

Entretien des voies ferroviaires

1. Généralités

Les différentes parties constitutives de la superstructure de la voie qui se trouve assez souvent dans des conditions géologiques et climatiques difficiles (agressivités de site, intempéries ou à l'influence d'une atmosphère plus ou moins corrosive), subissent des phénomènes d'usure ou de déformation dus à la circulation du matériel roulant, qui exerce des sollicitations statique et dynamique très importante.

Des efforts continus doivent être déployés afin de maintenir en bon état de fonctionnement les lignes de chemins de fer.

Les opérations d'entretien s'exercent essentiellement dans le cadre du maintien de la qualité géométrique de la voie ferrée, ainsi que de l'état du matériel et des matériaux, y compris la réparation ou le remplacement localisé de matériaux usés ou avariés.

Le remplacement de l'ensemble ou de certaines catégories de matériaux constitutifs de la voie ferrée est effectué au cours des opérations de renouvellement.

L'ensemble des opérations d'entretien et de renouvellement constitue la maintenance de la voie ferrée.

D'une façon générale l'entretien de la voie proprement dite comprend trois rubriques principales :

- l'entretien courant dont le but, est le maintien de la voie correspondant au service qu'il doit rendre sous le double aspect de la sécurité et du confort.
- Les renouvellements caractérisés par le remplacement systématique des éléments de la voie lorsque l'usure ou le vieillissement est tel que l'entretien courant se révèle impuissant.
- Les grosses réparations comportant des opérations non cycliques de substitutions ou des régénérations systématiques des différents éléments de la voie.

2. Entretien des voies ferroviaires :

La voie ferrée est souvent exposée à l'action d'un ensemble de facteurs aussi destructif les uns que les autres, tels que les agents atmosphériques comme l'humidité, le gel, la neige etc, ainsi elle peut subir des déformations d'ensemble sous l'effet d'autres actions extérieures qui agissent sur l'infrastructure ferroviaire, telle que le trafic, l'instabilité du sol, la densité des trains leurs vitesses et la charge supportée.

L'action de l'ensemble de ces agents est la principale cause de la détérioration de la voie ferrée.

L'entretien ferroviaire est défini comme étant l'ensemble des opérations de renouvellement et de mise à niveau destinées à conserver l'état de la voie ferroviaire, c-à-d assurer une qualité optimale de la superstructure et de sa géométrie, ainsi que la sécurité et le confort des voyageurs.

L'opération de maintenance est conduite par les paramètres suivant :

- La nature du trafic (charge à l'essieu, vitesse..).
- La qualité géométrique de la voie.
- Le cout de maintenance nécessaire pour assurer cette qualité.

Afin de mettre en œuvre de façon rationnelle cette politique de maintenance, il demeure important de :

- Bien déterminer les paramètres causant la dégradation de la voie.
- Distinguer les zones selon les fréquences des interventions nécessaires sur nivellement.
- Analyser les problèmes de plateforme sous l'aspect géotechnique.

3. Origines des dégradations ferroviaires :

3.1.Rails : Différents types d'usures.

3.2.Systèmes d'attaches : Ruptures, fatigue du métal, élasticité.

3.3.Traverses : Support, rigidité.

3.4.Ballast : Granulométrie, pollution.

3.5.Plateforme : Tassement ou autres désordres de l'infrastructure.

4. Politique de maintenance ferroviaire :

Afin de pouvoir assurer à la fois :

- La sécurité de circulation.
- Le maintien de niveau de service.
- La pérennité de l'infrastructure.

Le responsable de l'infrastructure doit mettre en place une politique de maintenance de son infrastructure. La première action de maintenance est la surveillance, elle peut être visuelle puis complétée si nécessaire par des investigations approfondies (sondages, essais, contrôle permanent...etc). Cette surveillance permet de mieux connaître l'état réel de l'infrastructure, et de bien détecter toutes éventuelles dégradations afin de pouvoir intervenir à temps.

5. Nature de maintenance ferroviaire :

Les dépenses d'entretien de la voie jouent un rôle considérable dans le bilan global de l'exploitation d'un réseau ferroviaire. L'entretien de la voie proprement dite comprend trois rubriques principales :

- L'entretien courant dont le but est le maintien de la voie correspondant au service qu'elle doit rendre sous le double aspect de la sécurité et du confort
- Les renouvellements caractérisés par le remplacement systématique des éléments de la voie lorsque l'usure ou le vieillissement est tel que l'entretien courant se révèle sans effet.
- Les grosses réparations comportant des opérations non cycliques de substitutions ou des régénérations systématiques intéressant les différents éléments de la voie.

5.1. Évolution de la maintenance ferroviaire :

Les révisions sont cycliques :

- La révision intégrale se fait à intervalles réguliers et consiste à remettre complètement en état des tronçons de ligne.
- La révision réduite se limite à reprendre les défauts qui ne peuvent être tolérés jusqu'à la révision générale.

On exécute également tous les ans un certain nombre de contrôle de l'état des voies et d'opérations systématiques sur programme (désherbage, passage de la voiture d'auscultation des rails, meulage par un train spécialement conçu à cet effet.

5.2. Le calendrier programme (CP)

Le calendrier programme (CP), précédé d'une étude détaillée, donne pour chaque nature de travail, le nombre d'heures à prévoir et résume la progression des chantiers d'entretien

5.3. Moyen de contrôle de l'état de la voie

La maintenance ferroviaire est subdivisée en deux familles, maintenance préventive et maintenance corrective. Le choix entre maintenance préventive et maintenance corrective se fait par choix du meilleur compromis en fonction des objectifs opérationnels (Coûts, disponibilité, sécurité, fiabilité, confort, régularité...)

5.3.1. Tournée à pied et en machine

- Les tournées à pied sont à la base d'observations réalisées au moyen de règles à dévers, règles d'écartement, canne à boule, cordeau pour le dressage
- Les tournées en machine permettent d'observer les oscillations latérales ou les défauts verticaux.

5.3.2. Etapes de maintenance ferroviaire :

- Surveillance :
- Programmation :
- Opération de maintenance :

5.3.3. Surveillance ferroviaire :

Cette opération peut s'effectuer selon les trois points suivants :

- Surveillance visuelle : Des visites et des tournées.
- Surveillance de la géométrie : Levés topographiques.
- Auscultation et essais : Investigations approfondies.

5.3.4. Surveillance visuelle :

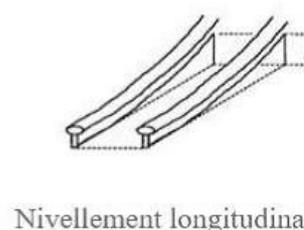
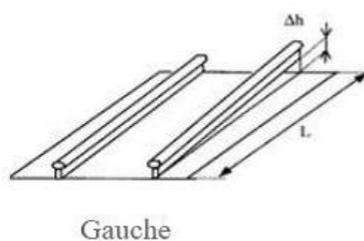
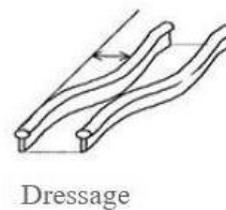
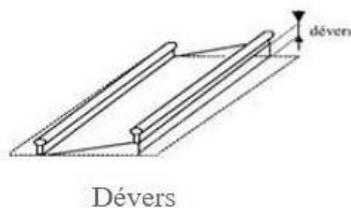
S'effectue par des tournées programmées ou spéciales, selon une cadence fixée par le responsable territorial sur tout le parcours (à pied ou sur machine), pendant les circonstances atmosphériques particulières, périodes d'intempéries, temps froid et de fortes chaleurs...etc , ayant pour objectifs :

- Inspecter l'état de la voie (usure des rails, usure des éléments des appareils de voie et de dilatation)
- Inspecter l'état des abords de la voie
- Relever les risques potentiels liés à l'environnement de la voie
- Consolider le programme de la maintenance

5.3.5. Surveillance de la géométrie :

Les paramètres caractérisent la qualité de la géométrie de la voie en altimétrie et en planimétrie, sont représentés selon les cinq indicateurs suivants :

- a. Le nivellement longitudinal et l'écartement :
- b. Le profil en long des deux files :
- c. Le dévers :
- d. Le gauche :
- e. Le dressage des deux files :



5.3.6. Auscultation et essais :

Cette démarche s'effectue par l'utilisation des moyens sophistiqués :

- Auscultation Ultrason des rails.
- Ressuage des appareils de voie.

5.3.7. Programmation :

- Etablissement du programme annuel des travaux à réaliser sur la base des prospections menées et des instructions (pour les travaux cycliques).
- Évaluation des besoins en main d'œuvre, matériel et marchés à mettre en place
- Commandes du matériel nécessaire.
- Estimation des travaux et lancement des appels d'offres.
- Actions de programmation des travaux et ordonnancement.

6. Travaux de maintenance ferroviaire :

6.1. Organisation de l'entretien :

6.1.1. La révision intégrale (RI)

On procède à la remise en état de tout le matériel :

6.1.1.1. Interventions sur les rails :

- Remplacement des rails
- Consolidation et serrage systématique des attaches
- Vérification des joints de dilatation
- Resserrage et remplacement éventuel des différents accessoires de fixation (boulons, éclisses..etc).
- Démontage des éclisses pour examen visuel des abouts des rails et remplacement éventuel.
- Mise en place de système de graissage permanent.

6.1.1.2. Interventions sur les traverses :

- Remplacements des traverses non consolidables et défectueuses.
- Resserrages et consolidations des attaches.
- Reprise des défauts d'écartement.
- Nivellement, ballastage...etc.

6.1.1.2. Interventions sur les appareils des voies :

- Remplacements des aiguillages de croisements..etc.
- Resserrage et remplacement éventuel des boulons.

6.1.1.4. Interventions sur le ballast :

- Eviter la contamination du ballast (fine, végétation) et procéder à son épuration.
- Assurer un bon drainage.
- Remplacer le ballast dégradé.

6.1.1.5. Interventions sur la plateforme :

- Amélioration de la portance de la structure d'assise (traitement aux liants hydrauliques, renforcement des plates-formes ou substitution).
- Drainages longitudinaux des plates-formes (dimensionnement correcte des ouvrages de drainage).
- Mise hors gel : protection de la plateforme contre les effets du gel.

6.2. Technique du nivellement :

La correction du nivellement est une des opérations essentielles de l'entretien ; elle était exécutée autrefois par bourrage manuel; mais elle est exécutée main tenant soit par soufflage, soit par bourrage mécanique.

6.2.1. Le bourrage manuel :

Dans cette méthode, on rétablit la régularité transversale et longitudinale de la voie en la soulevant de point en point avec des crics, et on règle le niveau des files de rails, on bourre ensuite du ballast avec une batte dans le vide ainsi crée entre le dessous des traverses et les moules, pour caler la voie dans la position désirée et I 'on continue I 'opération à l'avancement.

6.2.2. Le soufflage :

Le nivellement par soufflage repose, sur la détermination, par mesurage des défauts de la voie en place, de la quantité de gravillon dont il faut recharger les moules pour éliminer ces défauts.

6.2.3. Le bourrage mécanique :

Le bourrage est une opération mécanisée, réalisé par des paires de bourroirs encadrant les traverses qui compriment et vibrent simultanément le ballast.

6.2.4. Le désherbage :

Cette opération consiste à lutter contre l'envahissement de la plateforme et du ballast par la végétation, qui a pour but d'éviter une pollution rapide du ballast et de faciliter le travail d'entretien de la voie, par l'utilisation d'herbicides en dosage minimal, la végétation dans la voie peut être réduite par la mise en œuvre d'une couche d'asphalte sous le ballast et sur les pistes et les accotements.

6.2.5. Le désensablement :

Cette opération consiste à lutter contre l'ensablement des voies ferrées, elle peut se faire par :

- Stockage et la fixation du sable : par palissade qui constitue une barrière qui s'oppose à la force du vent en diminuant sa vitesse.
- Quadrillage : Pour fixer le sable sur de grandes surfaces, des palissades parallèles et perpendiculaires successives sont implantées.
- Fixation physico-chimique (Technique du MULCH) : Cette technique consiste à recouvrir le sable d'une couche protectrice (bitume) aussi uniforme que possible pour supprimer l'action du vent au niveau du sol.
 - Fixation biologique par des espèces végétales

6.3. Le renouvellements :

Le renouvellement complet d'une voie n'intervient que lorsque les méthodes d'entretien précédemment décrites ne sont plus à même d'assurer une qualité suffisante ou que le volume de matériaux à remplacer devient trop important, ou lorsque le vieillissement de la voie, dû à l'usure, ne permet plus d'obtenir par des méthodes normales d'entretien une résistance des éléments de structure et des qualités géométriques convenables. Les impératifs nouveaux de performance, de confort et de productivité nécessitent une évolution de la structure et de la géométrie.

Un renouvellement simultané de voie et de ballast (programme de l'ordre de 1 000 km par an sur la S.N.C.F.) comprend une série d'opérations élémentaires :

- le dégarnissage, le criblage du ballast et l'évacuation des produits de dégarnissage, par bandes transporteuses sur wagons destinés à la décharge ou jet direct au remblai,
 - La substitution de la voie nouvelle à la voie ancienne.
 - Le ballastage et le relevage de la voie.
 - Le nivellement et le dressage.

6.3.1. La substitution de la voie :

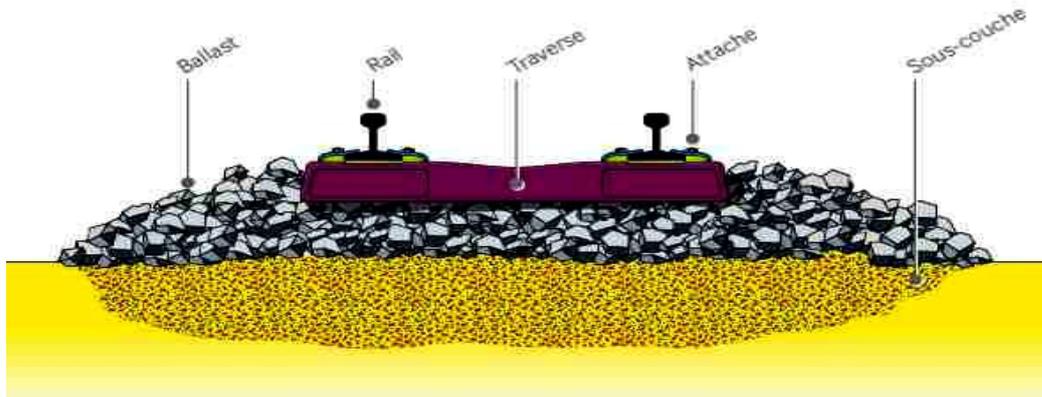
La substitution mécanisée permet le démontage et le montage mécanisé in situ avec une sécurité de chantier plus grande, tout risque d'incident étant supprimé par l'abandon de la circulation d'outillages lourds sur chemin de roulement mis en place à même le sol.

Un train de substitution se compose en général de trois parties:

- Une partie approvisionnement,
- Une partie dépose,
- Une partie pose.

6.3.2. Opération de renouvellement:

Un renouvellement de voie ferrée consiste à remplacer tous les éléments constitutifs de la voie ancienne ; ballast, traverses, rails, dispositifs de fixation des rails sur les traverses (menu matériel de voie)



Le Renouvellement Voie Ballast (RVB), effectué par une suite rapide, est un chantier mécanisé ferroviaire itinérant destiné à remplacer la voie ferrée dans son ensemble : les rails, les traverses et leurs menus matériels et le ballast. Ce type d'opération de maintenance lourde nécessite de grandes capacités techniques et des matériels à haut rendement :

- Dégarnisseuse : Elle retire et crible le ballast usagé,
- Train de pose : Il permet la pose en continu des traverses et des rails,
- Trains de travaux : Ils transportent différents éléments : ballast, rails, traverses, matériaux nécessaires au renouvellement de tout ou partie des constituants de la voie. Sur la partie chantier, ils sont tractés par des locomotives à moteur thermique,
- Bourreuses : Elles assurent la mise en place du ballast et le relevage de la voie,
- Régaleuses : Elles répartissent et profilent le ballast.
- Stabilisateur : Parfois utilisé derrière la bourreuse, il permet de stabiliser la voie.

6.3.2. Etapes de renouvellement :

- Travaux préparatoires : Travaux d'assainissement de plateformes, travaux sur les quais, travaux de remplacement ou suppression d'appareils de voie (aiguillages), approvisionnements de matériaux (platelage PN, ...)
- Déchargement de Longs Rails Soudés. Ils sont déchargés grâce à des rames spécialisées sur les bords des traverses,
- Dégarnissage : Cela permet de récupérer le vieux ballast, de le cribler. Ainsi le ballast pollué est évacué dans des tombereaux grâce à des tapis ou bandes transporteuses, une

partie criblée reste en voie pour assurer un calage de la voie dégarnie. Durant cette opération, les différents paramètres géométriques de la voie ainsi que la pente du fond de dégarnissage sont vérifiés et contrôlés car ils garantissent le vieillissement futur de la voie renouvelées. (stabilité et assainissement de plateforme),

- Substitution : C'est durant cette opération que les vieilles traverses sont remplacées par des traverses neuves en béton. Elles sont généralement de type monobloc en béton précontraint. Les vieilles traverses sont récupérées dans le train usine, chargées wagons sur elles seront ensuite évacuées pour être retraitées. C'est également durant cette opération, que le rail neuf vient prendre la place de l'ancien. Chaque file de rail ancien est ensuite positionnée en banquette pour être rechargée, c'est durant cette phase, que des équipes distribuent, le matériel de fixation. Ils fixent le rail neuf sur les nouvelles traverses.
- Déchargement de ballast : La quantité de ballast déchargée doit être suffisante pour réaliser le profil de pose prescrit après le premier relevage et bourrage mécanique lourd. Cela peut se faire par passes successives jusqu'à atteindre le niveau avant le 2^{ème} relevage.
- Le 2^{ème} relevage : Il est effectué à l'aide de bourreuses-dresseuses de 1^{er} niveau. Cette opération consiste à mettre en place la voie neuve, à hauteur définitive (0 à 2 cm) par passes de 80 mm maximum. Elle comprend la stabilisation et le régilage. La stabilisation permet d'obtenir par vibrations, à l'aide d'un stabilisateur, une assise de la voie équivalente à la circulation de 100 000 tonnes. Le régilage consiste à mettre en place le ballast à son profil définitif.
- Libération de LRS : Les variations de températures doivent avoir un effet nul sur la longueur des rails. L'ancrage des traverses dans le ballast et la fixation des rails sur les traverses s'opposent à toute dilatation et à toute contraction, mais génèrent des contraintes internes. L'opération de libération a pour but de fixer la totalité du long rail soudé à une température de référence située dans une plage moyenne (20 à 32°). Cette plage moyenne a été déterminée pour tenir compte des températures extrêmes auxquelles est soumis le rail.
- Nivellement complémentaire : Il s'agit de la passe finale de nivellement et de dressage exécutée par bourreuse-dresseuse qui permet la circulation des trains à la vitesse autorisée sur la ligne.