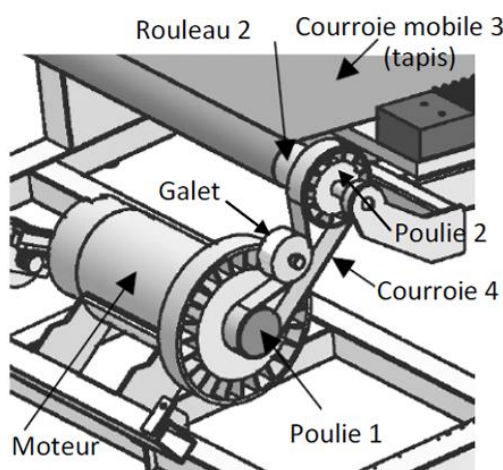


Vous avez droit à une calculatrice, un dictionnaire, ainsi qu'une feuille A4 écrite recto-verso et à la main.

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

## I. TAPIS DE COURSE (45 MIN)

Un tapis de course électrique permet de reproduire le mouvement ainsi que les sensations de marche ou de course en extérieur. L'utilisateur court sur une courroie mobile (tapis roulant) qui est entraînée dans le sens inverse de la course. La vitesse de déplacement de la courroie mobile est réglable pour permettre au coureur de rester sur place tout en s'adaptant à son besoin. La chaîne fonctionnelle permettant d'entraîner le tapis roulant est représentée sur la figure ci-dessous.



Le rayon de la poulie motrice 1 est  $R_{p1} = 27 \text{ mm}$

Le rayon de la poulie 2 est  $R_{p2} = 44 \text{ mm}$

Le rendement du système « Poulie 1-Poulie 2 » est  $\eta_{pp}=0,95$ .

Le rayon d'enroulement de la courroie 3 (tapis) sur le rouleau 2 est  $R_e=24,5 \text{ mm}$ . Le rendement du système « rouleau 2-courroie 3 (tapis) » est  $\eta_{rc}=0,95$ .

Un coureur de 115 kg procure un effort résistant tangentiel  $T_{\text{coureur}}=230 \text{ N}$ .

L'inertie équivalente de toutes les pièces en mouvement, ramenée sur l'arbre moteur, est :  $J=0,1 \text{ kg.m}^2$ .

Les caractéristiques du moteur à courant continu sont les suivantes :

- Puissance :  $P_m=1840 \text{ W}$
- Résistance d'induit :  $R=1,1 \Omega$
- Vitesse de rotation maximale en régime permanent :  $\Omega_{\text{max}}=4000 \text{ tours/min}$
- Constante de vitesse :  $k_e=0,33 \text{ V.s/rad}$  (identique à la constante de couple  $k_T$ )

Le cahier des charges est le suivant :

- Vitesse variable du tapis de 0 à 19 km/h
- Inclinaison variable du tapis de 0 à 14%
- Masse maximale du coureur 115 kg

L'objectif de cet exercice est de vérifier le dimensionnement du moteur d'un tapis de course.

- 1.1 Représentez par un diagramme les différents composants du système ainsi que les grandeurs associées.
- 1.2 Montrez que le rapport de réduction réalisé entre la poulie 1 et la poulie 2 vaut  $R_1=1,63$  et que le rapport de réduction entre le rouleau 2 et le tapis (courroie mobile 3) vaut  $R_2=40,82 \text{ m}^{-1}$ .
- 1.3 Quelle est la vitesse maximale du moteur lorsque la vitesse du tapis est de 19 km/h.
- 1.4 Quelle est la valeur du couple  $C_m$  développé par le moteur quand un coureur de 115 kg court sur le tapis.
- 1.5 Déduisez-en la puissance développée par le moteur quand un coureur de 115 kg court sur un tapis mobile à 19 km/h.
- 1.6 Le moteur est-il suffisant pour respecter le cahier des charges fixé ? Justifiez votre réponse.
- 1.7 Combien de temps met-on pour passer d'une vitesse nulle à la vitesse maximale lorsque le coureur est sur le tapis. Vous supposerez que le couple moteur est constant et que sa valeur correspond à celle obtenue à la puissance maximale pour une vitesse de tapis de 19 km/h.
- 1.8 Déterminez la force électromotrice  $E$  produite par le moteur lorsqu'il tourne à 3400 tours/min.
- 1.9 En déduire le courant absorbé pour fournir le couple  $C_m$ . (déterminé dans la question 4)
- 1.10 Dans ce cas, calculez la tension moyenne  $U_m$  aux bornes de l'induit.
- 1.11 Quel est alors le rendement du moteur ?

## II. LANCEUR DE BALLE DE TENNIS (45 MIN)

On se propose dans cet exercice d'analyser une structure simplifiée de lanceur de balles de tennis pour l'entraînement. Il ne s'agira ici que d'analyser l'envoi des balles à une vitesse comprise entre 20 et 140 km/h à l'aide d'un rouleau en rotation, sans chercher à changer la direction du lancer ni à imprimer un effet différent entre les balles qui se succèdent (à un rythme d'une balle toutes les 2 secondes à vitesse minimale et de 10 secondes pour la vitesse maximale).

Les balles étant déformables, la mise en équation précise d'un tel dispositif est complexe et nous allons poser ici quelques hypothèses simplificatrices :

- La vitesse d'éjection  $V_b$  des balles est égale à 98% de la vitesse tangentielle  $V_{troul}$  du rouleau d'entraînement (soit  $V_b = k_v \cdot V_{troul}$  avec  $k_v = 0.98$ ).
- Le rendement énergétique  $h_{roul}$  du dispositif est supposé égal à 90 % (l'énergie cinétique de la balle divisée par l'énergie perdue par le rouleau en rotation).
- Le rouleau est considéré comme un cylindre plein de diamètre  $D_{roul}$  égal à 30 cm et de masse  $M_{roul} = 1$  kg.



Par ailleurs, voici les données du problème :

- masse d'une balle de tennis  $M_b = 58,5$  g
- rendement du moteur  $h_{mot} = 0,85$  (constant)
- rendement de la transmission entre le rouleau et le moteur électrique  $h_{trans} = 1$
- rendement du convertisseur électronique de puissance (CEP) alimentant le moteur  $h_{CEP} = 0,97$
- tension d'entrée du CEP  $U_{batt} = 36$  V (constante)
- autonomie du lanceur de balles  $T_{util} = 2$  h (pire cas)

- 2.1 Représentez par un diagramme les différents composants du système ainsi que les grandeurs associées.
- 2.2 Donnez l'expression de l'inertie du rouleau d'entraînement  $J_{roul}$  en fonction de  $D_{roul}$  et  $M_{roul}$  ainsi que sa valeur numérique.
- 2.3 Calculez les vitesses de rotation minimale  $W_{min}$  et maximale  $W_{max}$  (en rad/s) du rouleau permettant d'obtenir une vitesse de balle comprise entre les vitesses  $V_{min}$  et  $V_{max}$  indiquées ci-dessus.
- 2.4 Rappelez l'expression de l'énergie cinétique du rouleau en fonction de  $J_{roul}$  et de sa vitesse de rotation  $W$ . Calculez cette énergie cinétique pour les vitesses de rotation  $W_{min}$  et  $W_{max}$ .
- 2.5 Rappelez l'expression de l'énergie cinétique de la balle en fonction de  $M_b$  et de sa vitesse  $V$ . Calculez cette énergie cinétique pour les vitesses minimale et maximale.
- 2.6 En considérant le rendement énergétique du rouleau, évaluez l'énergie perdue par celui-ci dans les deux cas (balles à vitesse minimale et maximale). En admettant que le rouleau présente une vitesse initiale égale aux deux valeurs calculées à la question 2, évaluez la vitesse après éjection de la balle dans les deux cas.
- 2.7 En considérant que 2 secondes s'écoulent entre deux balles pour le mode « vitesse lente » et que 10 secondes séparent deux balles rapides, si on admet que la vitesse du rouleau revient à la vitesse initiale avant l'envoi d'une nouvelle balle, quelle énergie doit être dépensée au niveau du rouleau pour une durée de 2h d'utilisation dans les deux cas ? Quel est le pire cas ?
- 2.8 Quelle est la puissance moyenne requise au niveau du moteur dans ce pire cas ? Quelle est la puissance requise au niveau de son alimentation puis en entrée du CEP ?
- 2.9 Quelle énergie la batterie doit-elle stocker ? En déduire sa capacité en A.h.
- 2.10 Calculez finalement l'autonomie obtenue dans l'autre cas (celui étant le moins contraignant).