

**17\* A** L'effort de traction à la jante doit compenser les frottements et la déclivité :

$$Z_j = F_f + F_d$$

Les forces de frottement se calculent avec la formule donnée :

$$F_f = 4,82 + 6,52 \cdot 10^{-2} \cdot 300 + 1,005 \cdot 10^{-3} \cdot 300^2 = 115 \quad [\text{kN}]$$

Pour la déclivité on prend la masse à vide et on admet 800 voyageurs à 70 kg.

$$F_d = (816 + 800 \cdot 70 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,81 \cdot 3,5 / 1000 = 30 \quad [\text{kN}]$$

L'*Eurostar* doit donc développer un effort de 145 kN. Comme on veut qu'il circule à 300 km/h, cela représente une puissance à la jante de  $P_j = 12$  MW, soit presque la valeur maximale que peut fournir l'équipement.

**B** Pour 350 km/h, seuls les frottements varient :

$$F_{f\_supp} = 6,52 \cdot 10^{-2} \cdot (350 - 300) + 1,005 \cdot 10^{-3} \cdot (350 - 300)^2 = 33 \quad [\text{kN}]$$

L'effort devrait être de 178 kN avec une puissance de 17,3 MW: presque 45 % d'augmentation ! Ici, c'est la composante aérodynamique qui est déterminante : la puissance croît en  $V^3$ . La puissance installée ne permet PAS cette élévation de vitesse.

**C** On recalcule la force due à la déclivité (rampe).

$$F_d = (816 + 800 \cdot 70 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,81 \cdot 25 / 1000 = 214 \quad [\text{kN}]$$

On recalcule la force due aux frottements pour quelques valeurs de vitesses, et on reporte la courbe additionnée à  $F_d$  sur la caractéristique de traction.

$$F_f(0) = 4,82 \quad [\text{kN}] \quad Z_j = 219 \text{ kN}$$

$$F_f(120) = 4,82 + 6,52 \cdot 10^{-2} \cdot 120 + 1,005 \cdot 10^{-3} \cdot 120^2 = 27 \quad [\text{kN}] \quad Z_j = 241 \text{ kN}$$

$$F_f(140) = 4,82 + 6,52 \cdot 10^{-2} \cdot 140 + 1,005 \cdot 10^{-3} \cdot 140^2 = 34 \quad [\text{kN}] \quad Z_j = 248 \text{ kN}$$

On constate qu'on croise la courbe enveloppe à 140 km/h, qui est donc la vitesse d'équilibre recherchée, mais la puissance n'est plus ici de 12 MW, mais seulement de 9,6 MW, limitée par le logiciel de commande des ponts !

**D** En pente, on reprend les valeurs calculées en A et C, mais on les soustrait puisque la déclivité est négative.

$$Z_j = F_f - F_d = 115 - 214 = -99 \quad [\text{kN}]$$

On est en régime de freinage de retenue avec une puissance à la jante de  $P_j = -8,25$  MW. La valeur d'effort est très proche du maximum que l'équipement du train peut fournir.