

Dilatation des solides et S.N.C.F.

Lorsqu'on cherche un exemple de conséquence de la dilatation des solides, on pense souvent à la nécessité de prévoir un intervalle entre les rails. Pratiquement, tous les livres de 5^{me} donnent cet exemple, photo à l'appui.

On sait qu'il existe maintenant des rails de plusieurs kilomètres, voire plusieurs dizaines de kilomètres appelés LRS (longs rails soudés). Alors, réfléchissons : avec une dilatabilité linéique λ de $10,5 \times 10^{-6} \text{ deg}^{-1}$, pour un écart de température de 40 degrés, il faudrait prévoir par kilomètre ($\Delta l = l \cdot \lambda \cdot \Delta t$) un intervalle de 42 cm !

On sait aussi qu'on peut allonger une barre métallique de deux façons : augmenter sa température sans exercer d'action mécanique, ou exercer une force de traction à température donnée. Dans ce dernier cas, l'allongement est donné par la formule de Hooke (tant qu'on reste dans le domaine élastique) :

$$\Delta l = \frac{l}{E} \frac{F \cdot l}{S} \quad (\text{E module d'Young})$$

soit pour un rail de type UIC 60 (60 kg/m) utilisé dans les lignes modernes, avec $E = 21 \times 10^{10} \text{ Pa}$, $S = 7686 \text{ mm}^2$ et un allongement de 42 cm :

$F \approx 68 \times 10^4 \text{ N}$ (ou 68 tonnes - force pour employer les unités « pratiques » interdites dans l'enseignement mais utilisées partout ailleurs).

On peut donc, pour un rail de 1 km, augmenter sa température de 40° sans augmenter sa longueur à condition d'exercer une force de contraction de $68 \times 10^4 \text{ N}$, ce qui représente une contrainte de $8,8 \times 10^7 \text{ Pa}$ (ou 8,8 kgf/mm² en unités « pratiques »).

Remarquons que l'identification des deux formules donnant Δl conduit à :

$$F = E \cdot S \cdot \lambda \cdot \Delta t,$$

où la force est indépendante de la longueur considérée.

Les études théoriques des LRS commencées en 1932 ont été expérimentées en 1948 ; l'installation de LRS a commencé en 1952 avec des tronçons de 800 m, mais actuellement on a des portions atteignant 20 km.

En 1960, un numéro spécial de « Science et Vie » indiquait : « Quant aux longs rails soudés, le mythe des jeux de dilatation « était tellement ancré dans les esprits qu'il a fallu beaucoup « de prudence et de persévérance pour l'exorciser.

« Une variation de température de 40° provoque, dans un rail de profil courant, lorsque la dilatation est rendue impossible, un effort peu inférieur à 10 kg/mm². Cette contrainte est faible à côté de la résistance du métal, mais la résultante pour deux rails de 50 kg peut dépasser 100 t, d'où la crainte de déformations par la chaleur ou de lacunes trop ouvertes en cas de ruptures par grands froids. Comment les éviter ?

« M. Robert LÉVI, alors Directeur des installations fixes, s'est attaché à prouver que le seul poids de la voie et le frottement des traverses sur le ballast suffisaient à condition que les contraintes ne se concentrent pas sur un certain point, mais se répartissent uniformément sur la longueur du rail. C'est le rôle dévolu aux attaches élastiques (1) qui ont, en plus, l'avantage de protéger la table de la traverse contre les effets des vibrations. »

(Traduction : une contrainte un peu inférieure à 10 kgf/mm²... ce qui, pour un rail de 50 kg/m donc de section 6450 mm², donne moins de 64 tonnes-force soit, pour les deux rails, un peu plus de 100 tonnes-force).

Les forces dues à la dilatation sont donc transmises au ballast par l'intermédiaire des traverses rendues solidaires du rail par les attaches élastiques. Le poids de la voie, le frottement et la butée longitudinale des traverses sur le ballast exercent une résistance qui s'oppose aux forces dues à la dilatation, donc à l'allongement du rail. La résistance latérale du ballast a une valeur comprise entre 0,5 et 1 tonne-force par mètre de voie ; elle est suffisante lorsque les contraintes thermiques restent limitées. C'est pourquoi les LRS sont fixés dans une fourchette de température 20-32°.

Les calculs de résistance des matériaux montrent cependant qu'à l'extrémité du LRS ou « zone de respiration », la dilatation n'est que partiellement contrariée : à cause de la résistance linéique du ballast, il faut atteindre un certain point pour que les efforts dus à la variation de température puissent être équilibrés par cette résistance. On installe alors un « appareil de dilatation » présentant une séparation en biseau entre les deux extrémités des deux LRS successifs.

B. ROULET (Sèvres).

(1) Elles s'opposent au mouvement du rail sur la traverse, ne permettant que des mouvements « rails-traverses » sur le ballast.