

er au format pdf ou txt

1 Généralité

La voie est constituée par un assemblage d'éléments d'élasticités et amortissements variables qui transmettent à la plateforme, elle-même déformable, la charge dynamique des roues.

La voie classique comporte deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des traverses reposant sur une épaisseur variable de ballast, en principe isolé de la plateforme par une sous-couche. La voie supporte des efforts verticaux, transversaux et longitudinaux.

Si ces derniers n'ont que peu d'influence sur la superstructure, les autres ont des actions déterminantes sur les éléments constitutifs.

L'interaction entre voie et véhicule nous incite à choisir un ordre de présentation quelque peu artificiel, mais qui tiendra compte de la complexité croissante des phénomènes en profitant de l'indépendance des actions correspondantes.

Les sollicitations verticales, plus accessibles par le calcul ; les sollicitations horizontales sont beaucoup plus difficiles à étudier théoriquement parce que les moments d'encastrement rails - traverses et le frottement traverses ballast n'obéissent pas à des lois élastiques, que le rail est soumis à des efforts secondaires de torsion dus à l'excentrement du point d'application des efforts, et qu'il existe un jeu entre les boudins des roues et les rails.

Les études menées dans le cadre de la circulation des trains à grande vitesse intéressent un quadruple domaine :

- la sécurité ; la fatigue des éléments constitutifs de la voie ; le confort des voyageurs ; et les nuisances sur l'environnement.

les nuisances sur l'environnement intéresse le domaine des effets de souffle au voisinage des circulations à grande vitesse et celui de la transmission des vibrations à l'extérieur du domaine ferroviaire, soit par l'air (bruit) , soit par le sol (vibrations) .

2 Efforts supportés par la voie,

La masse par essieu, la charge totale annuelle et la vitesse constituent les paramètres fondamentaux dans l'étude des efforts et de la fatigue supportés par la voie.

2.1 Masse par essieu

En fonction des caractéristiques qui leur sont propres (masse du rail, espacement des traverses), les voies sont classées en trois catégories par l'U.I.C.

- A : 16 t par essieu
- B : 18 t par essieu
- C : 20 t par essieu

Ces trois catégories sont elles-mêmes décomposées chacune en trois sous-groupes d'indices 2, 3 et 4, caractérisant la charge répartie au mètre linéaire sur les ouvrages d'art (masse totale du véhicule divisée par la longueur mesurée entre les extrémités des tampons non serrés).

- Sous-catégorie 2 = 6,4 t/m

- Sous-catégorie 2 = 6,4 t/m
- Sous-catégorie 3 = 7,2 t
- Sous-catégorie 4 = 8,0 t/m

2.2 Interactions véhicule- voie

Il existe entre voie et véhicules des interactions dynamiques très étroites puisque les véhicules exercent des efforts statiques et dynamiques sur la voie et que les imperfections de celle-ci réagissent sur la stabilité des véhicules.

Les véhicules exercent sur la voie des efforts dans trois directions : longitudinale, verticale et transversale. ·

1

- **Les efforts longitudinaux**, dus essentiellement aux accélérations et freinages sont peu importants et ne posent d'éventuels problème que sur certains ouvrages d'art. Les efforts verticaux et transversaux, beaucoup plus importants, sont de natures différentes.

-**Les efforts verticaux** La résistance de la voie aux Les efforts verticaux restent généralement dans le domaine élastique, ce qui simplifie sensiblement l'aspect mathématique des phénomènes.

- **Les efforts transversaux**, la résistance opposée par la voie aux efforts latéraux sort rapidement du domaine élastique, la voie conservant des déplacements résiduels importants dès que les efforts dépassent une limite relativement peu élevée. Ce sont donc cette fois les valeurs maximales des efforts exercés dont il faut tenir compte.

La sensible linéarité des phénomènes permet de découpler les actions des efforts verticaux et transversaux et, par conséquent, de traiter ces deux questions séparément.

2.3 Caractéristiques techniques de la voie

On caractérise l'élasticité de la voie sous charge à l'aide d'un certain nombre de paramètres.

2.3.1 Module de voie K

$$K = \frac{r}{z}$$

z étant l'enfoncement correspondant à une charge r uniformément répartie sur un rail. Ceci n'est valable que pour une petite déformation car on tombe rapidement dans le domaine des déformations permanentes, cumulatives et aléatoires, essentiellement dues à l'hétérogénéité des diverses couches du support.

2.3.2 Coefficient de réaction de traverse p

$$\rho = \frac{R}{z}$$

z étant l'enfoncement correspondant à la réaction verticale R d'une traverse par file de rail. En désignant par l la distance entre deux traverses consécutives, p peut être relié à K par la relation suivante :

$$\rho = \frac{R}{z} = R \frac{K}{r} = l r \frac{K}{r} = K l$$

Cette relation n'est qu'approximative car elle ne tient pas compte de l'action des traverses voisines.

c) Coefficient de ballaste C

$$C = \frac{\rho}{S} = \frac{R}{zS} = \frac{p}{z}$$

p étant la pression moyenne exercée sur la surface S d'appui de la traverse. En réalité C a peu d'intérêt car il est fonction de la forme de la surface de contact ; des essais américains semblent montrer que C croît rapidement avec la largeur de la traverse, mais on est vite limité dans les possibilités d'approvisionnement de traverses de grande largeur.

Voici quelques valeurs des coefficients p

- âme du rail de 5000 à 1 0000 x 1 04 N/mm
- traverses bois de 50 à 80 X 1 04 N/ mm
- traverses en béton de 1 200 à 1 500 X 1 04 N/ mm
- ballast bourré de 10 à 30 X 1 04 N/mm
- semelle caoutchouc de 10 à 20 X 1 04 N/ mm

L'élasticité du ballast augmente avec l'épaisseur, mais diminue avec l'âge et la pollution.

Sur les ouvrages d'art, on obtient 12 à 15 X 104 N/mm, c'est-à-dire que leur franchissement introduit une notable différence d'élasticité verticale.

3 Pose de la voie,

3.1.1 Longueur du rail,

3.1.1.1 Éclissage

L'éclissage permet d'assembler deux rails consécutifs. Il doit satisfaire aux quatre conditions suivantes :

- relier les rails de façon qu'ils se comportent comme une poutre continue en alignement et en nivellement,
- avoir une résistance à la déformation qui approche d'aussi près que possible celle des rails qu'il assemble,
- empêcher les mouvements verticaux ou latéraux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre, tout en permettant la dilatation,
- être aussi simple que possible et composé d'un minimum d'éléments.

3.1.1.2 Généralités sur les longs rails soudés

On appelle long rail soudé (L. R. S.) une barre dont la longueur est suffisante pour qu'un, au moins, de ses points reste fixe, quelles que soient les variations de température.

Le L. R.S. est en état de dilatation ou de contraction totalement ou partiellement contrariée, ce qui n'est possible que par suite du double frottement entre rail et traverse et entre traverse et ballast. Si le frottement traverse/ballast a toujours été assuré de façon correcte, il n'en est pas de même pour le frottement rail/traverse dans le cas des attaches classiques rigides par tirefonds ou crampons. C'est pourquoi les L.R.S. n'ont pu se développer qu'après la mise au point de dispositifs d'attaches assurant un effort de serrage suffisant et constant dans le temps. Ce n'est qu'avec les attaches doublement élastiques que le problème a pu être résolu de façon satisfaisante. Il fallait, en outre, pouvoir souder les rails de façon correcte.

Enfin, la pose des L.R. S. nécessite une connaissance précise des phénomènes de stabilité qui se produisent dans des barres dont la compression peut atteindre et dépasser une centaine de tonnes.

3.1.1.3 Rails courts pour l'équerrage des joints en courbe

L'utilisation de rails en longueurs spéciales dans les courbes est inévitable dans la pose à joints concordants pour tenir compte de la différence de longueur des deux files de rails. Pour une courbe de développement extérieur d et intérieur d' cette différence est :

$$d - d' = 2 e d/R$$

$2e$ étant l'écartement de la voie en mètres R le rayon de la courbe.

La concordance absolue des joints exigerait l'emploi, sur la file intérieure, de rails courts dont la différence de longueur avec ceux de la file extérieure serait donnée par la formule précédente. Pour ne pas compliquer inutilement les approvisionnements, une solution de compromis adoptée qui entraîne un décalage limité de joints dans les courbes. Il existe, pour chaque longueur normale, une série de longueurs courtes permettant, par une répartition judicieuse sur la file intérieure, de n'avoir jamais un décalage des joints supérieur à la demi-différence entre la longueur de rail court employé et celle du rail de longueur immédiatement supérieure. Le tableau ci-dessous indique les sous-longueurs des rails de 18, 24 et 36 m :

3.1.2 Joints entre rails,

Qu'ils soient appuyés ou en porte-à-faux, les joints sont dits :

- « concordants », « d'équerre » ou « parallèles », quand ils sont sur une même perpendiculaire à l'axe de la voie,
- « alternés » ou « chevauchants », s'ils ne répondent pas à cette condition ; dans ce cas, les joints d'une file de rails peuvent se trouver à peu près au droit du milieu de l'intervalle des joints de l'autre file (pose américaine), présenter un décalage d'un mètre (1/2 bogie) ou même d'une seule traverse d'une file par rapport à l'autre (Métropolitain de Paris) ou être décalés de quelques mètres (pose S.N.C.F. des rails de 36 rn à joints décalés).

3.1.3 Travelage.

L'étude de la mécanique de la voie a montré l'intérêt d'un travelage serré : l'influence des charges de roues sur la plateforme est plus faible et se traduit par une meilleure tenue du nivellement de la voie. Le nombre de traverses au kilomètre, ou travelage, de l'ordre de 1 000 il y a un siècle, a été progressivement porté à des chiffres plus élevés pour atteindre 1 722 en traverses bois, et 1 666 en traverses béton sur la S.N.C.F (France). En U.R.S.S. ou aux Etats-Unis, où les charges par essieu sont plus élevées, on utilise des travelages compris entre 1 850 et 2 000.

Le plan de pose qui donne la répartition des traverses par longueur (31 traverses pour 18 m) prévoit un resserrement des traverses au joint pour améliorer sa tenue (fig.2). Les LRS sont, par

contre, posés sur un travelage régulier.

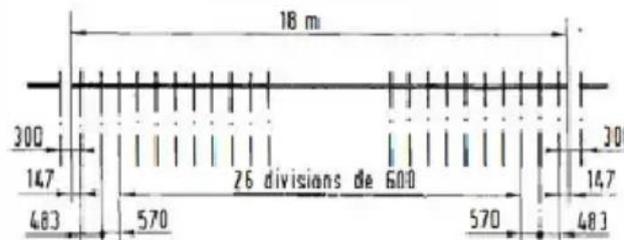


Figure 2 Travelage