

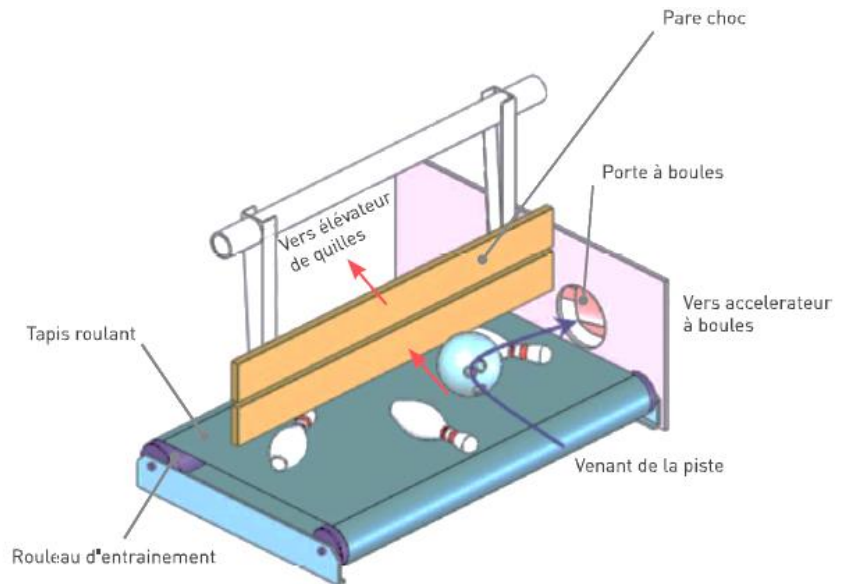
Accélérateur de boules de bowling

PRÉSENTATION

Au bowling, lors du lancer d'une boule, celle-ci tombe avec les quilles, dans une fosse placée en contrebas de la piste. Elle est constituée :

- d'un parechoc qui permet d'absorber l'impact de la boule ;
- d'un tapis roulant qui dirige les quilles vers l'élévateur à quilles en passant sous ce pare-choc.

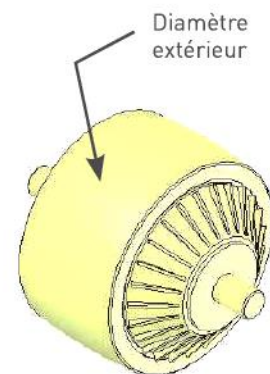
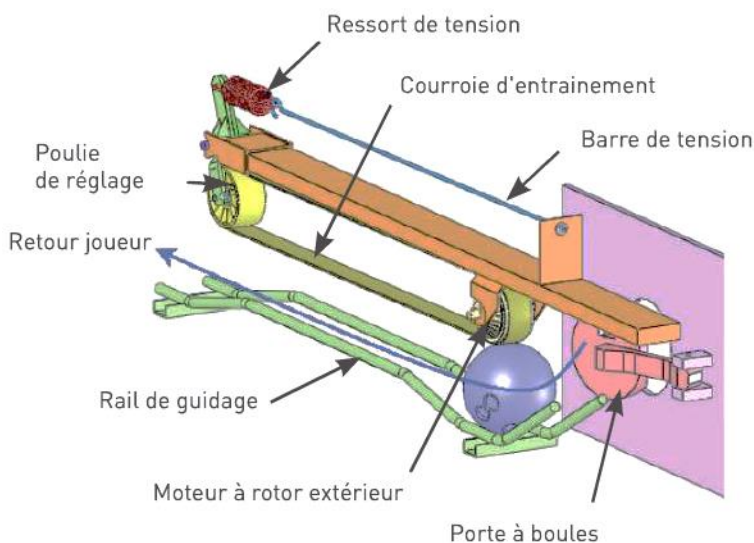
La légère inclinaison du tapis roulant permet d'amener la boule retenue par le pare choc vers l'accélérateur à boules en passant par la porte à boules.



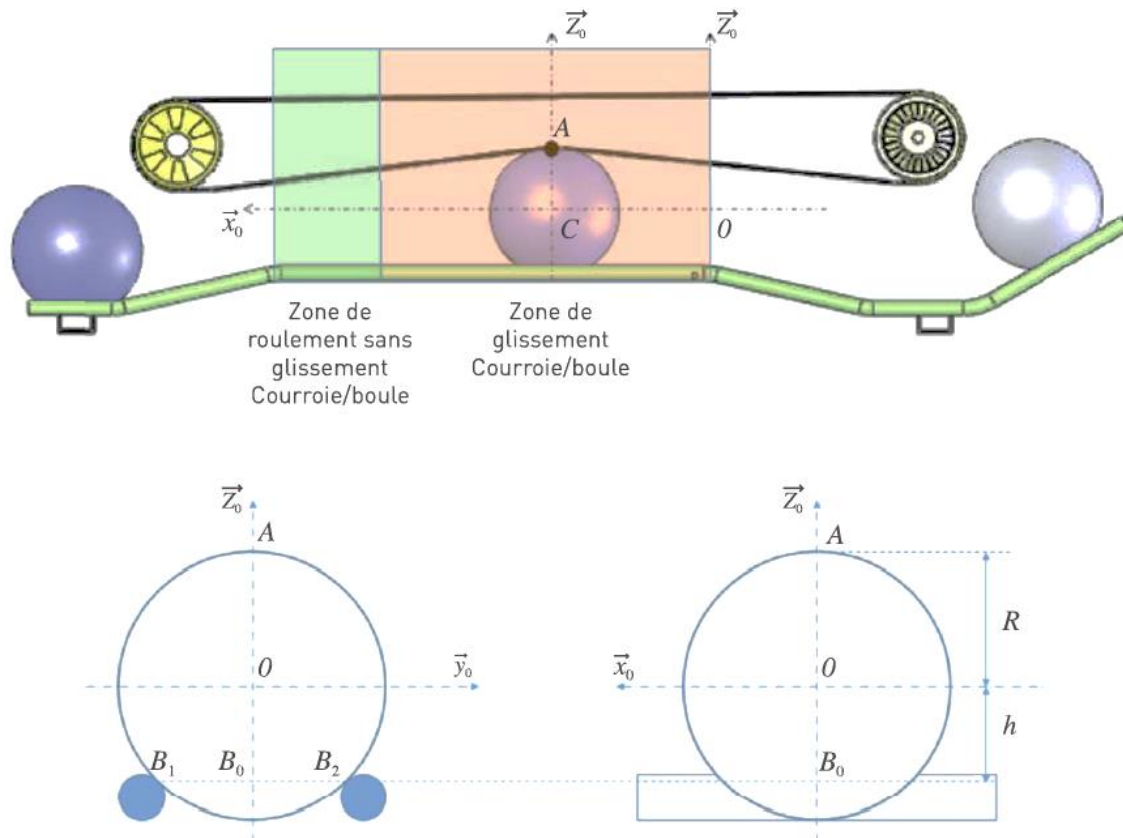
L'ACCELERATEUR DE BOULES

Montré entre deux réquilleurs, il renvoie les boules aux joueurs de chacune des deux pistes. La boule passante par la porte à boules, arrive sur la pente d'un rail de guidage qui l'amène sous une courroie d'entraînement par son propre poids. La courroie est entraînée par un moteur asynchrone à rotor extérieur (il joue le rôle de la poulie motrice).

Une poulie réceptrice articulée permet de moduler la tension de la courroie par l'intermédiaire d'un ressort et d'une barre de tension.



Diamètre extérieur du rotor du moteur :
 $D = 150 \text{ mm}$
 masse de la boule étudiée :
 $M = 5 \text{ Kg}$



EXIGENCE : ASSURER LE RETOUR DE LA BOULE

Cette exigence se traduit par assurer une vitesse de sortie de l'accélérateur de boules :

$$\overrightarrow{V_{c,Boule/Rails}} = V_s \vec{x}_0 = 1m/s$$

TRAVAIL DEMANDÉ

Pour les 2 objectifs suivants, on vous demande de :

1. présenter une démarche permettant de résoudre le problème ;
2. en suivant les indications de l'examineur, développer tout ou partie de votre démarche.

Objectif 1

Déterminer la vitesse de rotation nominale du moteur afin de répondre à l'exigence

Objectif 2

On souhaite asservir la vitesse de rotation du moteur. Proposer une modélisation visant à étudier les performances de l'asservissement du moteur.

Objectif 1

Déterminer la vitesse de rotation nominale du moteur afin de répondre à l'exigence.

Démarche

On part de la vitesse connue, il faut répondre aux deux points suivants :

- 1- Relier la vitesse du centre de la boule $\overrightarrow{V_{O,Boule/Rails}}$ à la vitesse de la courroie $\overrightarrow{V_{O,Courroie/Rails}}$
- 2- Relier la vitesse de la courroie $\overrightarrow{V_{O,Courroie/Rails}}$ à la vitesse de rotation moteur.

Résolution

- Le point 2 est plus « simple » à traiter

En supposant que la courroie ne glisse pas sur le tambour moteur, on a :

$$\overrightarrow{V_{A,Courroie/Rails}} = \frac{D}{2} \omega_m \vec{x}_0$$

- Pour la partie 1, il peut être intéressant de faire un graphe des liaisons mais n'est pas indispensable compte tenu de la simplicité du système

$$\overrightarrow{V_{A,Boule/Rails}} = \overrightarrow{V_{A,Boule/Courroie}} + \overrightarrow{V_{A,Courroie/Rails}}$$

$$\text{RSG en A entre la courroie et la boule : } \overrightarrow{V_{A,Boule/Courroie}} = \vec{0}$$

$$\text{Donc : } \overrightarrow{V_{A,Boule/Rails}} = \frac{D}{2} \omega_m \vec{x}_0$$

$$\text{Or : } \overrightarrow{V_{A,Boule/Rails}} = \overrightarrow{V_{O,Boule/Rails}} + \overrightarrow{AO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{Boule/Rails}}$$

$$\frac{D}{2} \omega_m \vec{x}_0 = V_s \vec{x}_0 - R \vec{z}_0 \wedge \omega_b \vec{y}_0 \text{ avec } \omega_b \text{ inconnu}$$

$$\text{Soit en projection sur } \vec{x}_0 : \frac{D}{2} \omega_m = V_s + R \omega_b \text{ [eqA]}$$

$$\text{Or : } \overrightarrow{V_{A,Boule/Rails}} = \overrightarrow{V_{B_1,Boule/Rails}} + \overrightarrow{AB_1} \wedge \overrightarrow{\Omega_{Boule/Rails}} \text{ (raisonnement qui marche aussi en } B_2)$$

$$\text{Le RSB en } B_1 \text{ donne : } \overrightarrow{V_{B_1,Boule/Rails}} = \vec{0}$$

$$\frac{D}{2} \omega_m \vec{x}_0 = [-(R+h) \vec{z}_0 - ? \vec{y}_0] \wedge \omega_b \vec{y}_0$$

$$\text{Soit en projection sur } \vec{x}_0 : \frac{D}{2} \omega_m = (R+h) \omega_b \text{ [eqB]}$$

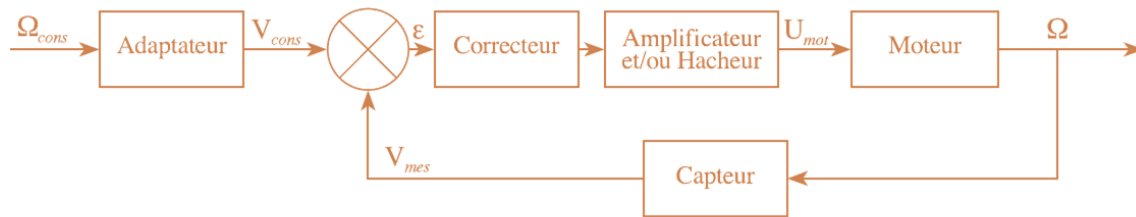
$$\text{Les [eqA] et [eqB] donnent : } \frac{D}{2} \omega_m = V_s + R \frac{\frac{D}{2} \omega_m}{(R+h)}$$

$$\text{Soit } \omega_m \left(1 - \frac{R}{R+h}\right) = \frac{2}{D} V_s \Rightarrow \omega_m = -\frac{2}{D} \frac{R+h}{R} V_s$$

Objectif 2

On souhaite asservir la vitesse de rotation du moteur. Proposer une modélisation visant à étudier les performances de l'asservissement du moteur

Schéma bloc fonctionnel simple de la forme suivante :



Modélisation du moteur

Si on avait eu un MCC, il serait modélisable soit par un 1^{er} ordre (avec L négligeable, hypothèse prise ici $\frac{K_m}{1+\tau_m p}$) soit par un second ordre.

Choix du capteur

Codeur incrémental ou génératrice tachymétrique plus simple

Modélisable par un gain K_{capt} sur la plage de données d'utilisation de celui-ci

Adaptateur

Présent pour comparer des entrées de même nature, égal à K_{capt} . Lorsque la consigne est égale à la valeur mesurée, l'écart au comparateur est nul.

Hacheur

Le correcteur numérique placé avant traite un nombre qui doit être converti en tension sous forme créneau à une fréquence donnée à partir d'une alimentation continue constante. Comme un MCC est un système « passe bas », il filtre les hautes fréquences. De ce fait, il se comporte face à cette tension discontinue, comme s'il recevait une tension continue à la valeur de la moyenne du signal entrant. On peut donc modéliser le hacheur par un gain : K_{hach}

Choix du correcteur

$FTBO_{NC} = K_{capt} K_{hach} \frac{K_m}{1+\tau_m p}$ de classe 0 donc d'erreur statique non nulle pour une entrée en échelon (vraisemblable pour ce système)

Il faut donc augmenter la classe d'au moins 1 pour avoir un système précis

Il faut donc rajouter un correcteur de type intégrateur. On propose un correcteur PI de type $C(p) = K_p \frac{1+\tau_i p}{\tau_i p}$ car il influe moins sur la rapidité et la stabilité qu'un intégrateur pur mais influe quand même. A affiner en fonction du CdCf