



Extrait du bac « Panoramique des Dômes », 2015

Le site du Puy-de-Dôme est devenu un site classé en 2000 et a été labellisé « Grand site de France » en 2008. Afin d'assurer le transport des visiteurs, le conseil général du Puy-de-Dôme a décidé de réaliser une voie ferrée pour un train à crémaillère appelé

« Panoramique des Dômes ». Cette voie suit exactement le même tracé que la route déjà existante, qui reste utilisable pour les services de sécurité, de maintenance et d'exploitation forestière.

Le freinage du train peut être effectué grâce à trois systèmes distincts :

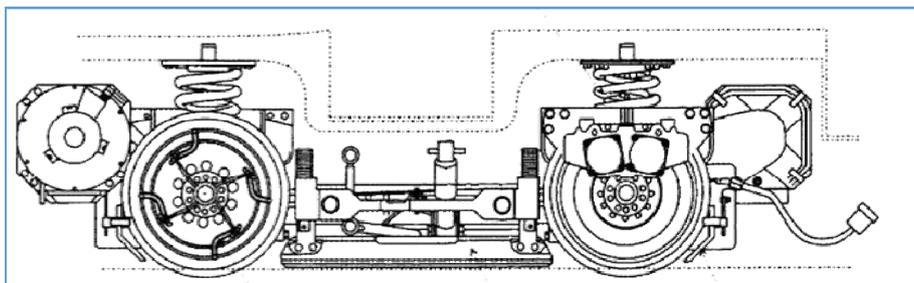
- frein électrique ;
- premier frein mécanique appelé frein système 1 ;
- second frein mécanique appelé frein système 2.

Validation du dimensionnement du constituant principal du système de freinage électrique

Le frein électrique est utilisé pour le maintien de la vitesse à la descente, la réduction de la vitesse en service normal, et en appui du freinage système 1 en cas de freinage d'urgence.

Validation du système de freinage « frein système 1 »

Le dispositif de freinage système 1 est un système de freinage à bande sur un tambour, actionné par un vérin pneumatique. Un tambour est fixé à un essieu du bogie (chariot situé sous le wagon sur lequel sont fixées les roues). L'ensemble est schématisé ci-après.



Lors du freinage, la pression (notée p) dans la chambre alimentée du vérin, est fixée à 6 bar. Les caractéristiques du vérin sont données ci-après.

Les questions suivantes ont pour objectif de calculer l'effort total de freinage qu'une rame est capable d'appliquer sur la voie à l'aide du dispositif de freinage 1.

Schéma cinématique du dispositif de freinage (freinage d'urgence système 1)

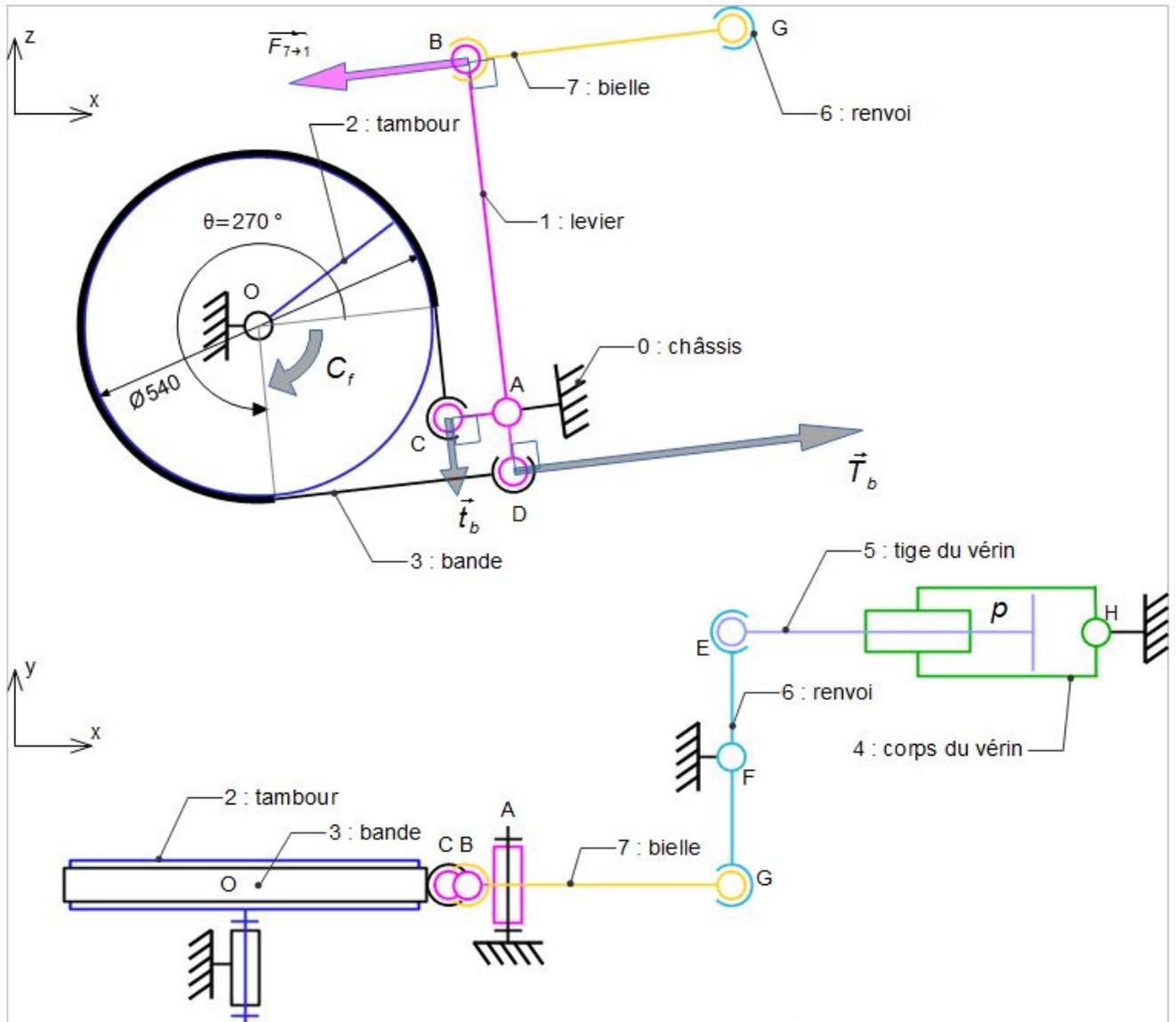


Figure 15 : schéma cinématique du dispositif de freinage

$$AB = 570 \text{ mm}$$

$$AC = AD = 85 \text{ mm}$$

$$EF = FG$$

Caractéristiques du vérin pneumatique

- diamètre du piston 160 mm ;
- diamètre de la tige 25 mm ;
- course 50 mm.

Q1 : Préciser si la tige du piston doit sortir ou rentrer pour actionner le freinage. Calculer l'intensité de l'effort $\|\vec{F}_{\text{vérin}}\|$ exercé par la tige (5) du vérin sur le renvoi (6).

Q2 : En indiquant précisément les théorèmes de la mécanique utilisés et les ensembles matériels isolés, justifier la relation $\|\vec{F}_{7 \rightarrow 1}\| = \|\vec{F}_{\text{vérin}}\|$

Pour un dispositif de freinage à bande tel que celui qui est utilisé ici, la relation reliant les intensités des efforts \vec{T}_b et \vec{t}_b appliqués par le levier 1 sur chaque extrémité de la bande 3, dépend uniquement de l'angle d'enroulement de la sangle sur le tambour et du coefficient de frottement suivant la formule suivante :

$$\frac{\|\vec{T}_b\|}{\|\vec{t}_b\|} = e^{f\theta} \text{ (avec } \theta \text{ en radian)}$$

f désigne le facteur de frottement : $f = 0,37$.

θ désigne l'angle d'enroulement : $\theta = 270^\circ$.

Q3 : En indiquant précisément les théorèmes de la mécanique utilisés et les systèmes matériels isolés, justifier la relation $\|\vec{t}_b\| = \frac{AB \cdot \|\vec{F}_{\text{vérin}}\|}{AC \cdot (e^{f\theta} + 1)}$

L'effort de freinage que peut exercer un dispositif de freinage système 1 sur la voie s'écrit :

$$\|\vec{F}_{f1}\| = \frac{2}{d_{\text{roue}}} \frac{D_{\text{tambour}}}{2} (e^{f\theta} - 1) \|\vec{t}_b\|$$

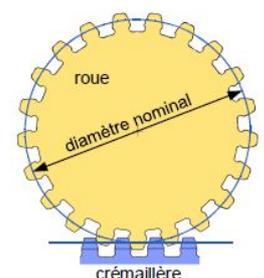
D_{tambour} désigne le diamètre du tambour (2) .

d_{roue} désigne le diamètre nominal de la roue dentée

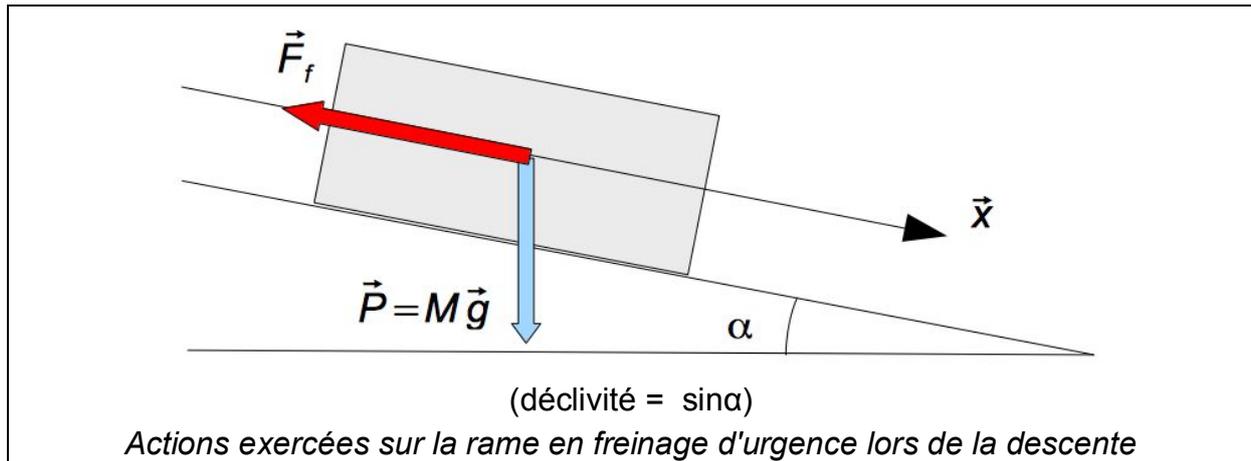
Q4 : Calculer l'effort de freinage

$\|\vec{F}_{f1}\|$ exercé par un seul dispositif de freinage système 1.

Le diamètre nominal de la roue dentée est de 668 mm.



Au niveau du croisement des Muletiers, la déclivité de la voie est de 15 %. La figure 4 représente les actions mécaniques auxquelles est soumise la rame en situation de freinage d'urgence avec le dispositif de freinage système 1.



Q5 : En appliquant le théorème de la résultante dynamique à la rame suivant la direction \vec{X} , **démontrer** que l'expression de la distance de freinage est

$$d = \frac{V^2}{2\left(\frac{-F_f}{M} + g \sin \alpha\right)}$$

Q6 : Calculer la distance nécessaire pour stopper la rame si la vitesse initiale est égale à 28,4 km/h, que l'effort total de freinage pour la rame équipée de 4 dispositifs de freinage est de 180 000N et que la masse totale maximale en charge est de 65 tonnes.

Des essais de freinage d'une rame ont permis d'obtenir la valeur réelle de la distance de freinage qui vaut 35 m.