

? À rendre le mercredi 5 octobre 2022
Devoir Maison n°4

 Comment chercher un D.M. ?

- Commencer à chercher le DM, dès le soir de la distribution de l'énoncé,
- Avec le chapitre et les exercices ouverts sous les yeux.
- Chercher en groupe.
- En cas de blocage, poser des questions, à la fin d'un cours ou par mail : nvalade.pcsi@gmail.com
- La réponse à un problème de physique doit contenir :
 - des schémas grands, clairs et complets ;
 - des phrases qui expliquent votre raisonnement ;
 - les calculs littéraux, avec uniquement les grandeurs littérales définies par l'énoncé (ou par vous-même si elles ne le sont pas par l'énoncé) ;
 - les applications numériques avec un nombre adapté de chiffres significatifs et une unité.

Après avoir récupéré votre copie et le corrigé :

- Reprendre votre copie avec le corrigé afin de comprendre vos erreurs, lire les conseils donnés, ...
- Refaire le DM (si besoin) avant le DS suivant.

Évaluation :

Compétences	oui	non
Exploiter les formules de conjugaison.		
Modéliser un appareil photo.		
Connaître et utiliser la loi d'Ohm.		
Connaître et utiliser la loi des mailles et la loi des nœuds.		
Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.		
Exprimer la puissance reçue / fournie / dissipée par effet Joule.		
Les réponses s'appuient sur des schémas grands, clairs et complétés.		
Chaque calcul, et étape de calcul est introduit par une phrase, le nom de la loi utilisée, ...		
Les réponses sont justifiées.		
Les calculs sont menés littéralement.		
Les résultats littéraux sont encadrés.		
Les applications numériques ont une unité et sont soulignées.		

Exercice 1 Hauteur d'une chute d'eau

Cet exercice est une **résolution de problème** (cf document distribué en début d'année pour la méthode). On attend de vous une prise d'initiative quant à sa résolution.

Compétences	Capacités associées	A/B/C
S'approprier le problème.	-Faire un schéma modèle. -Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. -Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées. -Relier le problème à une situation modèle connue.	
Analyser. Établir une stratégie de résolution	-Décomposer le problème en des problèmes plus simples. -Expliciter la modélisation choisie (définition du système, ...). -Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.	
Réaliser. Mettre en œuvre la stratégie.	-Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. -Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.	
Valider.	-S'assurer que l'on a répondu à la question posée. - Avoir un regard critique sur les résultats obtenus.	
Communiquer	-Présenter la solution ou la rédiger, en en expliquant le raisonnement et les résultats.	

Quelle est la hauteur de la chute d'eau qui apparaît sur la photographie ci-dessous ?

On dispose des caractéristiques techniques de l'appareil photographique et de l'objectif utilisé ainsi que des réglages de l'appareil lors de la prise de vue. La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite ci-dessous.

Réglages de l'appareil :

Ouverture : $f/9,0$

Durée d'exposition : $1/100$ sec

Distance focale : 135 mm

Caractéristiques techniques : Appareil Canon EOS 550D

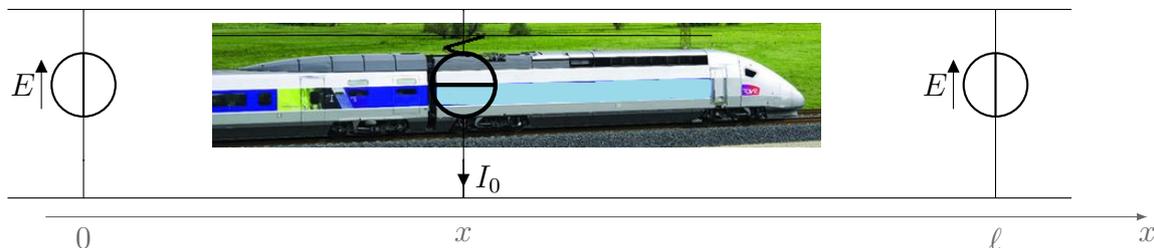
Type et Taille du capteur	Cmos APS-C 22,3 x 14,9 mm
Nombre de pixels effectifs	Environ 18,0 millions
Nombre total de pixels	Environ 18,7 millions
Ratio de format	3 : 2



Vue satellite de la position du photographe et de la cascade

Exercice 2 Fonctionnement électrique d'un TGV

Longtemps après son démarrage, on peut supposer que le TGV fonctionne en régime permanent. La puissance électrique nécessaire à son fonctionnement est fournie au TGV à partir de sous-stations électriques implantées tout le long de la voie et espacées d'une distance $\ell = 60$ km. Elles sont reliées par un fil conducteur, la caténaire, suspendu au-dessus des rails. La motrice TGV reçoit l'alimentation de la caténaire par un contact glissant appelé pantographe sur son toit. Tous les moteurs électriques de la locomotrice sont montés en parallèle entre le pantographe et les rails qui servent de liaison masse à la Terre, conformément au schéma ci-dessous.



Les sous-stations électriques seront assimilées à des générateurs idéaux de f.é.m. E constante et identique pour toutes les sous-stations.

On admettra que les moteurs de la locomotive se comportent, d'un point de vue électrique, de la même manière qu'un générateur idéal de courant, imposant un courant I_0 constant orienté de la caténaire vers le sol comme sur le schéma ci-dessus.

Le mardi 3 avril 2007, à 13h14, la SNCF, associée à la compagnie ALSTOM, portait le record du monde de vitesse sur rail à la valeur $574,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ au point kilométrique 194 de la ligne à grande vitesse est-européenne. Lors du record de vitesse, la puissance des moteurs était augmentée par rapport aux moteurs habituels et la tension d'alimentation en sortie des sous-stations avait été montée exceptionnellement à $E = 31,2 \text{ kV}$ sur la zone du record à la place des 25 kV habituels. Au moment du record, l'intensité électrique reçue au pantographe a été mesurée : elle était de $I_0 = 800 \text{ A}$.

Pour l'étude qui va suivre, on s'intéresse au trajet du train entre deux sous-stations. On supposera que la section transversale de la caténaire (surface transversale du fil) est de $s = 1,47 \text{ cm}^2$. La caténaire est en cuivre, métal dont la conductivité est de $\sigma = 5,82 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

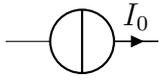
Le rail rectiligne est confondu avec l'axe (Ox) dont l'origine O ($x = 0$) est placée au niveau de la sous-station à gauche sur le schéma. La variable $x \in [0, \ell]$ repère à tout instant la position de la locomotive entre les deux sous-stations d'alimentation (voir le schéma en début d'énoncé).

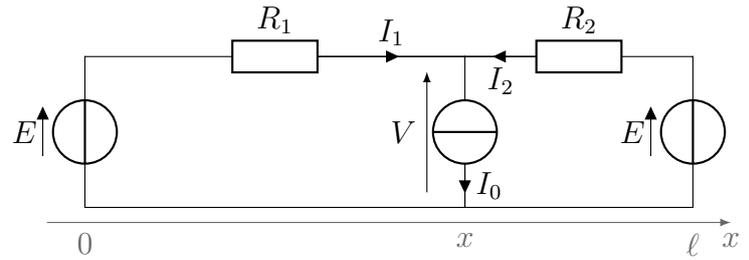
Une longueur ℓ de rail est équivalente à un conducteur ohmique de résistance $R = \frac{\ell}{\sigma s}$.

Nous allons chercher tout d'abord à justifier que le rail peut être modélisé par un simple fil de résistance nulle.

- Q1. Évaluer approximativement la surface de section s_{rail} d'un rail de chemin de fer, en cm^2 .
- Q2. En considérant que le rail est fait du même métal que la caténaire (donc même valeur de conductivité), justifier que l'on puisse négliger la résistance du rail devant celle de la caténaire (que l'on notera R dans la suite).
- Q3. Déterminer la résistance totale R de la caténaire entre les deux sous-stations considérées et effectuer l'application numérique.
- Q4. Donner l'expression de la résistance R_1 de la portion de caténaire amenant le courant à la locomotive depuis la sous-station de gauche. On exprimera d'abord R_1 en fonction de σ , s et x et/ou ℓ , puis on réexprimera le résultat en fonction de R , ℓ et x (on rappelle que R désigne la résistance totale de la caténaire entre les deux sous-stations).
- Q5. Même question pour R_2 , résistance électrique de la portion de caténaire amenant le courant à la locomotive depuis la sous-station de droite, que l'on réexprimera en fonction de R , ℓ et x .

Le système électro-mécanique étudié est donc équivalent au circuit électrique ci-contre.

Remarque : le composant noté  est un générateur idéal de courant, c'est-à-dire qu'il impose le courant I_0 dans sa branche quelle que soit la tension à laquelle il est soumis.



Q6. Établir les expressions de I_1 , I_2 et V en fonction de I_0 , R_1 et R_2 , puis en fonction de R , E , I_0 , x et ℓ .
On utilisera pour cela les lois nécessaires pour établir un système d'équations, avec autant d'équations que d'inconnues, que l'on résoudra.

Montrer, notamment, que $I_1 = I_0 \frac{\ell - x}{\ell}$.

Q7. En déduire la puissance consommée \mathcal{P}_c par la locomotive (c'est-à-dire reçue par la locomotive) en fonction de E , R , I_0 , x et ℓ .

Q8. Déterminer la puissance \mathcal{P}_J reçue par la caténaire, c'est-à-dire la somme de la puissance reçue par R_1 et par R_2 , en fonction de R_1 , I_1 , R_2 , I_2 , puis en fonction de R , I_0 , x et ℓ .
Que devient l'énergie associée ?

Q9. Déterminer la puissance totale \mathcal{P}_f fournie par les deux sous-stations (c'est-à-dire la somme de la puissance fournie par la sous-station de gauche et celle de droite), en fonction de E , I_1 et I_2 , puis en fonction de E et I_0 .

Q10. Vérifier que l'on a : $\mathcal{P}_f = \mathcal{P}_J + \mathcal{P}_c$. Que signifie physiquement cette égalité ?

Cette partie est plus délicate, et facultative. À aborder si vous êtes à l'aise.

On suppose que le train roule à la vitesse $v_0 = 574,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ constante.

Q11. Montrer que la puissance dissipée par effet Joule s'écrit $\mathcal{P}_J(t) = RI_0^2 \frac{v_0 t (\ell - v_0 t)}{\ell^2}$.

Q12. À quel instant t_f la locomotive atteint-elle alors la fin du tronçon considéré (sous-station de droite) ?

Q13. En déduire alors l'énergie totale $\mathcal{E}_{J,t_0 \rightarrow t_f}$ dissipée par effet Joule pendant le passage du train sur ce tronçon en fonction de R , I_0 , v_0 et ℓ . L'instant t_0 correspond à l'instant auquel la locomotive passe par la sous-station de gauche.
Faire l'application numérique.

Q14. De même, déterminer l'énergie totale $\mathcal{E}_{f,t_0 \rightarrow t_f}$ fournie par les deux sous-stations sur le même intervalle de temps. On donnera le résultat en fonction de E , I_0 , ℓ et v_0 .

Q15. En déduire l'énergie $\mathcal{E}_{c,t_0 \rightarrow t_f}$ consommée par les moteurs de la locomotive, toujours le long du tronçon considéré. On donnera le résultat en fonction de E , R , I_0 , ℓ et v_0 .

Q16. Exprimer le rendement de ce mode d'alimentation de la locomotive, que l'on définit par : $\eta = \frac{\mathcal{E}_{c,t_0 \rightarrow t_f}}{\mathcal{E}_{f,t_0 \rightarrow t_f}}$ en

fonction de R , I_0 et E .

Faire l'application numérique, exprimée en %.