

DM : Asservissement

Tapis de course TC290



- Amélioration cardiovasculaire
- Remise en forme
- Rééducation fonctionnelle
- Entraînement ciblé à différentes vitesses, sur différentes inclinaisons

1. Présentation du système

L'utilisation du tapis de course est multiple et ses bienfaits sur l'organisme le sont tout autant. Ses objectifs peuvent être la perte de poids, l'amélioration cardiovasculaire ou une rééducation fonctionnelle.

Le modèle TC290 est conçu pour la pratique occasionnelle à régulière du cardio-training à domicile.

2. Problématique

Des essais ont été réalisés sur une série de 100 tapis.

Sur le pupitre, la vitesse 8km/h est sélectionnée, la vitesse réelle d'avance du tapis est mesurée à l'aide d'un tachymètre.

On constate que les vitesses mesurées vont de 7.3km/h à 8.4km/h.

Comment peut-on améliorer le système pour maîtriser la vitesse d'avance du tapis ?

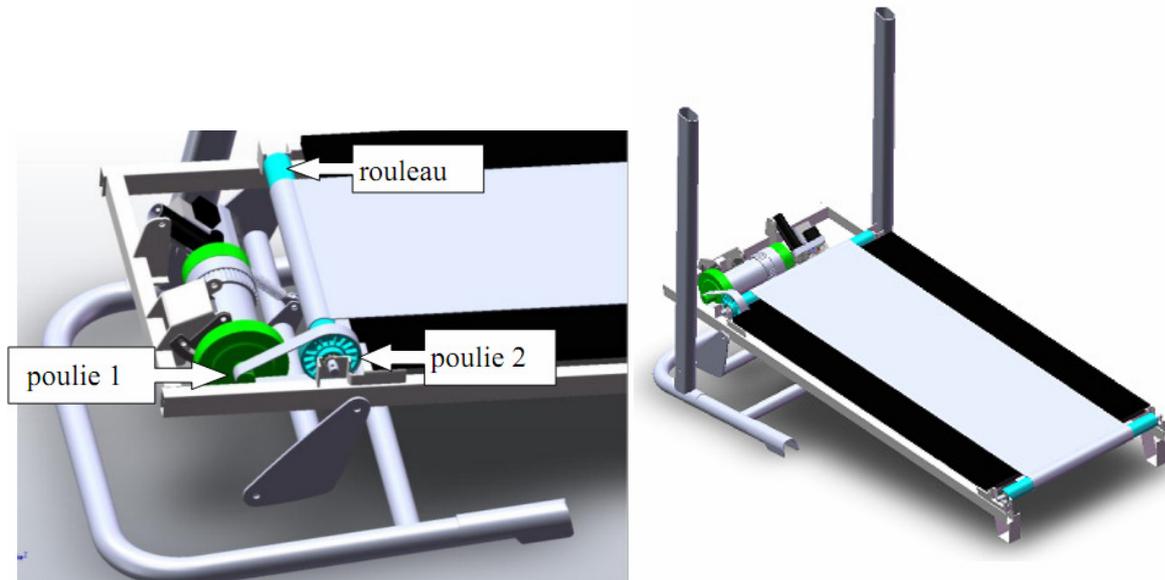
[Asservissement de type régulation](#)

3. Analyse de la problématique

Q1 : L'écart de vitesse entre la consigne de l'utilisateur et la vitesse réelle du tapis est-elle gênante ? Préciser votre réponse dans le cas où l'appareil est utilisé par un jogger occasionnel puis dans le cas où il est utilisé par un préparateur sportif. **Pour un footing ce n'est pas un problème, mais pour quelqu'un qui cherche à améliorer ses performances sportives, c'est important d'avoir une vitesse précise pour évaluer les progrès. 1 point**

4. Etude du système en boucle ouverte

Q2 : Compléter la chaîne d'énergie ci-dessous avec les éléments suivants : Energie mécanique de rotation adaptée, Rouleau d'entraînement et tapis, Energie mécanique de translation, Energie électrique, Système poulies courroie, Energie mécanique de rotation, moteur.



Données :

$$R_{\text{rouleau}} = 2.075 \text{ cm}$$

$$R_{\text{poulie 1}} = 1.14 \text{ cm}$$

$$R_{\text{poulie 2}} = 4.47 \text{ cm}$$

Q3 : Ecrire la relation liant la vitesse de rotation du rouleau du tapis N_{rouleau} (tr/s) et la vitesse de rotation du moteur N_{moteur} (tr/s). Le coefficient reliant ces vitesses sera appelé K_{poulie} .

$$\text{Vitesse d'avance courroie} = N_{\text{poulie 1}} R_{\text{poulie 1}} = N_{\text{poulie 2}} R_{\text{poulie 2}}$$

$$\text{et } N_{\text{rouleau}} = N_{\text{poulie 2}} \text{ et } N_{\text{moteur}} = N_{\text{poulie 1}} \text{ d'où } N_{\text{rouleau}} = (R_{\text{poulie 1}} / R_{\text{poulie 2}}) * N_{\text{moteur}}$$

$$\text{Ou encore } N_{\text{rouleau}} = K_{\text{poulie}} * N_{\text{moteur}} \text{ avec } K_{\text{poulie}} = 114/447 = 0,255$$

Q4 : Ecrire la relation liant la vitesse de translation du tapis V_{tapis} (km/h) et la vitesse de rotation du rouleau N_{rouleau} (tr/s). Le coefficient reliant ces vitesses sera appelé K_{rouleau} .

$$V_{\text{tapis}} = 2\pi * N_{\text{rouleau}} * R_{\text{rouleau}} * 10^{-2} * 3,6$$

$$\text{on pose } K_{\text{rouleau}} = 2\pi * 3,6 * 10^{-2} * R_{\text{rouleau}} = 0,226 * R_{\text{rouleau}} = 0,47$$

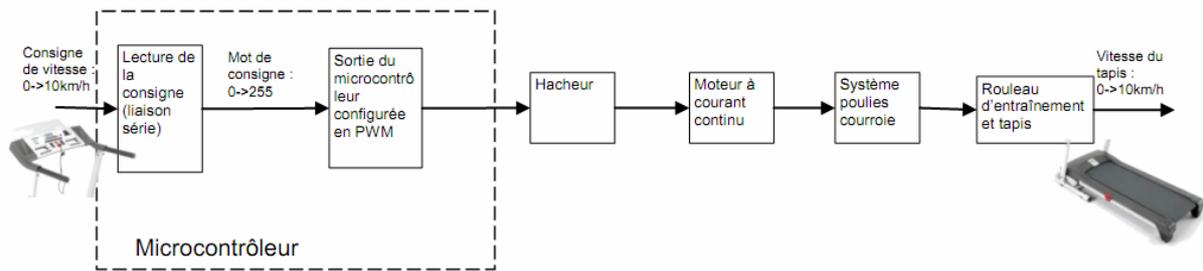
Q5 : Pour une vitesse d'avance du tapis de 10km/h, calculer la vitesse de rotation de l'axe du moteur N_{moteur} (tr/s).

$$V_{\text{tapis}} = K_{\text{rouleau}} * N_{\text{rouleau}} \text{ d'où } N_{\text{rouleau}} = V_{\text{tapis}} / K_{\text{rouleau}} = 10/0,4693 = 21 \text{ tr/s}$$

$$N_{\text{rouleau}} = K_{\text{poulie}} * N_{\text{moteur}} \quad N_{\text{moteur}} = N_{\text{rouleau}} / K_{\text{poulie}} = 21/0,255 = 82,35 \text{ tr/s d'où}$$

$$N_{\text{moteur}} = 4941,17 \text{ tr/min}$$

Etude statique en boucle ouverte



Q6 : La vitesse saisie par l'utilisateur est convertie en un mot codé sur 8 bits. A la vitesse 10km/h, correspond le mot 255. L'entrée du modulateur à largeur d'impulsion est donc un mot compris entre 0 et 255. La sortie du modulateur à largeur d'impulsion est un rapport cyclique donc une valeur comprise entre 0 et 1. Déterminer le gain du modulateur (K_{PWM}).

$K_{PWM}=1/255$

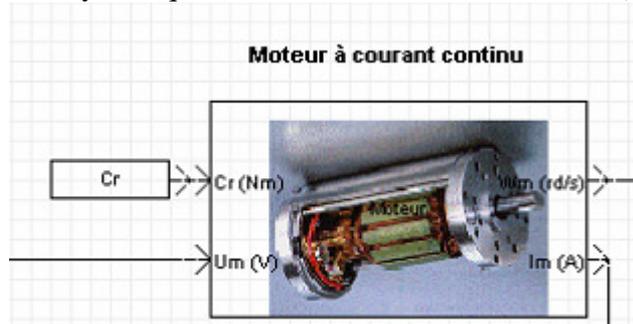
Q7 : Le hacheur permet de faire varier la tension d'alimentation du moteur. Il reçoit, en entrée, un rapport cyclique compris entre 0 et 1 et il fournit en sortie une tension comprise entre 0 et 90V. Déterminer le gain du hacheur ($K_{hacheur}$).

$K_{hacheur}=90$

Q8 : le moteur électrique à courant continu est alimenté sous une tension comprise entre 0 et 90V. A une tension d'alimentation de 90V correspond une vitesse de rotation de l'axe, en régime établi, de 83tr/s. Calculer K_{moteur} .

$K_{moteur}=83/90$

Une analyse comportementale du modèle numérique du tapis de course avec la valeur C_r correspondant au couple résistant qui freine le moteur lorsque l'utilisateur appuie sur le tapis à chaque foulée nous donne des résultats sur un écart important entre la consigne et la vitesse réelle. On néglige tous les autres frottements intervenant sur le moteur (frottements aérodynamiques, frottements de transmission...)



Q9 : Conclure sur les types de perturbation pouvant avoir une influence sur la vitesse du tapis.
Les à-coups dus à la course et la corpulence du coureur modifient la vitesse du tapis.

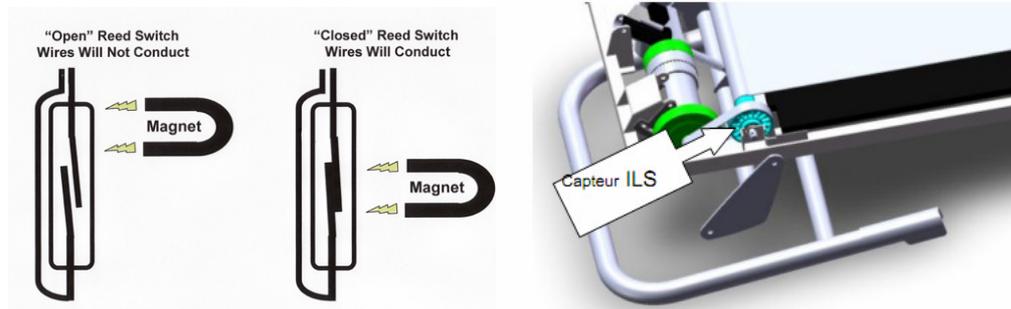
Etude du système en boucle fermée

Pour pouvoir maîtriser la vitesse d'avance du tapis, on décide de réaliser une boucle d'asservissement sur le système.

Q10 : Quel(s) type(s) de capteurs utiliseriez-vous pour la chaîne de retour ? **tachymètre** Où placeriez-vous la boucle de retour ? **sur le rouleau**

TSSI : Régulation et asservissement

Un capteur, de type ILS (Interrupteur à lames souples), est présent sur la poulie réceptrice. A chaque tour du rouleau, le capteur transmet une impulsion. C'est ce capteur que nous allons utiliser pour réaliser l'asservissement du système.

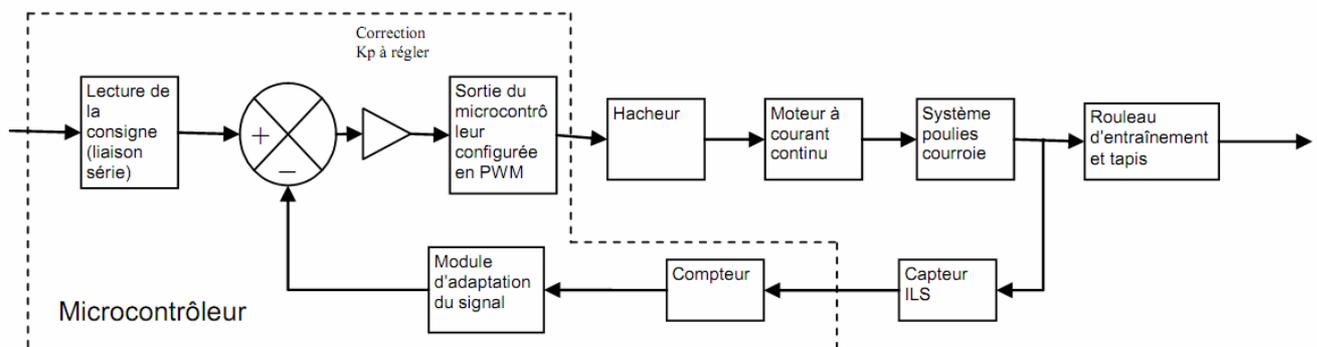


Etude statique en boucle fermée

Q11 : Le capteur ILS envoie une impulsion à chaque tour du rouleau. Le compteur permet d'avoir une fréquence en Hertz. Lorsque le tapis se déplace à 10km/h, déterminer la vitesse de rotation du rouleau en tr/s et donc la fréquence des impulsions en sortie du compteur. $N_{\text{rouleau}} = F$

Q12 : Le module d'adaptation reçoit en entrée une grandeur comprise entre 0 et 21Hz et fournit en sortie un mot compris entre 0 et 255. Déterminer le gain du module d'adaptation K_{ada} . $K_{\text{ada}} = 255/21$

Q13 : Sur le schéma ci-dessous, placer les grandeurs d'entrée et de sortie des blocs : $MOT_{\text{adapté}}$, U_{mot} , α , N_{mot} , V_{tapis} , N_{poulie} , MOT_{consigne} , Placer les gains des différents constituants :



Q14 : Exprimer l'écart (en régime statique) en fonction de la consigne et des gains du montage.

$$E = C / (1 + AB) = C / (1 + K_{\text{rouleau}} * K_{\text{poulie}} * K_{\text{moteur}} * K_{\text{hacheur}} * K_{\text{PWM}} * K_p * K_{\text{ada}})$$

Q15 : Déterminer l'erreur statique si $K_p = 1$ et que la consigne est égale à 10km/h
 $E = 10 / (1 + 0,47 * 0,255 * 83 / 90 * 90 * 1 / 255 * 1 * 255 / 21) = 10 / (1 + 0,47 * 0,255 * 83 * 1 / 21) = 6,78 \text{ km/h}$

Q16 : Déterminer le gain K_p permettant de respecter le cahier des charges ($V \pm 5\%$)

$$E = 0,5 \text{ km/h d'où } 0,5 = 10 / (1 + 0,47 * 0,255 * 83 * 1 / 21 * K_p) \text{ d'où}$$

$$1 + (0,47 * 0,255 * 83 * 1 / 21 * K_p) = 20 \quad 0,47 * 0,255 * 83 * 1 / 21 * K_p = 19$$

$$K_p = 19 / (0,47 * 0,255 * 83 * 1 / 21) = 40,11$$

TSSI : Régulation et asservissement

Systèmes asservis – Notions. Régulation et asservissement :

Régulation

On appelle régulation un système asservi qui doit maintenir constante la sortie conformément à la consigne (constante) indépendamment des perturbations.

Asservissement

On appelle asservissement un système asservi dont la sortie doit suivre le plus fidèlement possible la consigne (consigne variable).

Q17 : A quel type de système asservi correspond le système en boucle fermé ? Justifier.

Indiquer le temps de réponse à 5%

Régulation car une consigne de vitesse est choisie par l'utilisateur.

$t_{réponse}$ à 5% de l'ordre de 8s (voir diagramme)

Etude dynamique en boucle fermée

Q18 : Lorsque l'on affiche la simulation d'un modèle concurrent, courbe de réponse est la suivante :

- en bleu : la consigne,
- en vert : le modèle concurrent,
- en rouge : notre modèle.

D'après vous, quel type de correcteur a été utilisé dans ce système concurrent ? **Justifier votre réponse. PI car écart nulle.**

TSSI : Régulation et asservissement

