



SBB CFF FFS

# Mieux comprendre la voie ferrée.

Parcours au fil des rails.





# La vie des chemins de fer, vue de l'intérieur.

Le réseau ferroviaire suisse accueille quotidiennement, le long de ses quelque 3265 km de voies, plus d'un million de voyageurs répartis dans 11'000 trains. Une utilisation importante qui nécessite de nombreux contrôles, vérifications et interventions de la part des CFF. Le rail est un compagnon de l'histoire humaine ; il est aujourd'hui un acteur essentiel du développement. Moyen écologique et efficace de transporter les personnes et les marchandises, il assure en Suisse un rôle toujours primordial.

Les CFF, ce sont aussi des femmes et des hommes qui s'engagent au quotidien, sur le terrain, pour préserver, entretenir, réparer et sécuriser des installations ferroviaires soumises à de rudes épreuves.

Par cette brochure nous souhaitons vous faire entrer dans notre univers et vous apporter des éléments d'information sur notre travail.

Bon cheminement, au fil des rails !

# Il était une fois le rail.

L'idée de faire circuler des charges lourdes sur des rails remonte à la nuit des temps !

Au Moyen Âge déjà on constate que les charrettes de produits lourds sont plus faciles à acheminer lorsqu'elles roulent sur des rails. Les véhicules sont alors tirés par des chevaux sur des voies en bois qui seront, au 19<sup>e</sup> siècle, remplacées par des rails en acier.

L'acier continue aujourd'hui d'être le matériau privilégié pour la fabrication des rails, en raison de sa grande solidité. Pourtant, il présente un défaut : il s'allonge et se rétrécit en fonction de la température. Les ingénieurs ferroviaires ont ainsi dû développer des moyens de dompter ce phénomène.

## La neutralisation

Mise en place au moment de souder les rails entre eux, cette méthode implique le maintien des rails à une température moyenne de 25°C (en ce qui concerne la Suisse). Refroidis en été et chauffés en hiver, les rails sont ainsi préparés à supporter des écarts importants de température.

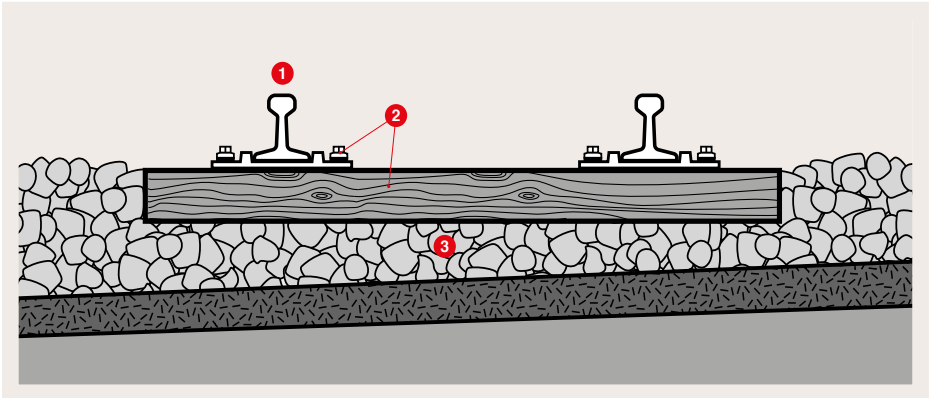
## Le ballast

Lit de pierres amené à supporter le poids et la vitesse des convois, le ballast a également pour rôle de résister aux forces de l'acier qui cherche à se dilater ou à se contracter.



# Qu'est-ce qu'une voie ferrée ?

La voie ferrée se compose de rails, mais aussi de traverses, d'attaches et du ballast. Ces éléments, qui remplissent chacun un rôle précis, constituent la superstructure de la voie ferrée.



## La superstructure.

### 1 Rails

Les rails supportent le poids du train et le guident. Ils sont fabriqués par laminage : on presse de l'acier en fusion pour lui donner la forme voulue, comme on le fait pour fabriquer des pâtes.

### 2 Traverses et attaches

Les traverses maintiennent le bon écartement entre les deux rails tout le long de la voie. Elles peuvent être fabriquées en bois, en béton ou en acier. Elles servent également à transférer au ballast la pression exercée par le poids du train.

Les rails sont fixés aux traverses par les attaches.

### 3 Ballast

Les pierres concassées sur lesquelles sont posées les traverses constituent le ballast. Son rôle est de maintenir la voie ferrée en place en résistant aux efforts gigantesques générés par les rails et traverses lors des variations de température. Il permet également de transmettre au sol la force exercée par le poids du train.

# L'infrastructure et la superstructure : les deux couches d'une voie ferrée.

Pour faire rouler un train, il faut bien plus que des rails ! Outre la superstructure, une voie ferrée repose sur une infrastructure.

## L'infrastructure

Située en dessous du ballast, « l'infrastructure des voies » **1** est une couche imperméable posée sur un lit compact d'agrégat. Elle remplit plusieurs fonctions. Elle sert à :

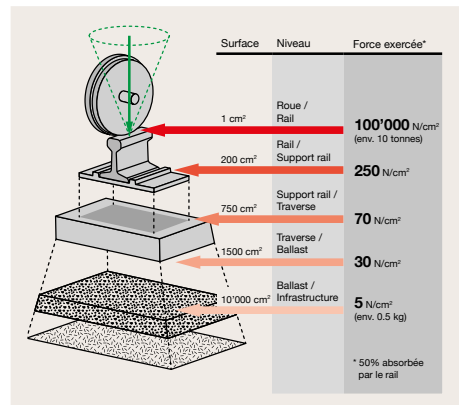
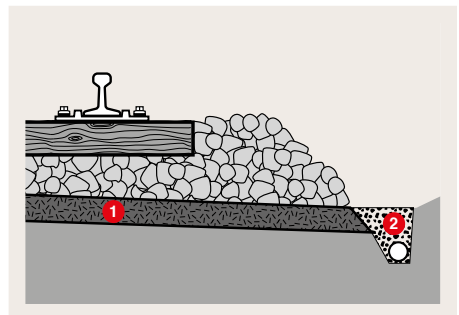
- absorber la charge exercée par les trains à travers le ballast ;
- créer une surface imperméable pour éviter l'infiltration d'eau, ce qui affaiblirait les fondations ;
- empêcher les particules fines du sol de remonter dans le ballast, ce qui lui enlèverait sa souplesse.

L'infrastructure est légèrement inclinée pour permettre un bon écoulement de l'eau. Elle est en outre complétée d'un système de drainage, posé tout le long des voies, qui permet aussi d'évacuer l'eau recueillie. **2**

## Pourquoi une telle superposition de structures ?

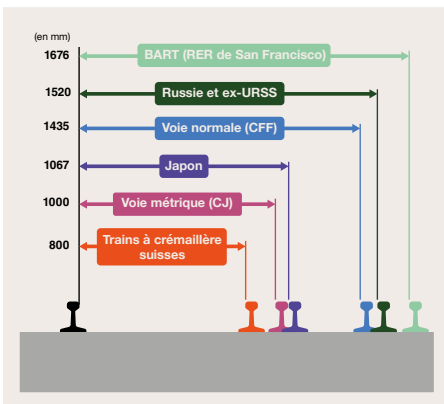
Les différents éléments de la superstructure et de l'infrastructure permettent de diminuer la pression exercée au sol, sous l'effet du poids des convois.

La superposition des structures permet ainsi de répartir et d'amortir le poids exercé au sol.



# Du petit au grand écart.

Les chemins de fer ne se sont pas développés de manière unifiée dans le monde. C'est pourquoi l'écartement mesuré entre les rails peut fortement varier selon le pays ou la compagnie.



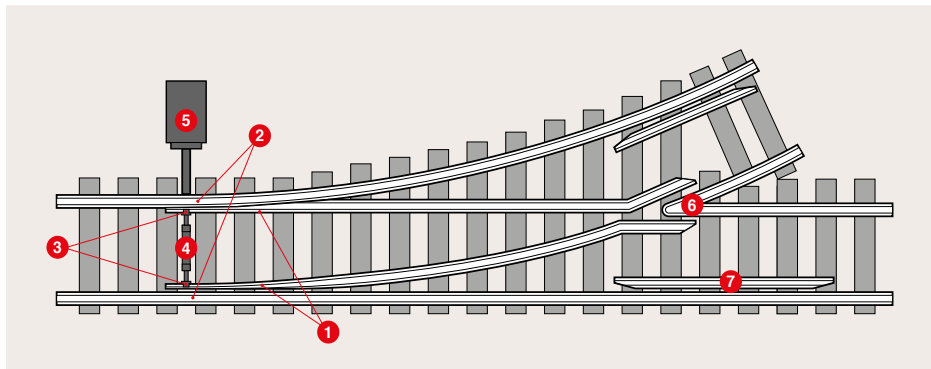
## L'écartement des voies

L'écartement le plus répandu dans le monde (60 % des chemins de fer) est de 1435 mm. C'est celui que l'on qualifie de « normal ». Un écartement supérieur est appelé voie large et un écartement inférieur, voie étroite.

Aujourd'hui encore, des écartements différents sont utilisés au sein d'un même pays. En Suisse, si les CFF utilisent des voies normales, beaucoup de compagnies régionales continuent de rouler sur des voies métriques (écartement de 1000 mm), alors que certains trains à crémaillère circulent sur des voies de 800 mm. Plus adaptées aux tracés sinueux et permettant d'épouser plus facilement le terrain, les voies métriques et autres voies étroites sont répandues en Suisse.

# Sur la bonne voie grâce aux aiguillages.

Un ingénieux mécanisme a été mis en place pour permettre à un train de bifurquer d'une voie à une autre malgré la rigidité des rails : l'aiguillage, aussi appelé « appareil de voie » aux CFF.



## Les aiguillages

- 1 **L'aiguille** ou **lame** est l'élément le plus important d'un aiguillage : c'est la partie flexible qui vient se plaquer contre le rail de la voie directe pour dévier le train sur une autre voie.
- 2 **La contre-aiguille** est la partie fixe du rail, sur laquelle l'aiguille vient buter.
- 3 **Le verrou** ou **griffe d'aiguille** maintient l'aiguille en place dans la position ouverte ou fermée.
- 4 **La tringle** est la tige qui actionne l'aiguillage et qui maintient le bon écartement entre les aiguilles.
- 5 **Le moteur d'actionnement** fait bouger la tringle et les aiguilles.

- 6 **Le cœur de croisement** est la partie où les rails se croisent.
- 7 **Le contre-rail** sert à guider et à assurer l'essieu durant le franchissement du croisement.

## Fonctionnement

Actuellement sur le réseau suisse, les aiguillages sont actionnés à distance de manière automatique grâce à des moteurs électriques situés sur les voies de circulation. Si certains aiguillages manuels subsistent, ils se trouvent sur des voies de garage peu utilisées et restent verrouillés en position non dangereuse. Les aiguilles quant à elles sont dotées d'un système de chauffage pour ne pas geler en hiver.



# Une voie ferrée bien surveillée.

Le travail d'entretien commence par la surveillance continue de la voie ferrée et l'identification des signes d'usure. Le réseau est ainsi intégralement contrôlé chaque année par une machine et par une patrouille d'inspecteurs des voies. Ces mesures permettent d'assurer la fiabilité des infrastructures, d'identifier les besoins d'entretien et de planifier les interventions.

## Les mesures automatisées

Un véhicule de diagnostic automoteur parcourt toutes les lignes principales à haute vitesse du réseau CFF. Il prend des photos des rails, en analyse l'état au moyen d'ultrasons et inspecte la position de la voie par rapport à sa position « théorique ». Des algorithmes d'analyse traitent immédiatement les données et recherchent les écarts par rapport aux valeurs de référence. Les ingénieurs de mesure à bord du véhicule signalent ensuite les tronçons où des réparations sont nécessaires. L'état de la ligne de contact (fournissant le courant électrique) est également évalué en parallèle. Si les systèmes optiques et les ordinateurs embarqués sont très performants, la vision de l'homme et sa capacité de réflexion sont un complément irremplaçable au travail des machines !

## L'inspection manuelle

Des inspecteurs de ligne, les « rondeurs », parcourent à pied les installations pour

déceler des défauts qui pourraient survenir ou qui auraient été omis par les appareils de mesure. Les voies principales sont parcourues chaque deux semaines et les voies secondaires chaque quatre semaines par un total de 60 inspecteurs spécialisés qui transmettent immédiatement les défauts constatés grâce à une application dédiée sur une tablette. Cette inspection permet d'assurer une surveillance constante et de détecter les problèmes aux abords des voies que les véhicules de diagnostic automatique ne peuvent pas voir.



# Entretien et renouvellement de la voie.

L'entretien et la réfection des voies sont des aspects indispensables à la sécurité et au confort des voyageurs. Inévitables, ces travaux s'effectuent par moyens ferroviaires le plus souvent, et par moyens génie civil lorsque c'est possible.

## Travaux par moyens ferroviaires

Pour ne pas interrompre l'exploitation d'une ligne, les travaux doivent souvent être effectués de nuit à l'aide de trains de chantier spéciaux, ce qui permet de ne pas interrompre le trafic voyageurs. Différents trains de chantier interviennent en fonction des travaux à effectuer :

- Train de renouvellement complet de la superstructure et de l'infrastructure (1.)
- Grue ferroviaire pour la pose de voies et d'appareils de voie (2.)
- Train de soudage (3.)
- Pose de nouveaux rails par le train « Silad » (4.)

Ces équipements sont reliés entre eux en convois, ce qui permet de travailler à la chaîne. Par exemple, la dégarnisseuse-cribleuse enlève le ballast, la régaleuse répartit le nouveau ballast, puis le train de substitution remplace les traverses et la bourreuse compacte le ballast et donne sa géométrie à la voie. Le soudage des rails et la substitution des rails peuvent également être effectués de manière automatisée.

## Travaux par moyens génie civil

Quand les conditions d'exploitation et d'accès le permettent, la ligne est interrompue et des moyens de génie civil classiques sont mis en œuvre. Cette méthode permet de réaliser les travaux de remplacement du ballast, de l'infrastructure et du drainage de jour et sans interruption du travail. Les interventions s'apparentent à celles pratiquées pour des chantiers routiers :

- Création d'un système de drainage (5.)
- Excavation et pose de la couche d'infrastructure (6.)
- Pose de la couche d'étanchéité bitumineuse à l'aide d'une finisseuse (7.)
- Remplacement du ballast à l'aide d'une pelle mécanique (8.)

L'avantage d'une intervention génie civil réside dans la plus grande flexibilité de travail permettant de réfectionner tout un tronçon de manière homogène à moindre coût. Les travaux de pose et de dépose de la voie s'effectuent toujours par moyens ferroviaires.



1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.

# Le cycle de vie d'une voie ferrée.

La vie d'une voie ferrée dépend de son utilisation. Mesurée par sa charge ferroviaire, l'utilisation et la fréquentation d'une voie déterminent sa durée de vie.

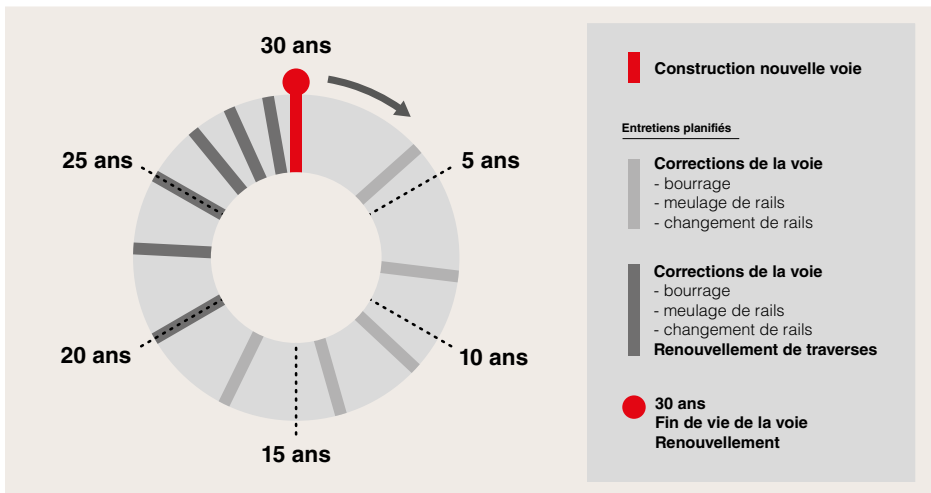
## L'usure des voies ferrées

Une voie très fréquentée sur laquelle passent de nombreux convois de marchandises et des trains à grande vitesse aura une durée de vie plus courte que la voie d'une petite ligne régionale où ne circulent que quelques trains légers par heure. Les vibrations, la pression des rails ainsi que le poids des convois ont en effet un impact sur le lit de ballast. Ce dernier doit ainsi être compacté tous les 5 à 6 ans, au moyen d'une « bourreuse ». Cette méthode permet d'allonger la durée de vie de la superstructure qui, malgré l'entretien, les réparations et le remplacement de

certains éléments, doit quand même être intégralement remplacée tous les 30 à 50 ans.

## Allongement de la durée de vie du réseau

Entretenir le réseau et le garder sous surveillance permet d'allonger la durée de vie des voies ferrées et fait baisser les coûts de maintenance du réseau. Les ressources investies évitent en effet les réparations non planifiées qui engendreraient des coûts plus élevés et occasionneraient une gêne pour le trafic.



# Installations électriques et installations de sécurité.



1.

## Les installations électriques

En Suisse, tous les trains circulent grâce à l'électricité. Le courant qui permet de faire avancer les convois est acheminé par un câble qui constitue la ligne de contact (1.). Cette dernière doit en permanence être parfaitement fiable. En effet, tout défaut sur la ligne de contact entraînerait des perturbations du trafic. Les équipements qui acheminent en continu du courant électrique font donc l'objet d'une attention aussi grande que celle portée au matériel roulant et aux voies ferrées.

## Les installations de sécurité

Les installations de sécurité permettent de gérer de façon automatisée la circulation des trains et limitent les risques de défaillance humaine. La bifurcation à gauche ou à droite du train, ou « alternatives de direction », est guidée



2.

par des aiguilles enclenchées automatiquement. La densité du trafic rendrait en effet compliquée et dangereuse une gestion manuelle et individuelle des embranchements.

Egalement automatiques et intégrés dans le circuit de sécurité, des signaux dictent les départs, les arrêts et la vitesse de circulation des convois. En plus de contrôles stricts qui déterminent le passage au vert des signaux, des balises de détection sont placées sur les voies pour forcer l'arrêt du train ou son ralentissement dans le cas où le conducteur ne respecterait pas les signaux. Le lieu où s'effectue l'enchaînement de ces contacts électriques se nomme un poste enclenchement (2.). Les enclenchements constituent donc le « cerveau » des installations de sécurité.

# L'environnement.

Chaque chantier entrepris par les CFF a inévitablement un impact sur l'environnement naturel et humain. Afin de maîtriser et de réduire au mieux cet impact, les CFF prennent des mesures.

## **Gestion des eaux usées**

Pour protéger les eaux lors d'un chantier, un système d'évacuation et de traitement est mis en place et des contrôles sont régulièrement effectués. Des bassins de décantation et de filtration sont également installés afin d'assurer une bonne qualité des eaux usées avant leur rejet dans les canalisations.

## **Autres mesures**

Les machines peuvent être équipées de filtres à particules pour minimiser la pollution de l'air. Les déchets générés sont triés et valorisés, ou évacués dans des décharges agréées. Les arbres et arbustes abattus pour les besoins du chantier sont quant à eux systématiquement replantés.

## **Gestion des désagréments**

Pour limiter les désagréments générés par le bruit des chantiers à proximité de zones résidentielles, le travail de nuit se limite au strict minimum.

## **Assurer la continuité des milieux écologiques**

La voie ferrée coupe en deux des milieux écologiques, comme des rivières ou des zones forestières, et devient pour la faune une zone infranchissable. Pour assurer la continuité écologique de ces milieux, les CFF étudient au cas par cas la possibilité de créer des îlots d'accueil entre les voies.

Les crapauds représentent un cas pratique de protection de la faune. Il s'agit d'un dispositif de tuyaux qui passent sous les voies de chemin de fer situées dans les zones de passage des amphibiens. Il canalise ainsi leur déplacement et leur évite les dangers liés à la traversée des voies en surface. La réalisation de crapauds est nécessaire dans certains endroits précis afin de permettre la migration printanière des batraciens.

# Les CFF en chiffres.

11'338 trains  
circulent chaque  
jour sur les  
3265 km  
du réseau.

480'000 km  
sont parcourus  
quotidiennement  
par ces derniers,  
soit 12 fois le tour  
du monde!

1'160'000  
passagers et  
180'000 tonnes  
de marchandises  
sont transportés  
par jour.

## Installations de sécurité

496 enclenchements  
commandent plus de  
70'000 éléments, dont :

36'382

signaux

21'506

circuits de voie

7533

tronçons compteurs  
d'essieux

13'000

aiguilles

1126

passages à niveau

## Matériel roulant

L'ensemble du matériel  
roulant comprend :

640

rames automotrices

598

locomotives de ligne

216

locomotives de manœuvre

2090

voitures de passagers

4955

wagons de marchandises

## Infrastructure

L'infrastructure englobe  
notamment :

310

tunnels

4937

ponts-rails

806

gares et haltes voyageurs

