

15* A On a 700 m sur la rampe de 15 ‰, 600 m sur le raccordement et 200 m sur la rampe de 8,5 ‰. Pour le raccordement, on peut compter une pente moyenne de $(8,5 + 15)/2 = 11,75$ ‰.

$$i_{\text{moy}} = \frac{200 \cdot 8,5 + 700 \cdot 15 + 600 \cdot 11,75}{1500} = 12,84 \text{ ‰}$$

B On peut distinguer 3 forces que doivent compenser l'effort de traction à la jante : les forces dues à la déclivité, les forces de frottement et les forces d'accélération du train.

Accélération : dans le tableau 3.13, on choisit un coefficient des masses tournantes $\xi = 1,07$, un peu plus que la limite inférieure de la fourchette.

$$F_{\text{acc}} = m \cdot a = 1,07 \cdot 4500 \cdot 0,03 = 144,5 \text{ kN}$$

Déclivité :

$$F_d = m \cdot g \cdot i \cdot 10^{-3} = 4500 \cdot 9,81 \cdot 12,84 \cdot 10^{-3} = 567 \text{ kN}$$

Frottements : on lit sur la figure 3.5 à 33 km/h environ 22 N/t. Au « décollage » du train moderne, il faut un peu augmenter (de 50%) le facteur A (= 15 N/t) pour tenir compte de l'arrachement (fig. 3.7), ce qui nous amène à environ la même valeur qu'à 33 km/h.

$$F_f = f_f \cdot m = 22 \cdot 10^{-3} \cdot 4500 = 99 \text{ kN}$$

Les locomotives devront donc développer $Z = 810,5$ kN.

Note : à la SNCF, on calcule l'effort au démarrage par une déclivité corrigée :

$$i_{\text{corr}} = 1,225 (i + 2,2)$$

On obtient $Z = 813$ kN, c'est-à-dire sensiblement la même valeur avec moins de calculs !

C Seule la force F_d change.

$$F_d = m \cdot g \cdot i \cdot 10^{-3} = 4500 \cdot 9,81 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 662 \text{ kN}$$

On aurait alors besoin d'un effort de 905 kN !

D Deux questions se posent : l'adhérence sur 12 essieux permet-elle un tel effort et l'attelage à vis est-il assez résistant ?

$$Z_{\text{max}} = \xi \cdot m \cdot g = 0,35 \cdot (2 \times 120) \cdot 9,81 = 824 \text{ kN}$$

Avec des conditions d'adhérence normales, cela devrait suffire. Si on admet une charge de 22,5 t par essieu, on peut lester les engins de traction à 135 t et gagner de la marge pour l'adhérence.

Le 95 % de l'effort sert au train, l'attelage doit donc transmettre environ 770 kN. L'attelage à vis est donné pour une résistance à la rupture de 850 kN. Le facteur de sécurité est largement insuffisant. Il faut organiser le train en deux demi-convois de 2250 t avec chacun une locomotive en tête, réunis. La deuxième locomotive doit être synchronisée de manière adéquate. Une autre solution – s'il s'agit d'un convoi spécialisé régulier – est de l'équiper intégralement d'attelage automatique qui permet de transmettre de plus grands efforts de traction.