

Pour l'analyse détaillée, les auteurs ont combiné les chiffres du trafic par carré avec les données sur les employeurs de l'Office fédéral de la statistique et les ont complétés par d'autres données provenant notamment de Google Maps et de TomTom. En utilisant l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, ils ont obtenu pour chaque carré le principal employeur, le nombre de salariés et leur répartition modale.

**#Innovation TPV**  
#Système de TP

Informations complémentaires :



De plus, ils ont dû corriger la répartition modale, car les données de téléphonie mobile attribuent tous les trajets sur route au TIM, même si ceux-ci se font en réalité en bus, en tram ou à vélo. Les corrections ont été faites sur la base du microrecensement des transports.

Les données corrigées ont montré que dans les 1000 points chauds, les trajets domicile-travail en TIM représentent 21,2% du volume de transport. Les mesures concernant le trafic pendulaire constituent donc un levier important. Les auteurs estiment que la répartition modale pourrait ainsi être modifiée de 1 à 5% en faveur des TP.

Ils ont déterminé par simulation le potentiel de transfert de différentes mesures. L'impact potentiel le plus important, et de loin, réside dans une utilisation accrue de l'offre de TP actuelle. Cela semble évident, car les points chauds sont généralement situés dans des zones urbaines ou périurbaines et sont bien desservis par les TP. D'autres mesures pouvant également contribuer au report modal sont par exemple : le covoiturage, la promotion du vélo, l'amélioration du dernier kilomètre (vélos en libre-service, navettes) ou la prise en compte du temps de trajet en TP dans le temps de travail.

L'analyse ne permet évidemment pas encore d'atteindre l'objectif des auteurs, à savoir un transfert de cinq points de pourcentage en cinq ans («cinq en cinq»). Afin d'encourager la mise en œuvre de mesures appropriées, l'outil est accessible au public (<https://ov42.com/5in5>). Les employeurs, les employés et les autorités peuvent ainsi examiner de plus près les points chauds identifiés et trouver les mesures les plus prometteuses pour leur site. De plus, 42hacks offre des ateliers aux entreprises qui souhaitent passer à l'action sur la base de cette étude. Pour les auteurs, la clé du succès réside dans une nouvelle conception de la coopération entre les politiques, les commanditaires, les entreprises de transport et les grands générateurs de transports (employeurs, hôpitaux, centres de loisirs, centres commerciaux). Il s'agit de développer des solutions sur mesure qui



**Potentiel de report modal des 1000 points chauds. Chaque pic correspond à un carré de 1 km de côté, sa hauteur est proportionnelle au potentiel de report modal que pourraient exploiter les entreprises. Les potentiels les plus importants se trouvent dans les zones urbaines et périurbaines déjà bien desservies par les TP.**

permettent non seulement de modifier la répartition modale, mais qui génèrent également des effets économiques positifs.

Le potentiel de report modal pour le tourisme et le trafic de loisirs n'a pas été étudié. Cela s'explique d'une part par des raisons méthodologiques, car l'anonymisation des données de téléphonie mobile exclut les modèles de déplacement isolés. La base de données pour les visiteurs et le trafic de loisirs est donc moins fiable. D'autre part, la mobilité pendulaire se prête bien à la mise en œuvre de mesures, car la modification de phénomènes de mobilité quotidiennement récurrents promet un impact important.

# Plus de kilomètres grâce au système de freinage antiblocage

Les roues des wagons sont conçues pour fonctionner pendant des années et pour parcourir des centaines de milliers de kilomètres. Cependant, certaines doivent être remplacées beaucoup plus tôt en raison d'une forte usure entraînant des coûts élevés. L'Université technique de Berlin s'est penchée sur ce phénomène.

Les wagons sont équipés de freins à sabot ou à disque. Les freins à sabot sont encore très répandus dans le trafic marchandise, car ils sont simples à monter et robustes à l'usage. Ceux-ci permettent également de répondre aux exigences en matière de protection contre le bruit depuis que la fonte grise a été remplacée dans les semelles de frein par des matériaux composites.

Le frein à disque s'est en revanche imposé sur les voitures voyageurs. Il est plus silencieux que le frein à sabot et permet de mieux évacuer la chaleur générée au freinage. De plus, il a l'avantage de ménager la surface de roulement de la roue et donc d'en réduire l'usure.

Les avantages des freins à disque sont également intéressants pour les wagons. Ainsi, Hupac a décidé d'équiper depuis 2015 ses wagons-poches T3000e de freins à disque au lieu de freins à sabot. Aujourd'hui, la moitié des 600 véhicules de ce type en sont déjà équipés. Cependant, Hupac a constaté que leurs roues n'atteignaient que la moitié environ du kilométrage des véhicules équipés de freins à sabot. Les surfaces de roulement présentaient des méplats en longueur et des écaillages qui nécessitaient un reprofilage, voire le remplacement des roues afin de garantir la sécurité.

*#Innovations  
techniques fret  
ferroviaire  
#Chemin de fer  
#Véhicules*

Informations  
complémentaires :



Afin de réduire les coûts élevés qui en découlent, Hupac a commandé une étude à des spécialistes de l'Université technique de Berlin. Le professeur Markus Hecht et son collaborateur Claudio Colao ont d'abord analysé la base de données d'entretien de Hupac, qui rend compte des dégâts subis par 3363 essieux remplacés. L'écaillage est le dommage le plus fréquent, avec 44 % des cas.

MM. Hecht et Colao en concluent que si la cause de l'écaillage pouvait être éliminée, le kilométrage pourrait être considérablement augmenté. Pour ce faire, ils ont d'abord dû déterminer comment se produisait l'écaillage. En se basant sur des recherches dans les publications sur le sujet, ils ont émis l'hypothèse que les dégâts pourraient être causés par le blocage des roues.

Cette hypothèse concordait avec le fait que les dommages étaient particulièrement fréquents sur les essieux remplacés pendant les mois d'hiver. Du point de vue des chercheurs, la chose est plausible : pendant la saison humide, l'adhérence est moindre entre la bande de roulement et le rail. Les roues patinent donc plus souvent lors du freinage. La chaleur générée par le glissement sur le rail entraîne des transformations du matériau sur la bande de roulement. La microstructure du matériau se modifie et devient plus fragile, de sorte qu'il a tendance à s'écailler davantage.

Pour empêcher le blocage des roues, il existe depuis longtemps des dispositifs antienrayeurs sur les voitures voyageurs. Ils fonctionnent de manière similaire à l'ABS d'une voiture : un capteur surveille en permanence la rotation de la roue. Si celle-ci patine lors d'un freinage, le système de commande réduit la force de freinage juste assez pour que la roue puisse à nouveau rouler. Le freinage dynamique, « saccadé », empêche donc l'enrayage.

**Wagon-poche T3000e avec freins à disque de la société Hupac.**



**Dégâts sur la surface de roulement de la roue.**

Il serait donc logique d'installer un dispositif antienrayeur également sur les wagons marchandise. Ceux-ci n'étant généralement pas alimentés en électricité, l'énergie nécessaire au fonctionnement du système doit donc être produite par le wagon lui-même. Le système de commande doit également être autonome, car les wagons ne disposent pas de liaison de données, par exemple avec la locomotive.

En collaboration avec Hupac, les auteurs ont d'abord défini les exigences d'un dispositif antienrayeur et ont ensuite développé un prototype sur la base de composants disponibles dans le commerce. Chacun de ses trois bogies est équipé d'une valve anti-enrayage qui purge les cylindres de frein dès que la commande signale le blocage des roues. Un générateur de boîte d'essieu fournit l'énergie nécessaire via un bloc de batteries. Un module GPS/GSM est également installé, permettant un positionnement précis du wagon et le télédiagnostic du système.

L'homologation et les essais du wagon prototype n'ont pas encore eu lieu. Ce n'est qu'après des courses d'essai suffisamment longues et dans des conditions variées que l'on saura si le patinage est réellement responsable de l'écaillage et si l'antienrayeur contribue effectivement à prolonger la durée de vie des roues.

Prof. Denis Gillet, EPFL

# Numérisation, clé du développement des transports publics

L'intelligence artificielle est depuis peu sur toutes les lèvres. Denis Gillet, maître d'enseignement et de recherche à l'EPFL, s'intéresse pourtant aux solutions numériques depuis des années. En tant qu'expert pour le programme SETP 2050, il met cette précieuse expérience au service de l'évaluation de nouveaux projets.

*#SETP 2050*





**Monsieur Gillet, comment décririez-vous votre domaine de recherche actuel ?**

Je travaille sur l'interaction entre les humains et les machines, qu'il s'agisse d'applications numériques, de robots ou de véhicules autonomes. Je travaille également sur l'adoption du numérique par les citoyens, tant au niveau de la formation que de l'adaptation aux attentes de qualité de services et de protection de la sphère privée.

**Quels sont les développements majeurs dans ce domaine ?**

Les solutions numériques doivent aujourd'hui être conçues de manière à être attrayantes et faciles à utiliser, tout en respectant les exigences en matière de protection des données. Cela vaut indépendamment du fait qu'il s'agisse d'une interaction avec des objets, des véhicules ou des applications numériques en réseau. Le type d'interaction évolue : les formes de représentation avancées comme la réalité augmentée ou les agents virtuels comme les chatbots se répandent rapidement.

**Quelles applications voyez-vous pour les transports publics ?**

De nouvelles offres numériques favorisant l'intermodalité verront le jour. Il faudra veiller à ce qu'elles respectent la vie privée des utilisateurs. Les futurs véhicules sans conducteur devront intégrer des interfaces numériques qui fourniront des informations

pertinentes sur l'état du véhicule et de son environnement et permettront d'agir en toute transparence en cas d'urgence. En outre, pour interagir avec les passagers, il faudra des conducteurs virtuels capables de prendre en compte les préférences personnelles.

**Quel est le lien avec le programme SETP 2050 ?**

En fait, l'interaction homme-machine et les services numériques avancés jouent un rôle secondaire dans les projets menés jusqu'à présent. Mais cela devrait changer – il suffit de penser aux véhicules automatisés qui peuvent drastiquement réduire les embouteillages et donc le gaspillage d'énergie qui en découle. Là, les thèmes d'ingénierie plutôt « classiques » rejoignent la numérisation et l'intelligence artificielle.

**Comment le groupe d'experts procède-t-il à l'évaluation des demandes ?**

Nous avons développé une bonne dynamique au sein du groupe. En général, nous écoutons d'abord l'évaluation du membre qui connaît le mieux le sujet. Nous discutons

ensuite du caractère innovant du projet, de la possibilité de l'approuver en l'état ou de la nécessité d'effectuer des recherches supplémentaires. Le fait que les deux responsables de programme aient une bonne vue d'ensemble des projets en cours nous aide beaucoup.

**Où voyez-vous un potentiel pour d'autres projets ?**

Dans le domaine de l'énergie en particulier, je pense qu'il y a encore du potentiel dans l'exploitation, notamment dans la simulation et la taille des véhicules. En outre, il faut des sources d'énergie décentralisées et flexibles. Outre l'eau et le photovoltaïque, je pense que le vent et l'hydrogène en font également partie.

**Comment évaluer le contenu innovant des projets ?**

Il y a beaucoup de bons projets qui apportent une amélioration dans un domaine spécifique, par exemple dans l'électrification des bateaux. Mais pour répondre à l'ambition de la Stratégie énergétique 2050, il faut une approche holistique orientée système, c'est-à-dire en combinant la technologie des véhicules, l'approvisionnement en énergie et l'offre. Mais j'aimerais ajouter un autre aspect.

**Avec plaisir, lequel ?**

J'ai fait beaucoup de recherches sur les véhicules autonomes. Dans ce contexte, la question de la souveraineté des données est centrale. À qui appartiennent les données nécessaires au fonctionnement des véhicules ? Sont-elles privées ou publiques ? Sont-elles centralisées ou décentralisées ? Les données pourraient à l'avenir constituer une infrastructure critique pour le système de transport.

“

Les données pourraient à l'avenir constituer une infrastructure critique pour le système de transport.



“

Pour répondre à l'ambition de la Stratégie énergétique 2050, il faut une approche holistique orientée système.

**En parlant d'avenir, comment voyez-vous le développement des programmes de recherche ?**

Le défi d'atteindre la neutralité climatique d'ici 2050 est formidable. C'est pourquoi je pense qu'une approche plus ambitieuse est nécessaire, par exemple au moyen de grands programmes nationaux d'une durée minimale de quatre ans, comprenant des projets-pilotes et auxquels participent plusieurs entreprises de transport et universités. Si on veut vraiment faire de l'intermodalité il faut que tous les acteurs travaillent ensemble.

**Vous êtes sur le point de prendre votre retraite. Quel message souhaitez-vous transmettre aux transports publics ?**

L'objectif 2050 a besoin d'ambitions – il ne peut pas être atteint avec de petites mesures. Nous devons penser au-delà de la Suisse et construire une vision. Il y a cent ans, nous avons investi massivement dans l'énergie hydraulique, et nous en profitons encore aujourd'hui. Nous devrions faire de même pour la mobilité. Pour garder une métaphore de transport : nous devrions faire de la Suisse une locomotive, pas un wagon.





*#Recherche sur  
les infrastructures  
ferroviaires*

*#Rail*

*#Interaction*

Informations  
complémentaires :



Rowena Crockett, Empa

# Sur la piste des frottements

Que ce soit dans les chemins de fer entre la roue et le rail, dans un moteur entre le piston et le boîtier ou dans une prothèse de hanche entre la tête de l'articulation et le cotyle, trop de frottement entraîne une usure et des dommages. Rowena Crockett est tribologue à l'Empa et s'occupe de ces phénomènes. Mais les maisons en bois et les spaghettis font également partie de son domaine d'expertise.

## **Madame Crockett, que fait une tribologue ?**

La tribologie est un domaine très vaste. En principe, nous étudions les phénomènes de frottement: la tribologie intervient donc partout où une pièce frotte contre une autre. Peu importe qu'il s'agisse d'un piston dans un moteur ou d'une articulation artificielle.

## **À quoi cette recherche est-elle utile ?**

Nous étudions les moyens de réduire l'usure et le frottement afin de prolonger la durée de vie des matériaux. Dans le secteur ferroviaire, par exemple, la réduction du frottement entre la roue et le rail permet de réaliser des économies importantes.

## **Comment procédez-vous ?**

Nous analysons comment les lubrifiants réagissent aux surfaces des matériaux et quels produits présentent les meilleures propriétés. Nous étudions également de nouveaux matériaux afin de déterminer s'ils apportent une amélioration ou s'ils posent de nouveaux problèmes.

Une grande partie de notre travail est donc expérimentale.

## **En quoi consiste le projet de conditionnement du champignon du rail ?**

Pour les CFF, nous étudions comment réduire le frottement entre la roue et le rail. Pour ce faire, nous appliquons un agent de conditionnement sur les rails afin de réduire la fatigue et le bruit.

## **Et quel est le problème ?**

Il existe plusieurs produits sur le marché avec des formules différentes. Les CFF souhaitent savoir s'ils ont vraiment un effet et quels sont les composants dont on peut attendre le meilleur résultat.

## **Comment déterminez-vous ces effets ?**

Nous testons les produits à base d'eau et d'huile en laboratoire et sur le terrain. En laboratoire, nous utilisons un microscope électronique à balayage pour détecter les moindres changements de surface, tandis



que sur le terrain, nous ne pouvons détecter que les fissures macroscopiques et autres dégâts.

**Le meilleur produit est-il celui à base d'eau ou d'huile ?**

En laboratoire, nous avons constaté une déformation nettement plus faible avec les deux types, c'est-à-dire moins de fissures dues à la fatigue. En revanche, dans les essais sur le terrain, les produits à base d'eau donnent de meilleurs résultats. Toujours est-il qu'avec ces derniers, les résultats entre laboratoire et terrain concordent étonnamment bien. Ce n'est pas le cas de tous les essais, loin de là.

**Quel est donc le secret des agents de conditionnement ?**

Les produits à base d'eau contiennent de la cellulose modifiée comme ingrédient principal. C'est probablement elle qui réduit le plus le frottement. Les autres composants assurent la stabilité du produit. La cellulose forme probablement une fine couche à la surface du rail, mais cela n'a pas encore été démontré dans la pratique.

“

**La tribologie peut aider à détecter à temps les dégâts sur les roues et les rails.**

**Dans quelle mesure collaborez-vous avec des spécialistes d'autres disciplines dans le cadre de vos recherches ?**

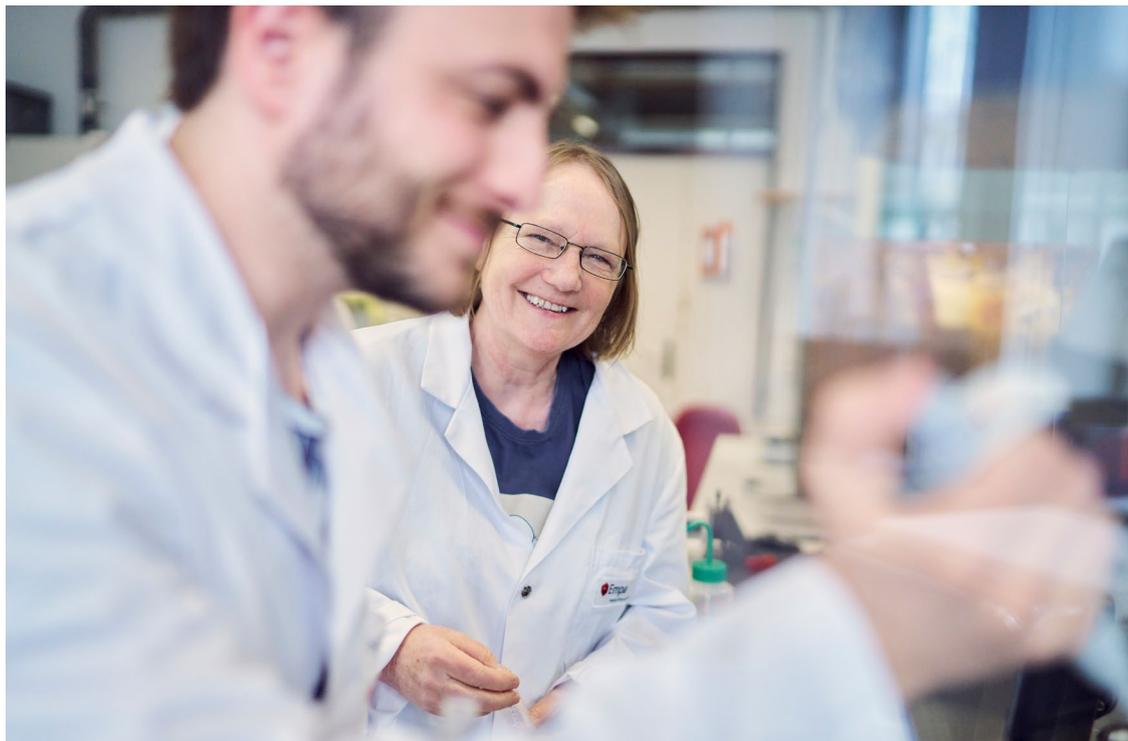
La tribologie est un domaine interdisciplinaire. À l'Empa, nous avons un grand nombre de spécialistes et d'experts auxquels je peux faire appel en fonction des problématiques. Bien entendu, je collabore étroitement avec CFF Infrastructure. En revanche, les fabricants de produits sont plutôt réticents, car ils ne veulent pas divulguer les recettes. Cela dit, il n'y a pas grand-chose que l'Empa ne puisse pas analyser (rires).

**Comment en êtes-vous arrivée à la tribologie ?**

À l'origine, j'étais chimiste et je testais les carburants pour les courses de moto. Lorsque l'Empa a abandonné l'analyse sous contrat au profit de la recherche, j'ai commencé à travailler avec Sigfried Roos, qui s'intéressait déjà beaucoup à la tribologie. Nous avons commencé à travailler avec l'EPF de Zurich et à développer des additifs pour les moteurs et d'autres applications. Cela a débouché sur une recherche sous mandat fructueuse avec des fabricants de moteurs et de lubrifiants suisses.

**Depuis, votre champ thématique s'est élargi.**

Oui, absolument. Outre les prothèses d'articulations, nous nous intéressons également à des sujets tels que les revêtements phosphatés et le frottement dans les maisons en bois, où les vibrations entre les éléments influent sur la durée de vie. Nous avons même étudié le frottement à la surface des



“

Un contact étroit avec l'industrie et les chercheurs d'autres disciplines est décisif.

spaghettis afin d'améliorer l'adhérence de la sauce tomate.

**Qu'est-ce qui vous fascine dans votre recherche ?**

Je la trouve passionnante parce nous collaborons toujours avec l'industrie et que nous relevons de nouveaux défis. Les échanges internationaux et l'organisation de conférences comme Ecotrib 25, qui vise à attirer les jeunes chercheurs, enrichissent mon travail.

**Quels sont vos intentions de recherche ?**

J'aimerais m'assurer qu'il y a suffisamment de projets dans le pipeline pour que l'Empa ait intérêt à poursuivre ce domaine de recherche. Un contact étroit avec l'industrie et les chercheurs d'autres disciplines est décisif, car la tribologie est par nature une « science de contact ». Je vois également un grand potentiel dans les transports publics.

**Qui serait ?**

La tribologie peut, en collaboration avec d'autres disciplines de l'Empa, aider à détecter à temps des dégâts sur les roues et les rails. Par exemple, en plaçant des capteurs à des endroits critiques, on pourrait collecter des données sur l'état des roues et des rails, puis les analyser à l'aide de l'intelligence artificielle afin de mieux prédire leur durée de vie. Cela permettrait de réduire les coûts d'entretien et peut-être même d'éviter des accidents.



Albin Gehriger / Thao Nhi La

# Un domaine professionnel fascinant pour les jeunes ingénieurs

Le système ferroviaire est très complexe et requiert des connaissances spécialisées. En ces temps de pénurie de personnel qualifié, les chemins de fer sont confrontés au défi de la relève des détenteurs de savoir. Pour le relever, RAILplus a mis en place un programme de promotion des jeunes professionnels. Thao Nhi La et Albin Gehriger ont saisi leur chance.

**Thao Nhi La, vous êtes une jeune ingénieure qui travaille chez Travys depuis avril 2024. Comment y êtes-vous arrivée ?**

TNL: J'ai étudié la microtechnique à la Haute École d'Ingénierie et de Gestion d'Yverdon. Après mon bachelors, je cherchais une opportunité d'acquérir une expérience professionnelle dans un domaine. J'ai postulé chez Travys parce que je trouve que travailler dans les transports publics est porteur de sens. Et heureusement, cela a fonctionné!

**Albin Gehriger, comment êtes-vous devenu ingénieur junior des Appenzeller Bahnen (AB) ?**

AG: Mon parcours professionnel a été un peu différent. J'ai suivi une formation de modéliste technique, puis j'ai travaillé deux ans dans l'industrie mécanique et l'automobile.

J'ai ensuite obtenu une maturité professionnelle et j'ai étudié la mécanique à la Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (Haute école des sciences appliquées de Zurich). J'ai ensuite trouvé un emploi chez Stadler à Bussnang, où j'ai travaillé pendant trois ans et demi en tant que chef de projet technique pour la voie étroite, la crémaillère et les véhicules spéciaux. Depuis février 2023, je suis ingénieur ferroviaire chez AB et je peux participer au programme « Tâche systémique interaction véhicule/voie métrique » de RAILplus.

**Qu'est-ce qui vous a attiré vers un emploi dans le secteur des chemins de fer ?**

AG: En tant qu'ingénieur mécanicien, je suis fasciné par les systèmes comme les moteurs, les arbres et les engrenages et

*#Recherche sur  
les infrastructures  
ferroviaires  
#Rail  
#Interaction*

“

Je souhaite réduire les coûts du cycle de vie dans le domaine de la voie et des véhicules chez les Appenzeller Bahnen.



par leurs impressionnantes propriétés techniques. Le chemin de fer me comble à ce niveau (rires). En fait, j'ai commencé à m'intéresser à l'interaction véhicule/voie lorsque je travaillais chez Stadler. Chez l'un de nos clients, le Matterhorn-Gotthard-Bahn, j'ai appris l'impact de l'usure des roues et des rails sur l'exploitation et les coûts des chemins de fer. Cela m'a incité à me spécialiser dans ce domaine. L'offre des Appenzeller Bahnen est exactement ce qu'il me faut.

TNL: Je trouve les transports publics fascinants. Nous les empruntons tous les jours et trouvons tout naturel qu'ils fonctionnent parfaitement, qu'ils soient ponctuels et sûrs. Il faut s'y intéresser de plus près pour découvrir tout ce dont ce système complexe a besoin pour remplir sa mission. Dans mon travail, je peux y contribuer en associant la recherche à l'application concrète dans l'entreprise.

#### En quoi consiste votre activité ?

AG: Chez AB, j'interviens en interne et en externe en tant que spécialiste dans des projets, par exemple en tant que représentant de la voie, pour le tracé ou dans le domaine du profil d'espace libre. Je suis également responsable du diagnostic des voies et je conseille nos chefs de gare dans la planification des travaux d'entretien et de réfection des voies. Je suis également l'interlocuteur en cas de dégâts des voies, je m'occupe de la technologie des composants utilisés et je surveille et gère différents systèmes dans le domaine de l'interaction.

TNL: Chez Travys, je travaille sur plusieurs projets. Dans l'un d'entre eux, j'essaie, en collaboration avec RAILplus, de réduire l'usure des rails et des roues grâce au conditionnement du champignon du rail. Pour ce faire, nous analysons et parcourons les tronçons afin d'identifier les endroits où l'usure des rails est la plus importante. J'ai

eu de nombreuses discussions avec nos collaborateurs, par exemple sur la manière d'installer sur nos véhicules le système d'application de l'agent de conditionnement. Je commande le matériel et j'accompagne le montage, et je dois également documenter toutes les modifications apportées au véhicule. Les premiers tests et les mesures d'usure sur les tronçons vont bientôt commencer.

#### Vous travaillez à 50 % pour votre entreprise et le reste du temps dans le programme de formation des jeunes de RAILplus. Que faites-vous là-bas ?

TNL: En tant que jeunes ingénieurs, nous sommes intégrés dans un ou plusieurs des cinq projets techniques que RAILplus a lancés dans le cadre de la tâche systémique « Interaction véhicule/voie ». Je travaille par exemple sur le projet « roue/rail », où nous voulons introduire un logiciel permettant de suivre l'état des roues de manière spécifique à l'entreprise. Pour cela nous avons besoin de données provenant d'installations de mesure sur la voie ainsi que de mesures manuelles sur la roue. Notre objectif est de collecter un jeu de données suffisamment important pour être utilisé par tous les chemins de fer, de simplifier l'analyse et d'améliorer les prévisions.

AG: Je travaille sur le projet « Rigidité de la voie » en tant que chef de projet adjoint. En collaboration avec des partenaires de l'industrie, des universités et des bureaux d'études, nous étudions les relations entre l'impact, la sollicitation et la réaction du matériau de la voie ballastée métrique. Pour ce faire, nous développons et validons des modèles de voie qui permettent de quantifier l'influence de composants sélectionnés sur le comportement de la voie. L'accent est mis sur l'usure et le bruit à la surface du rail, ainsi que sur le comportement du sous-sol dans différentes conditions du sol de fondation.



“

**Je souhaite développer une vision globale des choses afin de trouver de nouvelles solutions.**

Je travaille sur des systèmes issus des projets de la maîtrise du système d'interaction véhicule/voie chez les AB. Actuellement, j'améliore l'efficacité du conditionnement du champignon du rail avec mes collègues. Ensuite, je souhaite optimiser le profil apparié côté véhicule et l'appariement des matériaux côté infrastructure afin de les adapter aux courbes serrées de nos tronçons, ce qui, à long terme, réduira la maintenance et prolongera la durée de vie des composants.

#### **Qu'est-ce que le programme pour la relève vous offre encore ?**

TNL: Nous pouvons participer aux événements organisés tous les six mois par RAILplus, auxquels participent toutes les entreprises partenaires de la tâche systémique «interaction véhicule/infrastructure». Lors de mon premier événement de ce type, j'ai pu découvrir les projets et faire la connaissance d'autres ingénieurs.

AG: Nous avons également accès aux formations que RAILplus propose au secteur. Dernièrement, l'accent a été mis sur l'interaction entre la conception du châssis et les contraintes roue-rail, ainsi que sur les matériaux et profils appariés de la roue et du rail. Actuellement, notre équipe de projet prépare une formation sur la voie. Enfin, la tâche systémique nous donne accès à un vaste réseau de spécialistes internationaux, dont nous pouvons également utiliser l'expertise pour notre entreprise.

#### **Quel objectif personnel vous êtes-vous fixé pour votre travail ?**

AG: Je souhaite réduire les coûts du cycle de vie des AB dans le domaine de la voie et du véhicule. L'objectif est de réduire les dégâts et l'usure de la voie tout en augmentant la prestation kilométrique des roues. Pour y parvenir, nous appliquons les conclusions et les

TNL: Je travaille avec le matériel roulant. J'en apprends certes davantage chaque jour, mais j'aimerais aussi en savoir plus sur l'infrastructure, car les deux sont importants. Malheureusement, ils sont souvent traités séparément dans les entreprises. Je veux développer une vision globale des choses afin de trouver de nouvelles solutions. Le conditionnement du champignon du rail en est un bon exemple: on applique l'agent de conditionnement sur la roue, mais c'est le rail qui en bénéficie.

#### **Que souhaitez-vous pour les autres jeunes ingénieurs ?**

TNL: Dans ma formation, je n'ai pas beaucoup entendu parler des chemins de fer, mais plutôt de la technologie médicale, de la robotique, de l'ingénierie acoustique et de l'horlogerie. C'est compréhensible vu l'orientation des études, mais c'est quand même dommage. Je pense qu'il serait important de proposer un cours spécifique pour que les gens puissent découvrir ce que les chemins de fer ont à offrir.

AG: Je l'apprécierais également – peut-être que davantage de femmes, qui sont de toute façon sous-représentées dans l'ingénierie, s'intéresseraient aux chemins de fer. Selon moi, le secteur ferroviaire est particulièrement passionnant et diversifié, car il est moins réglementé que l'aviation, par exemple, et les volumes sont moins importants que dans l'industrie automobile.

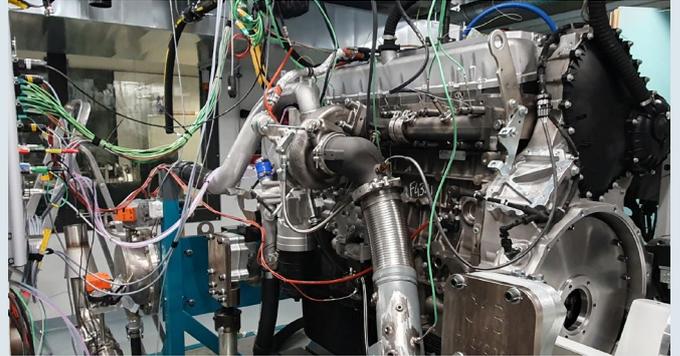
## Préparation et remisage automatiques du matériel roulant



Avant la première course de la journée, le personnel doit mettre en service la locomotive ou l'automotrice. Cette opération, la «préparation», dure entre 20 et 25 minutes en simple traction. Si cette opération pouvait être automatisée, elle permettrait d'économiser un temps d'intervention précieux, en début comme en fin de journée pour le remisage.

De nombreuses étapes sont nécessaires pour que les véhicules moteurs puissent être exploités en toute sécurité et conformément à la réglementation. Il ne suffit pas de lever le pantographe : il faut notamment tester les feux et l'éclairage de service, effectuer l'essai de freinage principal, vérifier le système de pilotage de sécurité et le système de contrôle de la marche des trains, et mettre en service les systèmes embarqués. La Schweizerische Südostbahn AG (SOB) étudie actuellement avec Stadler Bussnang lesquelles de ces étapes pourraient être automatisées en respectant les prescriptions en vigueur et quelles économies pourraient être réalisées au niveau de la préparation et du remisage. BLS AG, RegionAlps et les CFF sont d'autres entreprises de transport ferroviaire qui participent au projet.

## Essai d'un moteur à hydrogène pour les bus



Les bus électriques s'imposent de plus en plus comme une alternative au bus diesel, respectueuse du climat. Cependant, ils restent limités lorsqu'il s'agit d'effectuer de longues rotations ou de franchir des dénivelés importants. L'utilisation de l'hydrogène comme carburant est une option envisageable pour y faire face.

Une étude préliminaire a déjà démontré que les moteurs à combustion des bus pouvaient être alimentés par de l'hydrogène (P-155). Une autre étude a conclu qu'en termes d'exploitation, les bus à hydrogène sont meilleurs que les bus à batterie pour les transports interrégionaux sur de longues distances et en pente (P-199). Sur la base de ces conclusions encourageantes, les Transports publics fribourgeois (tpf) ont lancé un autre projet. Il s'agit de développer et de tester au banc d'essai un prototype de moteur à combustion à hydrogène en collaboration avec la Haute École d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg. Les préparatifs, qui comprenaient notamment l'achat d'un moteur approprié, l'installation du banc d'essai et l'équipement de mesure, sont maintenant terminés, de sorte que les mesures peuvent commencer.

**#Innovation TPV**

#Chemin de fer

#Interaction

Informations complémentaires :



**#SETP 2050**

#Bus

#Véhicules

Étude actuelle:



Motorisation H2 (P-155):



Étude potentiel H2 (P-199):



## Le transbordement des déblais devient plus facile



De nombreux grands chantiers ne peuvent pas être desservis directement par le rail. Les déblais ou les débris d'excavation doivent alors être transportés par camion jusqu'au raccordement ferroviaire le plus proche, où ils sont transbordés sur des wagons. Cette opération fastidieuse peut désormais être simplifiée grâce à un conteneur basculant.

L'idée derrière le projet d'ACTS AG est simple : au lieu de déverser les déblais, on les transborde avec un conteneur de transport. Un conteneur standard de 20 pieds est particulièrement adapté à cet usage. Il peut être chargé ou transbordé directement de la semi-remorque du camion sur le wagon porte-conteneurs à l'aide d'une grue de transbordement mobile ou d'un portique.

Pour que le déversement se fasse aussi facilement qu'avec un wagon traditionnel (type Fans-U), un wagon porte-conteneurs standard est complété par un cadre basculant et un système hydraulique de levage électrique. Les conteneurs ont besoin de rabats latéraux avec une connexion hydraulique au cadre basculant, afin de pouvoir les ouvrir et les fermer automatiquement. Ce système Kippco permet de vider les matériaux dans une gravière ou une décharge directement depuis le wagon dans une fosse de déchargement. Dans le cadre du projet en cours, quatre conteneurs et deux wagons sont testés pour voir comment le système fonctionne au quotidien.

**#Innovations techniques fret ferroviaire**

#Rail

#Véhicules

## Bon ancrage en sol meuble



Les mâts de la ligne de contact, les parois antibruit et autres éléments d'infrastructure doivent être solidement ancrés dans le sol. Les blocs de fondation en béton sont coulés sur place aux dimensions standard. Dans les sols mous ou dans les talus, leurs dimensions doivent être majorées. Mais de combien ?

Pour répondre à cette question, l'Allianz Fahrweg Normalspur a lancé un projet de recherche avec la Haute école de Lucerne HSLU et l'EPF de Zurich. Il s'agissait de développer un modèle optimisé de dimensionnement des fondations à l'aide des données et des prescriptions en vigueur et de le vérifier dans le cadre d'un essai à l'échelle 1:30. Pour ce faire, ils ont placé les fondations d'une maquette de mât dans du sable gorgé d'eau et ont fait tourner le dispositif expérimental dans une centrifugeuse. Ils ont ainsi pu mesurer l'inclinaison de la fondation en fonction de la vitesse de rotation. D'autres mesures sont prévues dans des sols argileux et stratifiés. Ces données permettront de vérifier le modèle. Si nécessaire, les modèles de dimensionnement actuels pourront ensuite être adaptés au comportement dans des sols plus meubles.

**#Recherche sur les infrastructures ferroviaires**

#Rail

#Infrastructure

Informations complémentaires :



Centrifugeuse expérimentale (Emission SRF) :



## Voussoirs de tunnels : aussi épais que nécessaire



Dans les tunnels, des éléments en béton souvent préfabriqués servent de soutènement et supportent la poussée du terrain. Le dimensionnement de ces éléments, appelés voussoirs, doit être efficient, de sorte que leur fonction soit assurée avec un coût le plus bas possible et un minimum de matériaux.

Les recherches de Walter Kaufmann, professeur de statique et de construction à l'EPF de Zurich, sont parties du constat que le dimensionnement des voussoirs avait été très conservateur jusqu'à présent. En particulier, le dimensionnement des joints est basé sur des formules empiriques, et l'avantage d'une armature transversale pour la résistance à la compression du béton (effet de ficelage) est généralement négligé. Ainsi, dans de nombreux cas, les joints déterminent l'épaisseur du voussoir et donc le diamètre du tube du tunnel à excaver. Des fibres sont souvent ajoutées au béton, mais cela n'est généralement pas pris en compte dans le dimensionnement. Le travail consiste donc à développer des modèles mécaniques pour le dimensionnement des joints de voussoir et à les valider par des essais et des analyses numériques.

**#Recherche sur les infrastructures ferroviaires**

#Rail

#Infrastructure

Informations complémentaires :



## Trains plus bruyants dans les courbes



En Suisse, le modèle sonRAIL s'est imposé pour les prévisions de bruit ferroviaire. Il permet de calculer les émissions sonores sur le réseau à voie normale pour différents types de voies et de compositions de trains. La mise à jour du modèle a permis d'identifier des possibilités d'amélioration des prévisions en ce qui concerne l'inscription dans les courbes.

Le modèle sonRAIL contient un supplément de bruit spécifique au véhicule pour les courbes. La partie modèle est conçue pour prendre en compte le bruit supplémentaire des courbes, mais pas les crissements ni les sifflements. Cependant, ce modèle n'est pas validé par des mesures de véhicules silencieux dans les courbes qui circulent aujourd'hui. Il se peut donc que le modèle surestime le bruit dans les courbes pour ce type de véhicules et que des mesures de réduction du bruit inutiles et coûteuses soient prises.

Lors de la mise à jour conjointe du modèle, l'OFEV, l'Empa et les CFF ont donc déposé une demande de projet visant à vérifier le modèle à l'aide de relevés effectués sur le tronçon. Jusqu'à présent, un programme de mesures a été établi et les sites adaptés ont été identifiés. La validation doit également fournir des bases pour la réduction du bruit lors du passage sur les courbes.

**#Bruit ferroviaire**

#Rail

#Interaction

Informations complémentaires :



# Comment rendre la voie sans ballast plus silencieuse ?



La voie sans ballast est considérée comme moins exigeante en termes d'entretien et plus durable que la voie ballastée traditionnelle. Elle présente toutefois un inconvénient : en raison de sa surface lisse, elle a tendance à émettre davantage de bruit (bruits aériens). Une étude bibliographique examine ce phénomène de plus près.

Les recherches de Felix Saur, de la société PROSE, confirment que le niveau de pression acoustique du bruit de roulement est de 2 à 5 dB(A) plus élevé sur la voie sans ballast que sur la voie ballastée. Cette valeur est étayée par des mesures sur le terrain et des modélisations. Les émissions sonores s'étendent sur une large gamme de fréquences comprises entre 16 Hz et 8 kHz.

Pour maintenir les émissions sonores à un niveau plus faible, la voie sans ballast doit présenter une faible rigidité à basse fréquence et une grande rigidité à haute fréquence. On peut y parvenir à l'aide de systèmes masse-ressort, par exemple en plaçant la dalle de béton sur des supports amortissants en caoutchouc. Cette technique est aujourd'hui déjà la norme dans les tunnels suisses. En pleine voie, elle est surtout utilisée sur les tronçons à grande vitesse à l'étranger. Mais les études effectuées donneraient de précieuses indications si la voie sans ballast devait se généraliser en Suisse aussi.

**#Bruit ferroviaire**

**#Rail**

**#Interaction**

Informations complémentaires :



# Faits et chiffres

L'OFT a soutenu l'an dernier la recherche et l'innovation dans les transports publics à hauteur de 3,5 millions de francs alloués aux trois programmes « Recherche sur les infrastructures ferroviaires », « Stratégie énergétique des transports publics 2050 » et « Innovation dans le transport public de voyageurs ». Les graphiques suivants donnent un aperçu des flux financiers, des thèmes traités et des moyens de transport étudiés dans les projets encouragés. Pour plus d'informations, veuillez consulter la liste des projets sur le site Web.



## Fonds versés

L'année dernière, les trois programmes ont versé un total de 3,5 millions de francs de subventions (cercles intérieurs). La plus grande partie provient de l'innovation dans le transport public de voyageurs (44%) et de la Stratégie énergétique des transports publics 2050 (40%). Sur l'ensemble de leur durée, les trois programmes ont investi 35,5 millions de francs dans la recherche et l'innovation (cercles extérieurs).

Il faut tenir compte du fait que le volume d'investissement déclenché par ces programmes est nettement plus important que les montants versés.

En effet, en règle générale, le montant de la subvention représente 40% du budget du projet, le reste étant financé par les requérants eux-mêmes par le biais de prestations propres et de mandats de tiers. Si nécessaire, l'OFT lance des appels d'offres pour des mandats de recherche et les finance intégralement. C'est le cas dans la «Recherche sur les infrastructures ferroviaires» et dans le programme «Stratégie énergétique des transports publics 2050»; les montants correspondants sont inférieurs à 10% des fonds versés.



PROGRAMME  
**Innovation dans le transport  
 public de voyageurs**

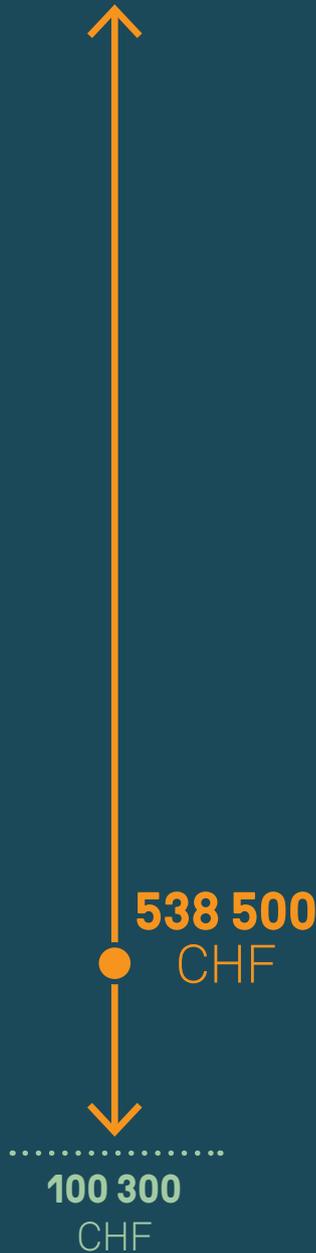
**3,3**  
 mio CHF

PROGRAMME  
**SETP 2050**

**2,0**  
 mio CHF

PROGRAMME  
**Recherche sur  
 les infrastructures ferroviaires**

**0,6**  
 mio CHF



montant le plus haut

montant le plus bas    montant médian

**Fourchette des contributions accordées**

Dans les trois programmes, les contributions aux requêtes et aux mandats de recherche couvrent un large éventail. Cela reflète la conviction de l'OFT que même les petits projets peuvent apporter une contribution précieuse à la recherche et à l'innovation. À l'inverse, l'OFT veut encourager la recherche et l'innovation par des contributions appropriées pour permettre la réalisation de

projets de grande envergure lorsqu'ils traitent de sujets nécessitant une action importante. Dans tous les cas, l'OFT met l'accent sur la qualité de la requête et du projet proposé. C'est pourquoi il fait appel de manière ciblée à des experts reconnus pour l'examen des requêtes.

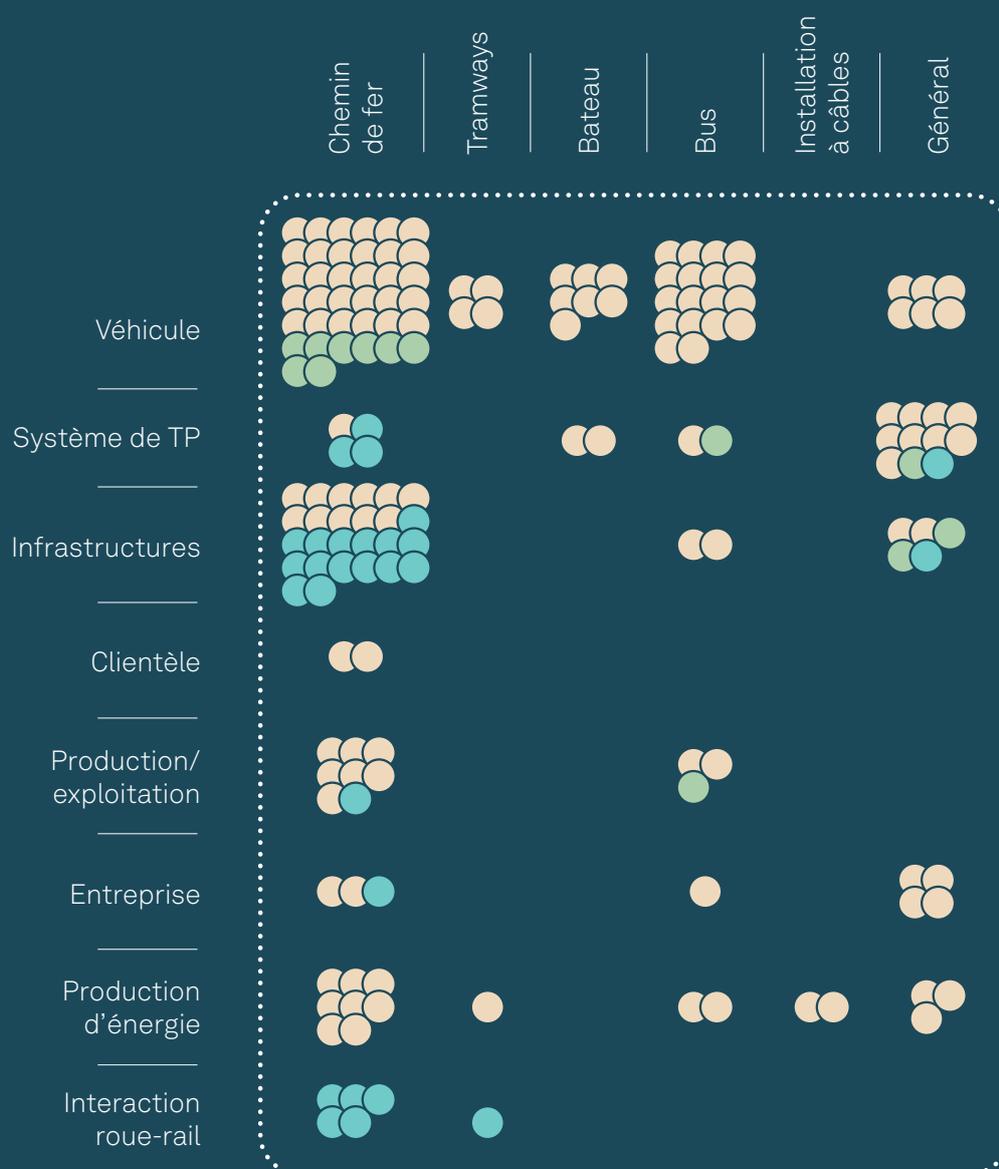
## Moyens de transport et domaines thématiques

Au total, 174 projets ont été financés par l'un des trois programmes. Le programme «Stratégie énergétique des transports publics 2050», le plus ancien des trois, en compte 134, tandis que 27 projets de recherche sur les infrastructures ferroviaires et 13 du domaine de l'innovation dans le transport public de voyageurs ont été encouragés.

Les projets encouragés couvrent un large éventail de sujets. Le secteur des véhicules est le plus important en termes de nombre et de financement, puisque près des deux tiers des subventions versées jusqu'à présent lui ont été consacrés. Cependant, les travaux qui traitent de l'infrastructure ou du système de transport public sont également de plus en plus représentés. Ils proviennent pour la plupart des programmes «Innovation dans le transport public de voyageurs» et «Recherche sur les infrastructures

ferroviaires» et ont tendance à être plus vastes que les projets sur les véhicules.

Si l'on compare les différents modes de transport, le chemin de fer est de loin le plus représenté. Cela se justifie par le fait qu'il s'agit du secteur le plus important des TP, tant en termes de prestations de transport que de dépenses publiques. Le transport public routier arrive en deuxième position, avec un nombre croissant de projets de conversion de bus à des carburants non fossiles ces dernières années. En ce qui concerne les installations de transport à câbles, seuls trois projets ont pu être encouragés, bien qu'il soit possible de demander un soutien aussi bien pour des innovations dans le transport public de voyageurs que pour des mesures énergétiques.



- Projets dans le programme «Recherche sur les infrastructures ferroviaires»
- Projets dans le programme «Stratégie énergétique des transports publics 2050»
- Projets dans le programme «Innovation dans le transport public de voyageurs»

# Encouragement de la recherche et de l'innovation à l'OFT

Avec ses trois programmes, l'OFT met l'accent sur l'infrastructure ferroviaire, le transport public de voyageurs et l'énergie. Son engagement en faveur de la recherche et de l'innovation ne s'arrête pas là. En outre, la recherche sur le bruit ferroviaire et l'innovation dans le fret ferroviaire sont encouragées par le biais d'instruments spécifiques. Dans le domaine de l'infrastructure ferroviaire, les innovations des exploitants peuvent être encouragées par le biais de conventions sur les prestations.

Plus d'informations sur le programme sous ce lien :



## Recherche sur les infrastructures ferroviaires

Le Fonds d'infrastructure ferroviaire (FIF) a été créé par décision populaire pour financer durablement l'exploitation et l'entretien, la modernisation et l'aménagement de l'infrastructure ferroviaire. L'OFT peut également l'utiliser pour encourager des projets de recherche dans ce domaine. Il s'agit en premier lieu de projets qui contribuent à préserver la valeur de l'infrastructure et à en assurer une exploitation efficace et sûre.

Plus d'informations sur le programme sous ce lien :



## Innovation dans l'infrastructure ferroviaire

Dans le cadre des conventions sur les prestations conclues avec les gestionnaires d'infrastructure, l'innovation peut être encouragée dans la mesure où elle sert à l'exploitation ou au maintien de la qualité de l'infrastructure ferroviaire. Cela inclut l'adaptation à l'état de la technique et aux exigences du trafic. C'est la mise en œuvre de nouvelles solutions basées sur la recherche qui est financée, et non la recherche elle-même. En ce sens, le financement vise à promouvoir des projets innovants basés sur les résultats de la recherche.

Plus d'informations  
sur le programme  
sous ce lien :



## Stratégie énergétique des transports publics 2050

Malgré leurs avantages par rapport au transport individuel motorisé et au fret routier, les TP doivent eux aussi contribuer à la réalisation des objectifs énergétiques et climatiques de la Suisse. C'est pourquoi, sur la base d'un arrêté fédéral, le programme encourage les mesures innovantes du secteur et les projets de recherche visant à améliorer l'efficacité énergétique, à produire des énergies renouvelables et à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de tous les moyens de transport public.

Plus d'informations  
sur le programme  
sous ce lien :



## Innovation dans le transport public de voyageurs

Le programme a pour objectif de promouvoir des solutions innovantes dans le transport public des voyageurs et d'aider ainsi les entreprises de transport à répondre aux défis de demain. En vertu de la loi sur le transport de voyageurs, la Confédération peut mettre 5 millions de francs par an à la disposition du secteur par le biais de ce programme. Les thèmes prioritaires sont la technique des véhicules et les installations liées aux véhicules, l'exploitation et la maintenance, la tarification, la billetterie et l'expérience client.

Plus d'informations  
sur le programme  
sous ce lien :



## Recherche sur le bruit ferroviaire

La recherche sur le bruit ferroviaire complète la deuxième étape de l'assainissement acoustique du réseau. En vertu de la loi sur la réduction du bruit émis par les chemins de fer révisée en 2013, la Confédération finance, à hauteur de 25 millions de francs, des projets de recherche visant à réduire les émissions sonores par des mesures sur les véhicules ferroviaires ou sur l'infrastructure. Le programme est géré par l'OFEV en étroite coordination avec l'OFT.

Plus d'informations  
sur le programme  
sous ce lien :



## Nouveautés techniques dans le fret ferroviaire

Le perfectionnement du fret ferroviaire suisse passe par des innovations majeures. L'OFT soutient les innovations techniques par des contributions d'investissement des acteurs du transport ferroviaire de marchandises, notamment pour l'utilisation de l'attelage automatique numérique et de l'essai de freinage automatique.

# Participation

## Qui peut participer ?

Les trois programmes « Recherche sur les infrastructures ferroviaires », « Stratégie énergétique des transports publics 2050 » et « Innovation dans le transport public de voyageurs » s'adressent aux entreprises de transport (ET), aux hautes écoles et à l'industrie. Les projets collectifs sont les bienvenus. Les partenariats dans lesquels les ET collaborent et utilisent les résultats sont particulièrement intéressants. Des dispositions spéciales s'appliquent à la recherche sur le bruit ferroviaire et aux innovations techniques dans le fret ferroviaire (pour plus d'informations, voir les références à la page précédente).

## Quel est le montant de la subvention ?

En règle générale, l'OFT participe jusqu'à 40 % des coûts attestés du projet (SETP 2050 : 50 %). Selon la situation, des contributions plus faibles ou plus élevées sont possibles, voire un financement complet. Dans tous les cas, les conditions de la loi sur les subventions doivent être respectées. Les contributions propres des partenaires du projet peuvent être prises en compte.

## Quelles sont les conditions à remplir par les projets en termes de contenu ?

Recherche sur les infrastructures ferroviaires : les projets soumis doivent présenter un lien suffisant avec les objectifs du FIF et pouvoir être rattachés à au moins un des thèmes prioritaires du programme de recherche actuel sur l'infrastructure ferroviaire (voir site Web).

Stratégie énergétique des transports publics 2050 : en principe, les projets qui apportent une contribution innovante à l'amélioration de l'efficacité énergétique ou à l'utilisation d'énergies renouvelables dans les TP sont acceptés.

Innovation dans le transport public de voyageurs : les projets doivent remplir cumulativement quatre critères : 1. la solution ne doit pas déjà être disponible ou testée dans les transports publics suisses. 2. le projet concerne en grande partie le transport public de voyageurs (TPV). 3. les risques sont gérables. 4. La solution offre des avantages significatifs aux utilisateurs et/ou aux ET du TPV.

## Quels sont les projets qui ne conviennent pas ?

Recherche sur les infrastructures ferroviaires : les projets qui n'ont pas de lien direct avec l'infrastructure ferroviaire ne peuvent pas être pris en compte.

Stratégie énergétique des transports publics 2050 : l'OFT ne soutient pas les projets de recherche fondamentale,

les projets-pilotes et de démonstration ni les équipements de série.

Innovation dans le transport public de voyageurs : le programme d'innovation soutient principalement des projets-pilotes et de démonstration, des tests sur le terrain et des analyses. Selon les cas, des projets de développement expérimental peuvent également être encouragés. Les projets qui n'entrent pas dans ces catégories ne sont pas financés par l'OFT.

## Comment et quand peut-on postuler ?

Recherche sur les infrastructures ferroviaires : les demandes peuvent être soumises au moyen du formulaire de demande Recherche sur les infrastructures ferroviaires.

Stratégie énergétique des transports publics 2050 : envoyez une manifestation d'intérêt pour votre projet. Les dates limites sont le 31 janvier et le 30 juin.

Innovation dans le transport public de voyageurs : les demandes peuvent être soumises en continu à l'aide du formulaire de demande Innovation dans le transport de voyageurs.

## Quels sont les autres points à prendre en compte ?

Afin d'utiliser le plus efficacement possible les ressources financières des programmes, l'OFT est favorable aux projets collaboratifs. Les formes suivantes sont envisageables :

- Les communautés de travail (p. ex. sous forme d'une coopération entre plusieurs ET ou entre ET, l'industrie et/ou des hautes écoles)
- Études de suivi (p. ex. approfondissement de problématiques qui n'ont pas pu être étudiées de manière exhaustive dans un projet précédent)
- Études en partenariat (traitement de différents aspects du même sujet dans différents projets)
- Méta-études (p. ex. évaluation des travaux antérieurs sur un sujet donné)

## Où trouver plus d'informations ?

Vous trouverez le dossier de candidature et d'autres informations sur l'appel à candidatures sur [www.bav.admin.ch/recherches](http://www.bav.admin.ch/recherches), à la rubrique du programme concerné. Pour un accès facile, utilisez les codes QR à côté des programmes décrits.

## **IMPRESSUM**

### **Éditeur**

Office fédéral des transports (OFT)  
CH-3003 Berne  
Mai 2025  
[forschung@bav.admin.ch](mailto:forschung@bav.admin.ch)  
[www.bav.admin.ch/recherches](http://www.bav.admin.ch/recherches)

### **Groupe de pilotage**

Mélanie Attinger, OFT  
Stephan Husen, OFT  
Christophe Le Borgne, OFT  
Markus Liechti, OFT  
Philipp Mosca, OFT  
Stany Rochat, OFT

### **Direction de projet et rédaction**

Rémy Chrétien, Federas Beratung AG

### **Conception et mise en page**

moxi ltd., Biel/Bienne

### **Crédit photos**

Portraits de personnes: Mark Balsiger, Albin Gehrig, Thao Nhi La, Nils Sandmeier  
Photos des projets mises à disposition par ACTS, CFF, Frey Stans, Getzner, HES-SO, HSLU / EPFZ, Hupac, OFT, SIKA, SMC, SOB, TU Berlin, VBZ  
Page de couverture: Schiffahrtsgesellschaft Vierwaldstättersee (SGV)/ [rogergreutter.com](http://rogergreutter.com)

Des exemplaires supplémentaires de cette brochure peuvent être commandés gratuitement auprès de l'éditeur.

### **Sprachversionen**

Diese Publikation ist auch in deutscher Sprache verfügbar.

**Office fédéral des transports (OFT)**  
CH-3003 Berne

[forschung@bav.admin.ch](mailto:forschung@bav.admin.ch)  
[www.bav.admin.ch/recherches](http://www.bav.admin.ch/recherches)