

Modélisation du système de tension d'une cordeuse

Problématique

Pour que les joueurs de tennis ou de badminton puissent atteindre leur meilleur niveau de jeu, il est indispensable que leurs raquettes soient correctement cordées à la tension souhaitée. En effet, de nombreux tennis-elbow sont souvent provoqués par des raquettes neuves mais mal cordées.

Les centres de compétition et les magasins spécialisés disposent de machines improprement appelées « à corder les raquettes » (ou « cordeuse » dans le texte) du type de celle qui sera étudiée.

Le choix de la tension des cordes est extrêmement important, car de ce choix dépend la manière de jouer. En moyenne, les tamis actuels supportent des tensions allant de 24 Kg à 30 Kg. Plus une tension est importante et plus le contrôle de la balle sera facilité, par contre, le joueur aura moins de puissance, de confort, de toucher et la longévité de la raquette sera diminuée.

Un joueur de tennis souhaite avoir une raquette cordée toujours de la même façon. S'il est nécessaire de changer le type de corde (cordage rompu, nouveau cadre...), la maîtrise d'une tension précise dans celle-ci est une nécessité.



L'objectif du travail proposé est de mettre en place un modèle du système de tension d'un brin de corde de manière à montrer l'influence du type de corde sur la tension obtenue dans celle-ci.

Organisation de la séance

A la fin de la séance, vous devez obtenir une courbe qui représente l'évolution de la tension dans une corde lors de la mise en tension qui soit proche de celle obtenue expérimentalement.

Les objectifs de la séance sont :

- Mettre en place un modèle du système à partir de son architecture
- Utiliser des modèles de connaissances pour déterminer les caractéristiques de certains constituants
- Réaliser quelques expérimentations et en déduire des modèles de comportement
- Lancer une simulation et valider le modèle puis répondre à la problématique.

Sur votre PC, lancer le logiciel Scilab puis le module Xcos . Dans la fenêtre sans titre, cliquer sur Fichier/Ouvrir et sélectionner le fichier « modele_cordeuse_vide.zcos ».

Ce modèle contient l'ensemble des constituants de la cordeuse utiles vis à vis de la fonction tendre une corde. Chaque composant nécessite un paramétrage. La plupart des blocs sont déjà renseignés. Les seuls blocs non paramétrés sont ceux que vous déterminez dans le tp.

Pour renseigner les valeurs manquantes, il suffit de faire un clic droit sur le fond d'écran et cliquer sur Modifier le contexte puis mettre des valeurs différentes de 1 pour les quelques constantes déterminées dans les autres parties : R_m , k , f , Cr (constantes du moteur), R rayon poulie, η rapport de transmission, K_r raideur du ressort.

Une fois que vous aurez répondu à toutes les questions du TP, il vous suffira de renseigner les valeurs numériques des constantes dans les blocs étudiés et lancer une simulation en cliquant sur le bouton .

Partie A - Expérimentations, modèles de comportement

Manipulation n° 1 - sans corde

Vérifier que la machine est allumée (sinon appuyer sur le bouton à droite de la cordeuse et le bouton à l'arrière de la centrale de mesure blanche). Pour la centrale de mesure, un témoin lumineux vert doit être

allumé.

Sans avoir mis de corde, appuyer sur le bouton noir au-dessus du clavier. Constaté le déplacement du chariot de sa position avant à sa position arrière et son retour automatique en position avant. Le système affiche désormais une tension par défaut de 4kg.

Appuyez sur la touche V du pupitre pour modifier la vitesse de translation du chariot. 3 vitesses peuvent être sélectionnées. Elles sont numérotées 1,2,3 (dans le coin bas gauche du tableau d'affichage du pupitre). Choisir la vitesse 1.

Sur l'ordinateur, lancer le logiciel de mesure en exécutant cordeuse_SP55. Lancer une campagne de mesure en cliquant sur "mesure". Demander un départ de mesure en cliquant sur "initialiser". Appuyez au moins une seconde sur le « bouton départ » de la centrale de mesure blanche. Le décompte de temps sur le PC doit commencer.

Pendant 10 secondes la centrale va enregistrer les valeurs des paramètres mesurés (phase d'acquisition). Automatiquement, après ces 10 secondes, la centrale va envoyer ces valeurs au PC.

Choisir la première vitesse puis 2 secondes après le début de l'acquisition, mettre en mouvement le chariot en appuyant sur le bouton noir et le laisser faire un aller-retour. Attendre la fin du transfert des données vers le PC. Refaire la même manipulation pour les deux autres vitesses. Fermer cette fenêtre à la fin des acquisitions.



Cliquer sur  pour tracer des courbes de mesures.

Sélectionner en abscisse  Abscisse le temps et en ordonnées  Ordonnée la tension dans le moteur. Cocher les mesures réalisées et cliquer sur Tracer. Relever les valeurs constantes de la tension pour les trois mesures. Faire de même avec l'intensité et la vitesse angulaire du moteur. Bien noter les unités.

Lors d'un déplacement sans corde, le moteur est régi par l'équation électrique suivante:

$u(t) = R_m i(t) + L_m \frac{di(t)}{dt} + k \omega(t)$ où $u(t)$ est la tension aux bornes de celui-ci et $i(t)$ l'intensité le parcourant, tandis que $\omega(t)$ est la vitesse angulaire de l'axe moteur. R_m , L_m et k sont des constantes caractéristiques du moteur. Le couple moteur est donné par $C_m = k i(t)$. Ces constantes sont généralement données dans la documentation constructeur. En l'absence de documentation, on procède à une détermination expérimentale de ces valeurs.

Comment se simplifie cette équation en régime permanent ? Exploiter les mesures précédentes et en déduire les valeurs de R_m et k . Faire une moyenne des valeurs obtenues si nécessaire.

L'équation de dynamique de la cordeuse est la suivante : $J \frac{d\omega}{dt} + f \omega = C_m - C_r$ où J est appelée l'inertie équivalente, f est un coefficient de frottement visqueux et C_r un couple résistant dû aux frottements secs.

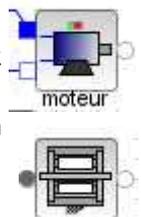
Exploiter à nouveau les mesures pour en déduire f et C_r supposés constants.

Pour déterminer J et L on se placerait en régime transitoire et à l'aide des constantes de temps sur la vitesse et l'intensité on pourrait identifier ces valeurs. On prendra donc les valeurs suivantes :

$L_m = 0,001 \text{ H}$ et $J = 1 \text{e-}6 \text{ kg.m}^2$

Renseigner les valeurs du modèle du moteur à courant continu dans le logiciel Xcos en double cliquant sur le bloc et en entrant R_m , L_m , k , J

Pour introduire les frottements visqueux et secs, il est possible de mettre à la suite du bloc moteur un bloc RotationalFriction de la palette Mécanique/Rotation 1D/Basique.

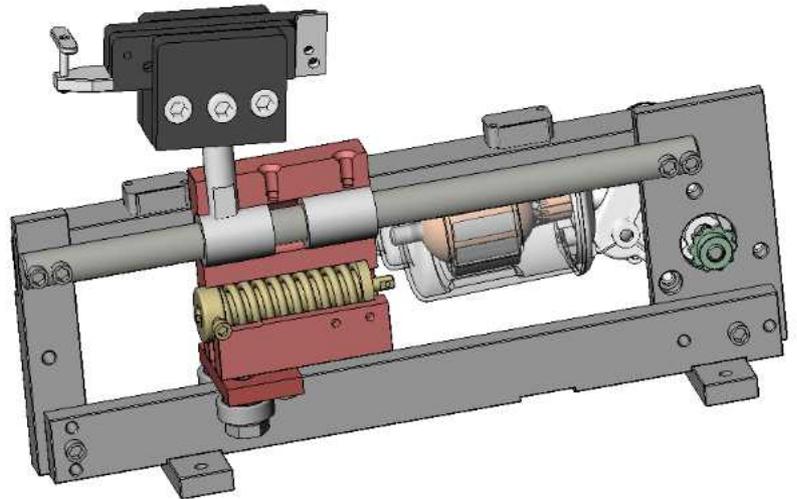


Partie B - Détermination de constantes par modèles de connaissance

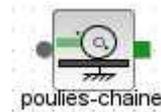
Vous avez à disposition le mécanisme de transmission mécanique du moteur au chariot.

Le mouvement de rotation du moteur est transmis en mouvement de translation du chariot par l'intermédiaire d'un système de poulies-chaîne et d'un réducteur.

La poulie, de rayon R , permet ensuite de transformer la rotation en sortie du réducteur en une translation de la chaîne (et donc du poussoir). On note x_{poussoir} la translation du poussoir (solidaire de la chaîne) et θ_r la rotation en sortie du réducteur.

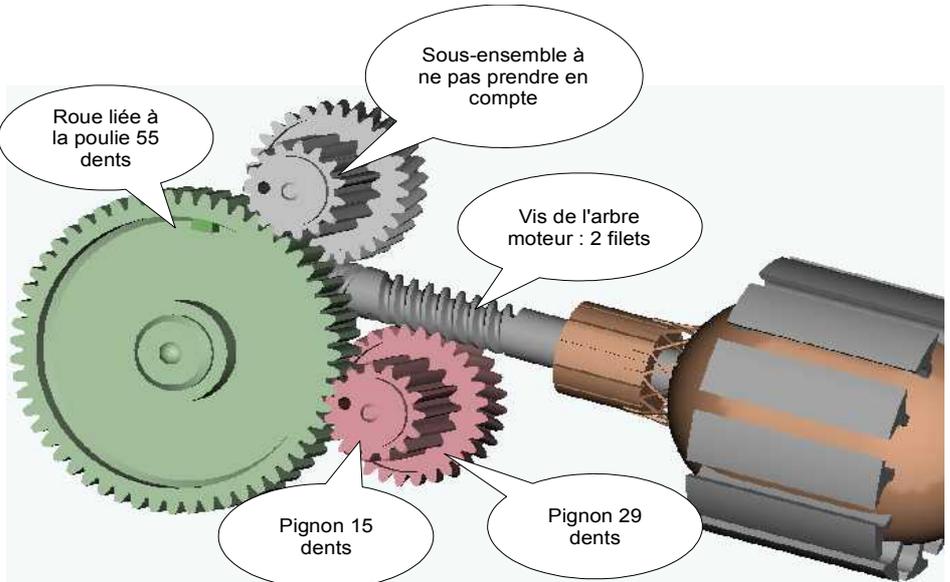


Donner la relation entre x_{poussoir} et θ_r en fonction de $R=10\text{mm}$. Compléter le bloc



L'image suivante permet de comprendre comment la réduction de vitesse angulaire entre le moteur et la poulie est réalisée. Les nombres de dents sont de 15, 29, 55. La vis possède 2 filets (c'est à dire deux hélices imbriquées). On remarque que le système possède deux sous-ensembles identiques (2 vis sur le même arbre, deux pignons intermédiaires). **Un seul sous-ensemble est nécessaire pour déterminer le rapport de réduction**

$\eta = \frac{\omega_r}{\omega_m}$. Vous pouvez utiliser la maquette contenant le moto-réducteur pour visualiser le réducteur ou la maquette numérique si disponible.



Déterminer le rapport de transmission (inverse du rapport de réduction) $\eta = \frac{\omega_m}{\omega_r}$ en fonction des données de la figure, avec ω_m la vitesse de rotation du moteur et ω_r celle de la roue liée à la poulie. Quel est l'intérêt d'avoir deux sous-ensembles identiques ? Compléter le bloc reducteur



Manipulation n° 2 - avec corde

Faire passer l'extrémité libre de la corde dans l'œillet central du rail de sélection. Bloquer la corde dans le mors de tirage en l'engageant dans la fente médiane (on appelle cette solution constructive un coin). Appuyer sur le bouton noir au-dessus du clavier. Constater que le chariot se déplace et maintient la corde sous tension.

Un deuxième appui sur le bouton noir ramène le chariot en position avant.

Lancer une mesure et après un décompte de 2 secondes, appuyer sur le bouton pour que la corde soit tendue et avant la fin du décompte appuyer à nouveau sur le bouton pour que le chariot revienne en position initiale.

Tracer l'évolution de l'effort (ordonnée) dans le ressort (F_r) en appui entre le mors et le poussoir lié à la

chaîne (c'est cet effort qui sert à évaluer l'effort de tension dans la corde) en fonction de l'écrasement du ressort E_r (abscisse).

Justifier l'allure de la courbe obtenue et proposer une valeur pour la raideur du ressort K_r . Entrer cette valeur dans le bloc. Vérifier à l'aide du mécanisme que l'ordre de grandeur de la raideur est cohérent.



Partie C - Élaboration du schéma-bloc acausal de la cordeuse

Dans cette partie, vous allez devoir finir de mettre en place le schéma-bloc en reliant les blocs correctement.

Rappel : deux connecteurs n'ayant pas la même forme et pas la même couleur (peu importe s'il est plein ou vide) ne peuvent pas être reliés ensemble (sous peine d'un message d'erreur incompréhensible lors de la simulation !).

Attention : si vous reliez mal les blocs entre eux, la simulation ne se fera pas (message d'erreur).

La désignation des différents blocs intervenant dans le modèle acausal de la cordeuse est décrite dans le schéma-bloc. Ce modèle acausal est très proche de la représentation par chaînes d'énergie et d'information.

L'ensemble de mise en tension est constitué des éléments mécaniques suivants :

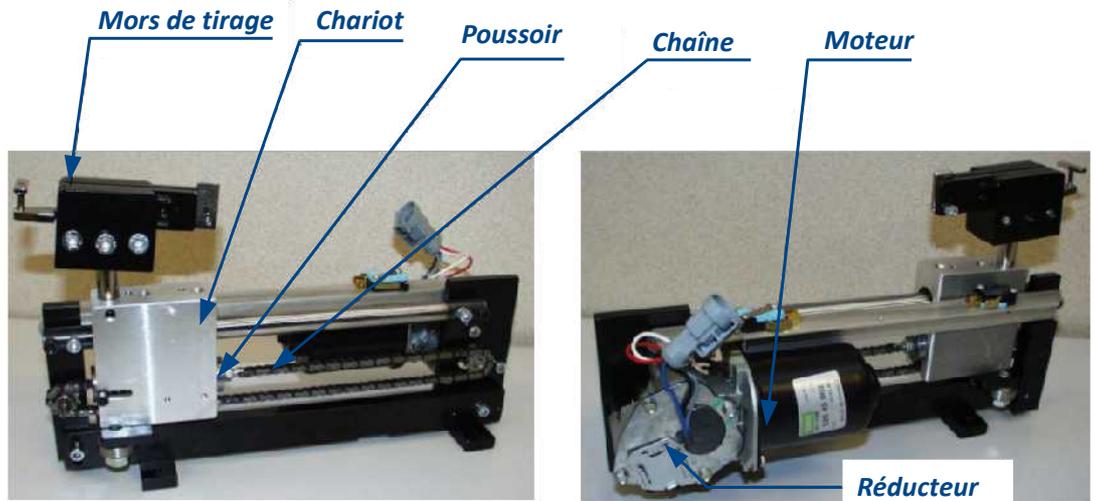
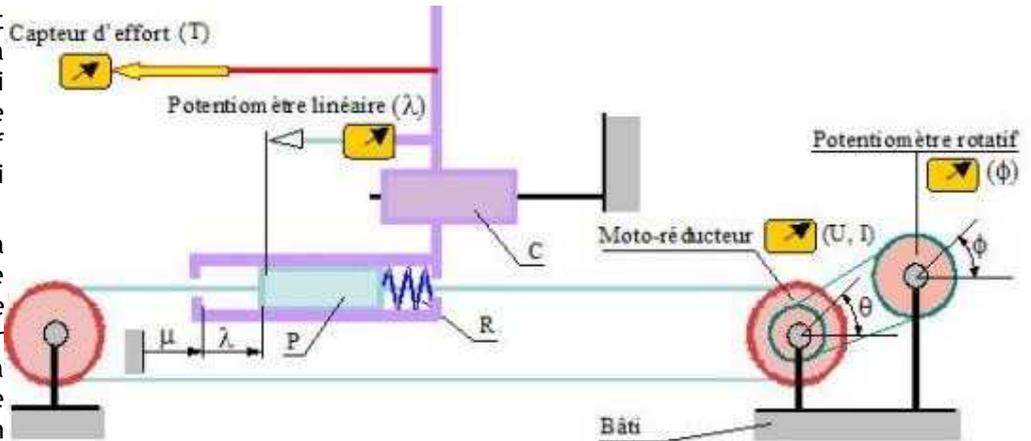


Illustration 1: Partie opérative de la cordeuse de raquette

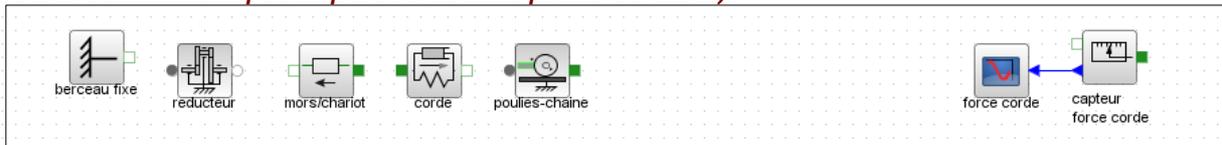
Le brin tendu de la chaîne est attaché à un poussoir (P) à l'intérieur du chariot, en appui sur celui-ci par l'intermédiaire d'un ressort calibré (R) (cf figures ci-après et mallette si disponible).

Lors d'une mise en tension de la corde, le poussoir (P) se déplace vers la droite (on note μ le déplacement du poussoir par rapport au bâti égal à celui de la chaîne). Le poussoir écrase le ressort R et a donc un mouvement relatif par rapport au chariot. Ce déplacement relatif (noté λ) est mesuré par un potentiomètre linéaire (capteur de position démonté à observer sur la cordeuse) qui envoie à la carte électronique un signal correspondant à l'image de la tension (force) dans la corde. La carte électronique compare cette tension dans la corde à la tension de consigne donnée sur le pupitre et commande alors le moteur à courant continu par l'intermédiaire d'un préactionneur (hacheur situé sur la carte électronique).



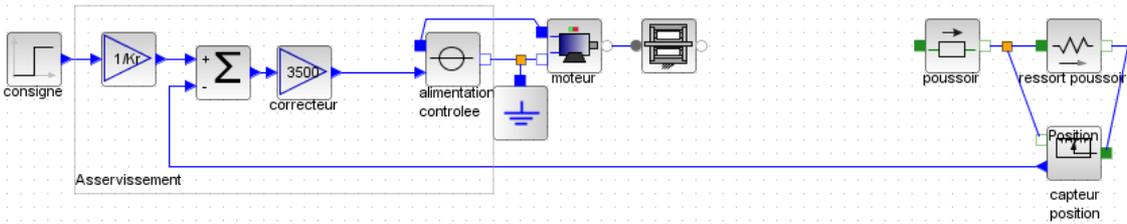
Observer les éléments décrits précédemment (potentiomètre linéaire, carte électronique, moteur, réducteur, poulie-chaîne, poussoir, ressort, chariot, corde) et proposer un schéma des chaînes fonctionnelles d'énergie et d'information.

Dans le logiciel Xcos, déplacer les blocs et les relier entre eux de manière cohérente (respecter les couleurs des connecteurs peu importe s'ils sont pleins ou vides).



Blocs à repositionner de manière cohérente

Time 10



Vous pouvez ajouter si nécessaire des scopes pour visualiser le signal envoyé par le capteur et le comparer à la tension dans la corde.

Synthèse

Après avoir renseigné les différentes constantes dans le schéma-bloc complet et lancé une simulation, comparer la tension réelle de la corde pour une consigne de 15 kgf (soit 150N) en prenant successivement des valeurs de raideur de corde égale à 4 Nm/m et 8 Nm/m (bloc Corde). Conclure sur la problématique d'influence de la structure en fonction du type de corde.