

Document technique numéro 1

DE LA POSSIBILITE DE MONTER UN TRAIN DE MARCHANDISES DE 1000 TONNES
D'OLORON A CANFRANC PAR LES RAMPES DE 43 mm/m DE LA VALLE D'ASPE

Introduction

Ce document a pour objet de démontrer qu'en mettant en oeuvre les moyens de traction dont elle disposera à partir de 1989, la SNCF pourra remorquer des trains de marchandises de 1000 tonnes d'Oloron à Canfranc en franchissant les célèbres rampes de 43 mm/m de la vallée d'Aspe. On part en effet de l'hypothèse d'un train de 1000 tonnes remorqué par deux motrices électriques Sybic ou encore BB 26000 qui deviendront d'utilisation courante sur les lignes de la SNCF à partir de l'été 1989. La démonstration repose sur le chapitre intitulé "la dynamique des trains" du livre traction électrique et thermo-électrique paru en 1978 sous la plume de Marcel Tessier, directeur attaché à la Direction Générale de la SNCF et professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers. Cette démonstration consiste à vérifier trois conditions au total :

- la condition de traction à la vitesse nominale de 40 Km/h
- la condition de démarrage
- la condition de résistance des attelages.

1) condition de traction à la vitesse nominale de 40 Km/h

On vérifie cette condition si la résistance à l'avancement du train est inférieure ou égale à l'effort à la jante maximal possible des deux motrices. La résistance totale à l'avancement d'un train R_t est égale à la somme des termes suivants :

$$R_t = R_l + R_r + R_c + R_g$$

où R_l est la résistance des motrices en palier

R_r est la résistance des wagons en palier

R_c est la résistance ajoutée par la courbure de la voie

et R_g la résistance ajoutée par la pente de la ligne.

On se place bien entendu dans le cas le plus défavorable offert par la ligne de la vallée d'Aspe, c'est à dire en rampe de 43 mm/m et en courbe de 200 m de rayon.

2

La résistance R_1 des deux motrices BB 26000 est donnée en daN par la formule :

$$R_1 = 2 (0,65 L + 13N + 0,01 LV + 0,03 V^2)$$

où L est la masse de la motrice en tonnes
 n le nombre d'essieux
et V la vitesse en Km/h.

Sachant que L vaut 90 tonnes, que n vaut 4 et que V vaut 40 Km/h, on obtient :

$$R_1 = 389 \text{ daN.}$$

La résistance R_r des wagons est donnée en daN par la formule :

$$R_r = p_w (1,5 + \frac{V^2}{1600})$$

où p_w est le poids des wagons en tonnes.

Sachant que p_w vaut 1000 tonnes et que V vaut 40 Km/h, on a :

$$R_r = 2500 \text{ daN.}$$

La résistance R_c due à la courbure est donnée en daN par la formule :

$$R_c = p_t \frac{800}{\rho}$$

où p_t est le poids du train en tonnes
et ρ le rayon de courbure en m.

Sachant que p_t vaut 1180 tonnes et que ρ vaut 200 m, on obtient :

$$R_c = 4720 \text{ daN.}$$

La résistance R_g ajoutée par la pente de la ligne est donnée par la formule :

$$R_g = p_t P$$

où P est la pente de la ligne en mm/m.

Sachant que P vaut 43 mm/m, on obtient :

$$R_g = 50\ 740 \text{ daN.}$$

D'où finalement :

$$\begin{aligned} R_t &= R_1 + R_r + R_c + R_g \\ &= 389 + 2500 + 4720 + 50\ 740 = 58\ 349 \text{ daN.} \end{aligned}$$

Or on constate sur le diagramme effort-vitesse $F(V)$ d'une BB 26000 qu'une telle motrice peut fournir un effort maximal à la jante de 30 000 daN à 40 Km/H, soit 60 000 daN pour deux machines. On a donc bien vérifié qu'à la vitesse maximale de 40 Km/h - somme toute très raisonnable pour un train lourd sur une ligne du type de celle de la vallée d'Aspe -, la résistance à l'avancement d'un train de 1000 tonnes tracté par deux BB 26000 en rampe de 43 mm/m et en courbe de 200 m de rayon est inférieure à l'effort maximal possible à la jante de ces deux motrices.

2) condition d'adhérence au démarrage

Il s'agit maintenant de vérifier si dans l'hypothèse d'un arrêt en rampe de 43 mm/m et en courbe de 200 m de rayon un train de 1000 tonnes tracté par deux BB 26000 est capable de redémarrer.

L'effort maximum en démarrage F_d est limité par le coefficient d'adhérence, lui-même égal à 0,35, soit :

$$F_d = 2 \times L \times 0,35 = 2 \times 90000 \times 0,35 = 63\ 000 \text{ daN.}$$

L'effort spécifique au démarrage F_s est égal à la somme des termes suivants :

- effort spécifique moyen de décollage (1,5 daN/t)
- effort spécifique d'accélération (2 daN/t dans le cas d'une accélération de 2 cm/s² classique dans le cas d'un train de marchandises)
- effort spécifique de courbe (4 daN/t pour une courbe de 200 m de rayon)
- effort spécifique de rampe (43 daN/t).

$$D'où $F_s = 1,5 + 2 + 4 + 43 = 50,5 \text{ daN/t.}$$$

La masse M démarrable du train est inférieure ou égale à :

$$M \leq \frac{F_d}{F_s} = \frac{63000}{50,5} = 1248 \text{ t.}$$

Or le train considéré dans l'hypothèse de ce document pèse 1180 t. On peut donc le redémarrer sur les sections les plus sévères de la vallée d'Aspe.

4

3) condition de résistance des attelages

Les motrices Sybic sont probablement équipées de l'attelage renforcé de 85 t, qui autorise un effort de traction de 30 tonnes. Dans l'hypothèse de la traction du train par un couplage de Sybic, la deuxième motrice subit au niveau de son attelage arrière un effort de :

$$\begin{aligned} R_{\text{convoi}} &= R_r + R_c + R_g \\ &= 2500 + 4000 + 43000 = 49500 \text{ daN} = 49,5 \text{ tonnes.} \end{aligned}$$

Cette configuration n'est donc pas possible du fait de la résistance mécanique très basse des attelages européens. D'où l'idée de placer la seconde motrice au milieu du convoi, à l'instar de ce qui se fait couramment sur les réseaux nord-américains, cette motrice étant bien entendu télécommandée à partir de la première par radio.

CONCLUSION

Cette courte étude démontre qu'il est possible de remonter les fameuses rampes de 43 mm/m de la ligne de chemin de fer de la vallée d'Aspe entre Bedous et Canfranc avec un train de 1000 tonnes tiré par deux motrices BB 26000 à condition de placer la seconde au milieu du convoi et de la télécommander par radio à partir de la première.

- Août 1988 -

MARC CHESNEY
Ingénieur civil des Mines
Docteur en Géologie
GRENOBLE