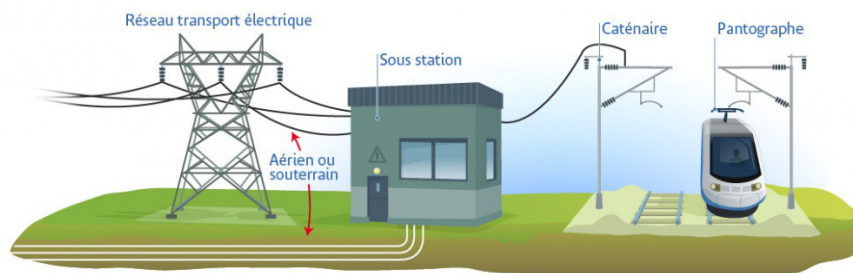


Energie - Semestre 1 Décalé

Alimentation du matériel roulant, schéma de sous-stations et caténaires

Le matériel ferroviaire roulant tire son énergie soit de combustibles fossiles, soit d'une alimentation électrique déployée le long des lignes, comme illustré dans la figure suivante :



Le train est alors relié électriquement à la caténaire au dessus de la voie par un pantographe. Le retour du courant se fait par le rail. L'alimentation électrique est tirée du réseau de distribution et redirigée par la sous-station (SS) qui assure la conversion vers les niveaux de tensions requis, et éventuellement un redressement. Classiquement, on considère qu'un câble conduit parfaitement le courant électrique, c'est à dire sans perte ; cependant, la caténaire mesurant plusieurs centaines de mètres voire quelques kilomètres, cette hypothèse n'est plus valable. Nous allons étudier les différentes possibilités d'alimentation des motrices et leurs inconvénients/avantages.

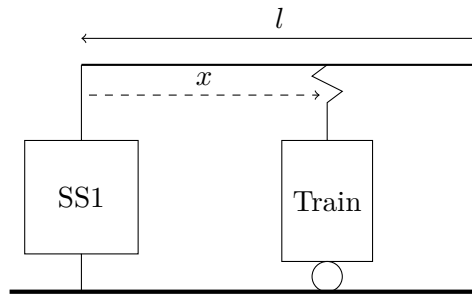
Dans un premier temps, on considèrera que les sous-stations produisent une tension continue de 1500V comme un générateur parfait. On considèrera un train à une distance x (en mètres) de la sous-station 1, sur une voie de longueur l . Pour les calculs numériques on considèrera que le train crée un appel de courant de 800A (la puissance est consommée par le train, le courant est donc nécessairement entrant) et que la longueur de la ligne est de $l = 10\text{km}$. On considère que le train peut rouler si la tension qui lui est délivrée par l'alimentation est supérieure à 1350V.

1 Modélisation de la caténaire et du rail

La caténaire a une résistance linéique de $r_{cat} = 0.07 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}^{-1}$, le rail a une résistance linéique de $r_{rail} = 2 \mu\Omega \cdot \text{m}^{-1}$.

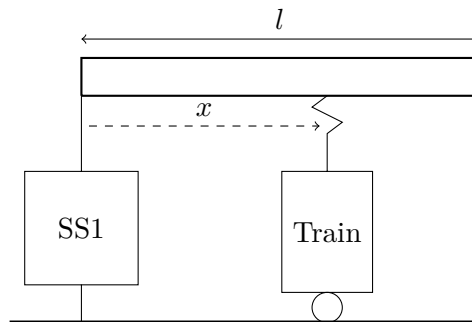
1. Quelle est l'unité de la résistance ? Cette unité correspond-elle aux grandeurs décrites ci-dessus ?
2. Comment calcule-t'on la résistance du rail/caténaire qui séparent la sous-station du train à une position x ?
3. Quelles sont les valeurs de résistances du rail et de la caténaire sur l'ensemble de la portion de ligne ?

2 Cas I : une seule sous-station, une caténaire simple



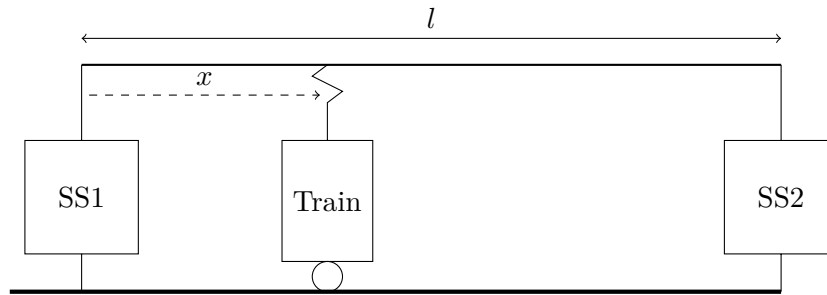
1. Faire le schéma électrique équivalent pour de cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. calculer ΔV .
3. Calculer
4. A partir de quelle distance parcourue par le train a-t'on une chute de tension de $150V$?
5. Ce cas de figure vous semble-t'il exploitable pour l'alimentation d'une motrice ?

3 Cas II : une seule sous-station, une caténaire bouclée



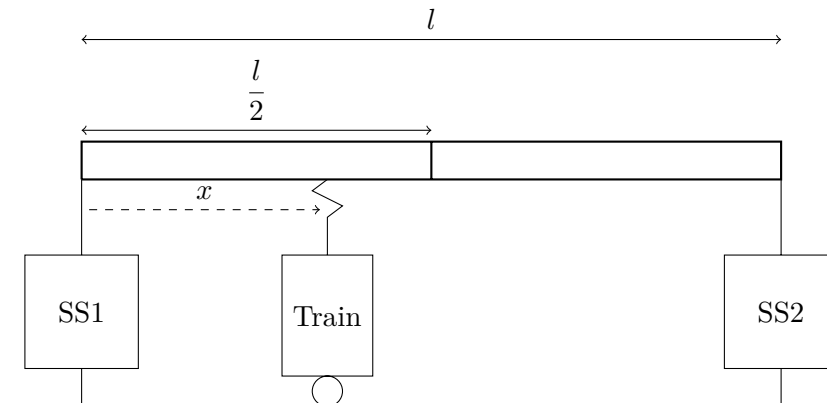
1. Faire le schéma équivalent de ce cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. Simplifier le schéma en calculant le montage sous forme d'un générateur de Thévenin et une simple charge.
3. calculer ΔV .
4. à la distance calculée pour le cas 1, que vaut la valeur numérique de ΔV

4 Cas III : deux sous-stations, une caténaire simple



1. Faire le schéma équivalent pour de cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. Simplifier le schéma en calculant le montage sous forme d'un générateur de Thévenin et une simple charge.
3. calculer ΔV .
4. Pour quelle position du train la valeur de la chute de tension est elle maximale ?

5 Cas IV : deux sous-stations, double caténaire court-circuitée au milieu

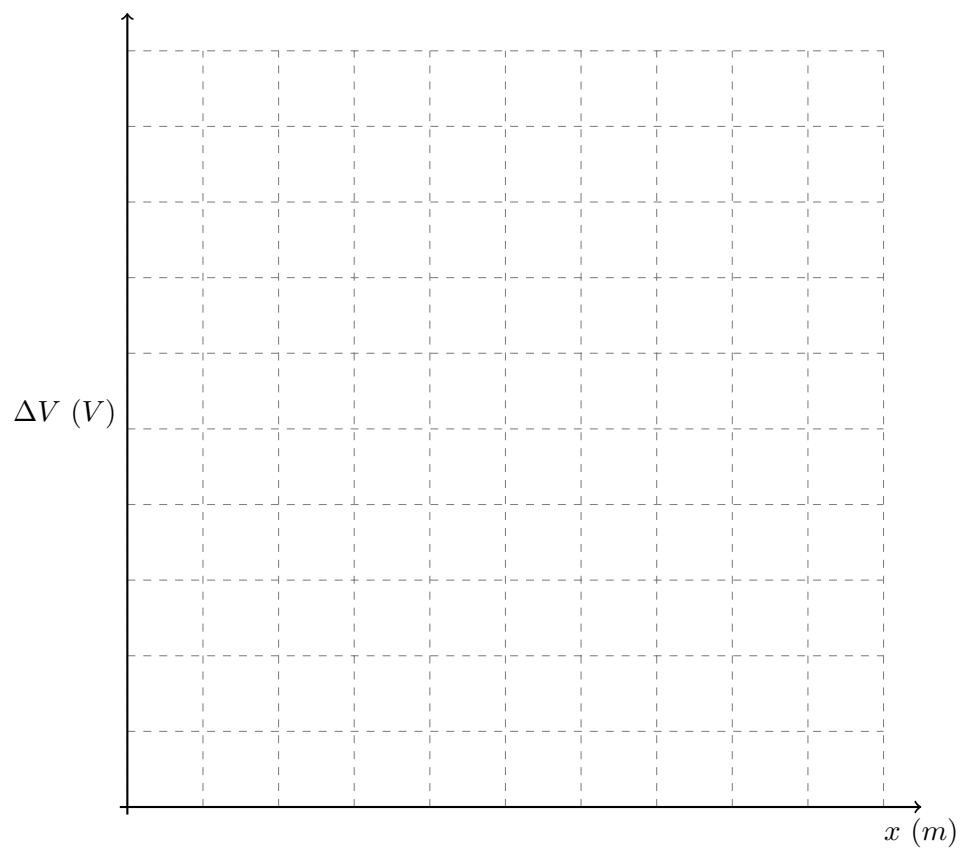


1. Faire le schéma équivalent pour ce cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. Placer le courant I_1 , responsable de la chute de tension sur le schéma.
3. Placer le courant I_2 , provenant de la partie caténaire en contact avec le train opposée à la première (= partie de la caténaire partant vers le point milieu du schéma). Compléter les courants identifiables sur le schéma.
4. Exprimer ΔV en fonction de I_1 .
5. Exprimer ΔV en fonction de I_2 .
6. Rappeler la relation entre I_1 et I_2 et I le courant délivré au train.
7. Par le calcul, en déduire l'expression de ΔV en fonction de x , r_{cat} , l et I .

8. Y-a t'il une symétrie identifiable dans le schéma ?
9. Calculer la valeur de ΔV pour $x = \frac{l}{2}$.
10. Calculer la valeur de ΔV pour $x = \frac{l}{3}$.

6 Synthèse

1. sur le graphique ci dessous, tracez les différentes chutes de tension correspondants aux différents cas, pour les valeurs numériques données.



2. Dresser un tableau comparatif des solutions d'alimentation sur voie.