

Alimentation par le sol d'un tramway

Présentation du système

Depuis plus d'un siècle, les transports en commun permettent de déplacer à coûts réduits les habitants des villes ou agglomérations.

Constructeur du tramway de BORDEAUX, la société ALSTOM, a innové en concevant l'apport en énergie par un rail d'Alimentation Par le Sol (APS), entièrement intégré à la plate-forme de roulement, dégageant ainsi les perspectives et préservant le patrimoine architectural.

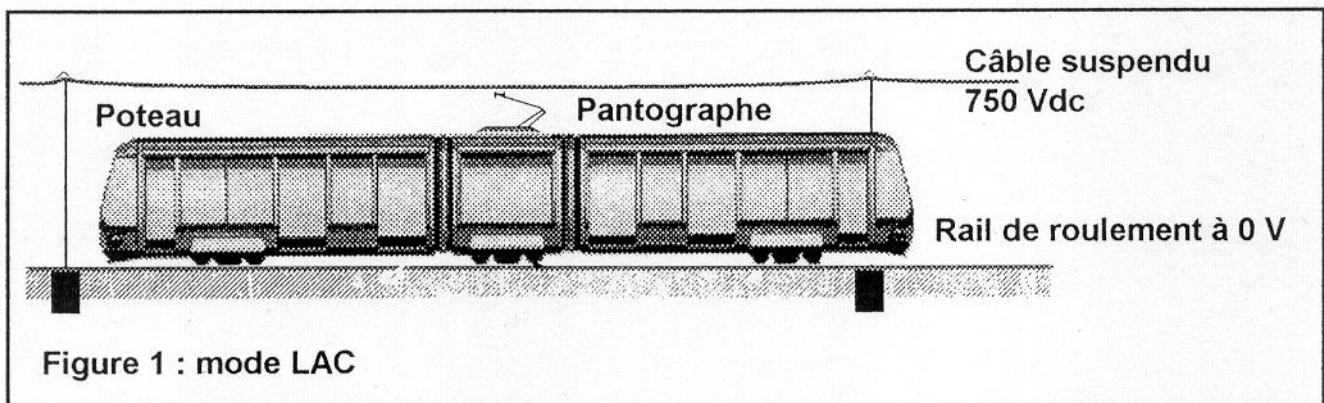
Le surcoût d'installation d'un tronçon d'APS a conduit, sur une même ligne de tramway, à combiner deux modes d'alimentation, la Ligne Aérienne de Contact (LAC) et l'APS pour des secteurs choisis.

Quel que soit le mode d'alimentation électrique du tramway, celui ci doit avoir les mêmes caractéristiques de fonctionnement :

- accélérations, freinage, vitesse commerciale ;
- possibilité de retournement des rames grâce à 2 postes de conduite ;
- compatibilité du système avec toutes les lignes de tramway, y compris en des points particuliers comme des croisements et aiguillages ;

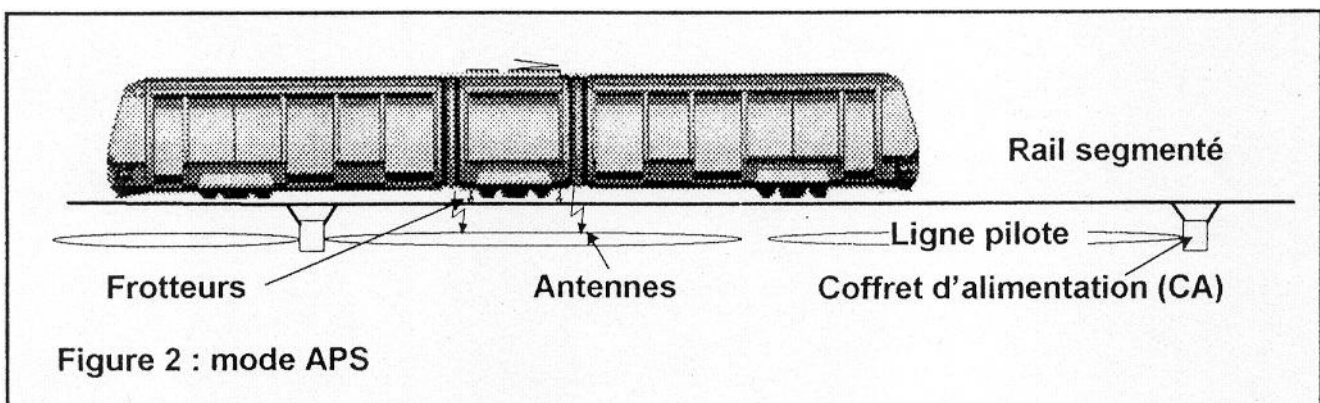
tout en respectant les critères de sécurité électrique envers les personnes.

Mode LAC: le moteur est alimenté en 750 Vdc par un câble suspendu, la connexion au câble se fait par l'intermédiaire d'un pantographe, le retour du courant se fait par les rails de roulement à 0 V.



Mode APS: le moteur est alimenté en 750 Vdc par un rail segmenté intégré à la plate-forme de roulement, la connexion au rail se fait par l'intermédiaire de 2 patins frotteurs, le retour du courant se fait par les rails de roulement à 0 V.

A l'approche d'une rame, celle-ci émet un signal radio, par l'intermédiaire d'antennes reliées aux frotteurs, autorisant ou non l'alimentation du segment par le coffret (CA) par l'intermédiaire de la ligne pilote.



Pour des raisons évidentes de sécurité, le rail d'alimentation intégré à la plate-forme de roulement est segmenté afin que seule la zone sous la rame soit sous tension (voir Figure 3).

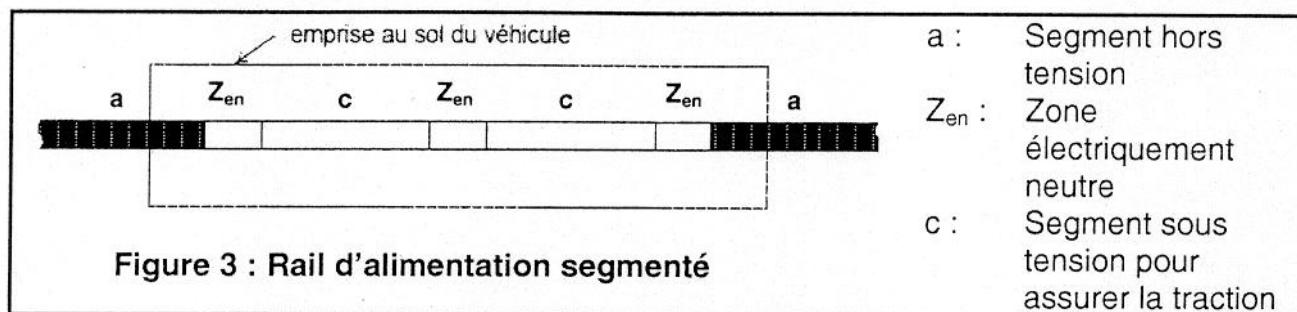


Figure 3 : Rail d'alimentation segmenté

Hors présence de la rame, les segments sont mis hors tension et reliés au potentiel 0 V. Dans son état par défaut, le rail d'alimentation est donc inerte et ne présente aucun risque électrique pour le public ou les autres véhicules. Chaque segment, séparé de ses voisins par une zone électriquement isolée, est utilisé successivement pour amener le courant en fonction de la position instantanée de la rame. Ce courant est capté par l'intermédiaire de 2 patins frotteurs situés au milieu de la rame.

L'étude qui suit portera uniquement sur le mode APS (alimentation par le sol)

Afin d'assurer le captage du courant électrique au contact entre le rail et le patin frotteur, le cahier des charges fonctionnel impose un **effort presseur minimal du patin sur le rail de 150 N**.

Cet effort résulte de l'action de deux ressorts sur un parallélogramme déformable (voir document technique).

Problème à résoudre : Valider le choix des ressorts de traction équipant les patins frotteurs.

Hypothèses :

- On pourra traiter le problème dans le plan (O, x, y) ;
- On suppose toutes les liaisons parfaites (excepté le contact entre le patin et le rail) ;
- Le poids des pièces peut être négligé devant les autres actions mécaniques.

Données :

- Intensité minimale de l'action de contact entre le patin (7) et le rail : **150 N** ;
- Facteur de frottement entre le patin et le rail (fonte sur fonte) : **$f = 0,15$** .

Conditions de l'étude : Le tramway se déplace en ligne droite avec une vitesse constante. Il y a donc *glissement* entre le patin et le rail. On se place dans le cas où l'action du rail sur le patin est minimale et vaut donc **150N**.

Répondre sur feuille de copie aux questions suivantes

1^{ère} étape : On isole le patin (7)

Q1. A l'aide du graphe des liaisons (voir document technique), recensez les actions mécaniques exercées sur le patin (7).

On suppose que le support de l'action de contact entre le rail et le patin passe par le point D. On appelle I le point de la surface inférieure du patin par lequel passe la droite support de cette action.

Q2. Tracez sur le document réponse de façon précise la droite support de l'action du rail (0) sur le patin (7). Indiquez sur la figure les éléments qui vous ont permis de tracer cette droite.

Q3. Que peut-on dire de l'action exercée par le bras (10) sur le patin (7) ? Justifiez.

Q4. Déterminez graphiquement toutes les actions mécaniques exercées sur le patin (7).

2^{ème} étape : On isole l'axe (6)

Q5. Déterminez graphiquement toutes les actions mécaniques exercées sur l'axe (6). Relevez la norme de l'action des deux ressorts (2).

Détermination de l'effort exercé par les ressorts sur l'axe (6)

Q6. A partir des données ci-dessous, déterminez la raideur k d'un ressort.

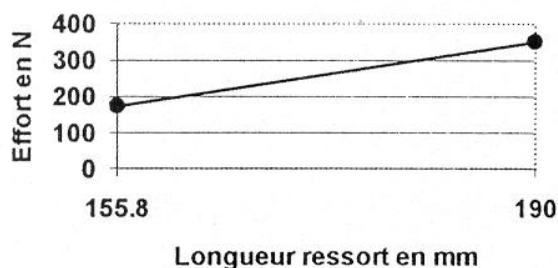
Q7. Déterminez l'effort exercé par un ressort lorsque le patin est en position nominale (voir document technique).

Q8. En déduire l'effort exercé par les deux ressorts sur l'axe (6). Conclure vis-à-vis du cahier des charges.



- ① spires jointives (pas d'effort exercé) – longueur L_0
- ② ressort tendu sous l'effet d'un effort F – longueur L

CARACTERISTIQUE D'UN RESSORT



Longueur spires jointives :

$$L_0 = 155,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Effort sous longueur spires jointives :

$$F_0 = 175 \text{ N}$$

Point caractéristique : $F_1 = 350 \text{ N}$
pour la longueur $L_1 = 190 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

La caractéristique d'un ressort à spires jointives est donnée par la relation :

$$F = F_0 + k (L - L_0) \text{ avec :}$$

F effort en N sous la longueur L en m
 k raideur en N/m