

Vous avez droit à une calculatrice, un dictionnaire, ainsi qu'une feuille A4 écrite recto-verso et à la main.

Soignez la présentation de vos copies, votre note en dépendra. Précisez les unités utilisées pour vos résultats.

I. « GRILLER » SON AUTONOMIE POUR « GRILLER » LES AUTRES ? (30 MIN)

En voiture et arrêté à un feu, on peut se demander s'il est préférable, du point de vue énergétique, d'accélérer fortement dès que le feu passe au vert, ou bien accélérer moins fort mais plus longtemps. Cet exercice tente de répondre à cette question existentielle.

On considère ainsi une voiture (de masse M) initialement à l'arrêt. Sa vitesse maximale est 50 km/h (vitesse de déplacement en ville). Les déplacements se font sur une route à pente nulle. On veut calculer l'énergie (mécanique) nécessaire pour parcourir une distance $D=138,9\text{m}$.

Pour cela, on considère 2 configurations d'utilisation de la voiture :

- Configuration 1 (accélération faible) : parcours de D en accélération constante, en 20 secondes ;
- Configuration 2 (accélération forte) : d'abord accélération constante, quatre fois plus forte que celle de la configuration 1, puis vitesse maximale et constante jusqu'à parcourir la distance D .

On utilisera les valeurs suivantes : $M=1\text{ t}$, $C_r=0,01$, $\rho=1,2\text{ kg/m}^3$, $S.C_x=4\times 0,9\text{ m}^2$, $g=9,81\text{ m/s}^2$.

Configuration 1

1.1 Quelle est la valeur de l'accélération a_1 de la voiture ?

1.2 Rappeler le Principe Fondamental de la Dynamique et en déduire l'expression de la force d'entraînement F_{ent} devant s'appliquer sur la voiture. *Pour cela, on écrira les expressions des forces s'opposant au mouvement et de la force d'accélération (F_{acc}).*

1.3 Pour la vitesse maximale, calculer les valeurs des forces précédentes.

1.4 En utilisant le fait que $v(t)=a_1.t$, donner l'expression de la puissance mécanique en fonction du temps $P_1(t)$.

1.5 En déduire l'expression $E_1(t)$ et la valeur de l'énergie mécanique pour $t=t_D$.

Configuration 2

L'accélération a_2 pour cette nouvelle configuration vaut $a_2 = 4 \times a_1$.

1.6 Calculer :

- la distance et le temps correspondants à la phase d'accélération (phase 2.1) ;
- la distance et le temps restants pour parcourir la distance D à vitesse constante (phase 2.2).

1.7 Évaluer :

- l'énergie mécanique nécessaire à l'accélération de la phase 2.1 ;
- l'énergie mécanique nécessaire pour la phase 2.2.

1.8 En déduire l'énergie totale E_2 utilisée par la voiture pour parcourir la distance D , selon la configuration 2. Conclure (répondre à la question existentielle initiale).

II. POUR LA PECHE AUX POINTS, « LE MOULINET ELECTRIQUE » ! (30 MIN)



Pour la pêche aux gros, il peut être utile de disposer d'un moulinet à assistance électrique pour assister le pêcheur lors de la remontée du poisson. Le fil utilisé dans ce contexte est en fait une **tresse** de plusieurs fils pouvant supporter **une tension de l'ordre de plusieurs milliers de newtons**. Il est admis que la bobine déroulée et enroulée a des rayons minimal et maximal qui valent respectivement 1 cm (cas 1) et 4,05 cm (cas 2).

Paramètres du moteur à courant continu

- Tension nominale $U_{\text{nom}} = 24\text{V}$;
- Puissance $P_{\text{nom}} = 360\text{ W}$;
- Vitesse maximale $N_{\text{max}} = 3000\text{ tr/min}$;
- Rendement moteur $\eta_{\text{mot}} = 0.8$.

2.1 Calculer la vitesse de rotation requise pour l'axe afin d'obtenir un rembobinage à 2 m/s lorsque la bobine est quasiment vide (cas 1) ainsi que la vitesse de rotation lorsqu'elle est presque pleine (cas 2).

Le réducteur permettant d'assurer l'adaptation de la vitesse de rotation du moteur à celle de la bobine a un rapport de réduction $R_{red} = \Omega_{moteur}/\Omega_{bobine} = 1,57$. Il est supposé que son rendement η_{red} est de 90 %.

2.2 Tracer le schéma synoptique du moulinet avec le moteur, le réducteur et la bobine.

2.3 Quelle sera la vitesse de rotation du moteur électrique minimale et préciser de quel cas il s'agit (cas 1 ou cas 2) ?

2.4 Vu la puissance du moteur électrique, quelle est la puissance maximale disponible sur l'axe du moulinet ? En déduire l'effort maximal transmissible sur la tresse à rayon minimal ?

2.5 Dans ce même cas, en déduire les couples sur l'axe de la bobine et sur l'axe du moteur (en prenant en compte η_{red}).

2.6 Calculer la puissance électrique demandée par le moteur dans les deux cas si l'on admet que le couple sur l'axe reste le même quel que soit le rayon de la bobine.

2.7 En admettant que le moteur soit alimenté sous une tension de 24 V lorsque sa puissance mécanique est à son maximum de 360 W, calculer le courant requis. Déduire de ce résultat et du couple maximal du moteur (éventuellement obtenu à la question 5), la valeur de la constante de couple k_T de la machine (en N.m/A).

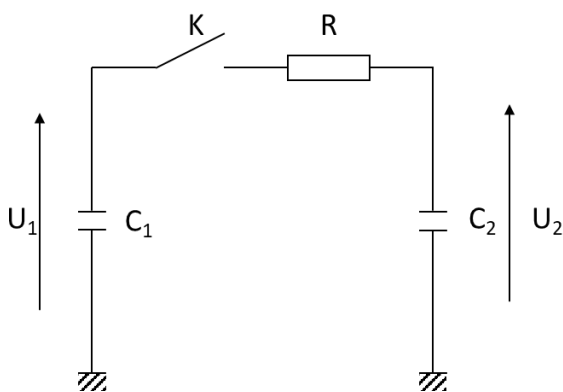
2.8 En admettant que cette constante k_T est identique dans la relation $E = k_T \cdot \Omega$, en déduire la f.e.m. E de la machine à ce point de fonctionnement.

III. TRANSFERT DE CHARGES D'UN CONDENSATEUR A UN AUTRE CONDENSATEUR (30 MIN)

On considère le circuit ci-dessous. Le condensateur C_1 est initialement chargé sous la différence de potentiel $E : U_1(0) = E$ alors que l'interrupteur K est ouvert. Le condensateur C_2 est initialement déchargé. On rappelle que la charge électrique Q d'un condensateur est exprimée par $Q=CU$ (C = capacité du condensateur, U étant la différence de potentiel aux bornes du condensateur) et que le courant circulant dans un condensateur est donné par : $i(t) = C \frac{dU}{dt}$.

A l'instant $t=0$, l'interrupteur K est fermé instantanément. L'équation différentielle régissant alors ce circuit peut s'écrire :

$$R \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right) \frac{dU_2}{dt} + U_2 = E \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right)$$



3.1 Résolvez l'équation différentielle pour donner l'expression de la tension $U_2(t)$ aux bornes de C_2 .

3.2 A partir de cette expression, on peut montrer que quand $t \rightarrow \infty$, $U_1 = U_2 = U_{eq}$. Déterminez l'expression de la tension d'équilibre U_{eq} vers laquelle tendent U_1 et U_2 .

3.3 A partir de la réponse à la question 3.1, déduire l'expression du courant $i(t)$ dépendant de C_1 , C_2 , E et R .

3.4 Calculez l'expression de la puissance instantanée dissipée dans la résistance R . Déduisez-en l'expression de l'énergie consommée par la résistance (entre $t=0$ et $t \rightarrow \infty$).

3.5 A $t=0$, exprimez la charge électrique Q_1 du condensateur C_1 ainsi que la charge électrique Q_2 du condensateur C_2 . Déduisez-en l'énergie totale initialement stockée dans le circuit.

3.6 De même, déterminez l'énergie totale stockée dans le circuit en régime permanent (quand $U_1 = U_2$, $t \rightarrow \infty$).

3.7 Comparez la différence entre l'énergie totale stockée en régime permanent, l'énergie présente dans le circuit initialement et l'énergie dissipée par la résistance. Ces valeurs sont-elles cohérentes entre elles ?