

Infrastructure Ferroviaire : Signalisation - Electrotechnique

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

Le cours d'électrotechnique prend la forme d'un cours intégré au TD, les notions de Génie Electrique sont donc vues ou revues à travers des exemples. **A vous de prendre des notes supplémentaires en fonction de vos besoins !**

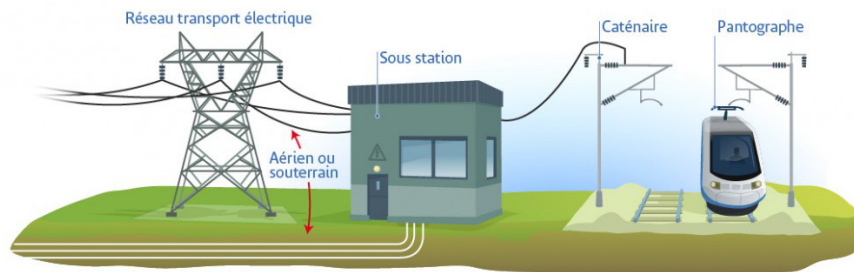
pré-requis :

- lois de Kirchhoff (lois de mailles et noeuds),
- loi d'Ohm,

objectifs :

- simplification de schémas
- utilisation des transformations en générateurs de Thévenin/Norton,
- Tensions continues/monophasée

Le matériel ferroviaire roulant tire son énergie soit du Diesel, 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 grâce au 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.

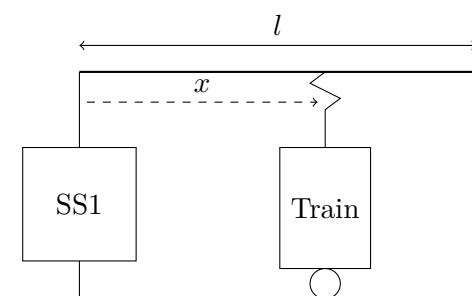
Dans un premier temps, on considèrera que les sous-stations produisent une tension continue de 1500V comme un générateur parfait. On considèrera un train à une distance x (en mètres) de la sous-station 1, sur une voie de longueur l . Pour les calculs numériques on considèrera que le train crée un appel de courant de 800A (la puissance est consommée par le train, le courant est donc nécessairement entrant).

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 $r_{rail} = 2 \text{ }\mu\Omega \cdot \text{m}^{-1}$.

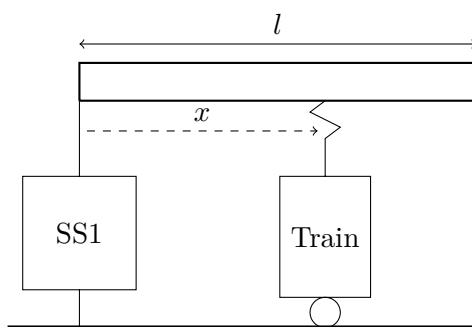
1. Quelle est l'unité de la résistance ?
2. Comment calcule-t'on la résistance des conducteurs qui séparent la sous-station du train ?
3. Le courant arrivant par la caténaire et repartant par le rail, que peut on dire de l'association des deux conducteurs ?

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



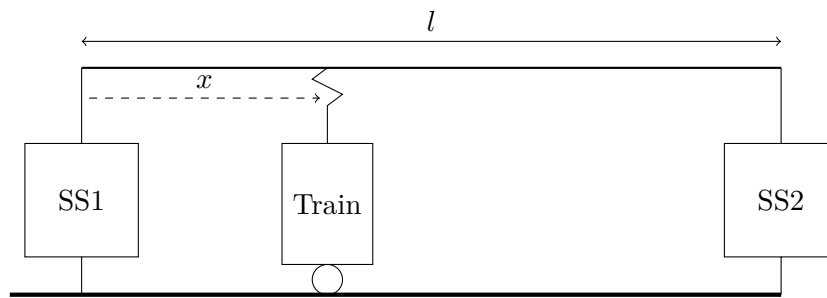
1. Faire le schéma équivalent pour ce cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. calculer ΔV .
3. A partir de quelle distance parcourue par le train a-t'on une chute de tension de 150V ?
4. Ce cas de figure vous semble-t'il exploitable pour l'alimentation d'une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

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



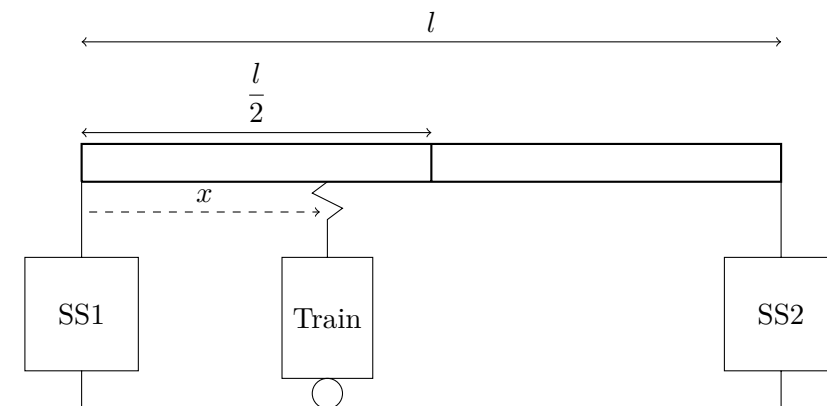
1. Faire le schéma équivalent pour ce cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. Simplifier le schéma en calculant le montage sous forme d'un générateur de Thévenin et une simple charge.
3. calculer ΔV .
4. à la distance calculée pour le cas 1, que vaut la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

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



1. Faire le schéma équivalent pour 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. 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

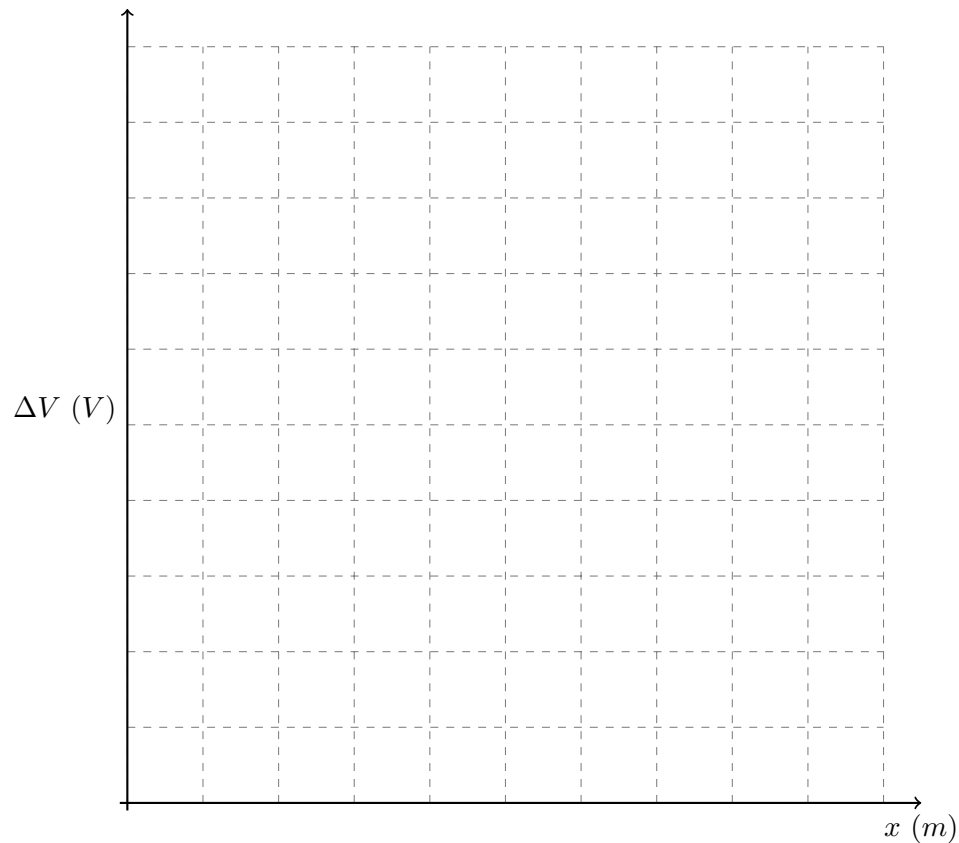


1. Faire le schéma équivalent pour ce cas de figure. Placer ΔV , la chute de tension aux bornes du conducteur électrique.
2. Placer le courant I_1 , responsable de la chute de tension sur le schéma.
3. Placer le courant I_2 , provenant de la caténaire en contact avec le train opposée à la première. Compléter 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 , I_1 et I_2 .
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

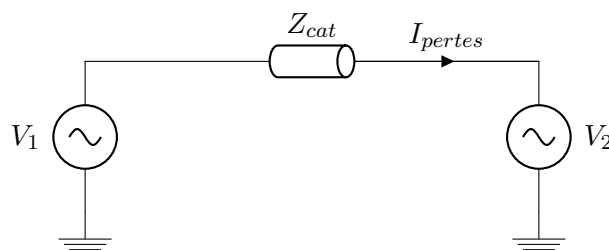
1. sur le graphique ci dessous, tracez les différentes chutes de tension correspondants aux différents cas, pour les valeurs numériques données.



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

7 Alimentation de caténaire en sinusoïdal monophasé

Les lignes à $25kV$ délivrent une tension sinusoïdale de fréquence $50Hz$. La caténaire utilisé a une résistance linéique de $r_{cat} = 0.13 m\Omega \cdot m^{-1}$ et une inductance linéique de $l_{cat} = 1.1 \mu H \cdot m^{-1}$. On considère la sous-station 1 comme la référence de tension, la sous-station 2 a un déphasage de ϕ .



1. Exprimer les tensions V_1 et V_2 des deux sous-stations en valeur complexe.
2. On considère une caténaire de $30km$, exprimer l'impédance de la caténaire en complexe.
3. Calculer, sans matériel roulant sur la ligne, la tension au borne de la caténaire si $\phi = 0^\circ$.
4. Calculer, sans matériel roulant sur la ligne, la tension au borne de la caténaire si $\phi = 5^\circ$.
En déduire la valeur du courant I_{pertes} .
5. Même question pour $\phi = 10^\circ$.
6. Tracer le diagramme de Fresnel.
7. Quelles sont les puissances résultantes dans la caténaire ?