

CENTRE D'INTÉRÊT SLCI-3

MODÉLISER LES SYSTÈMES LINÉAIRES CONTINUS INVARIANTS

IDENTIFIER ET CARACTÉRISER UN MODÈLE DE COMPORTEMENT

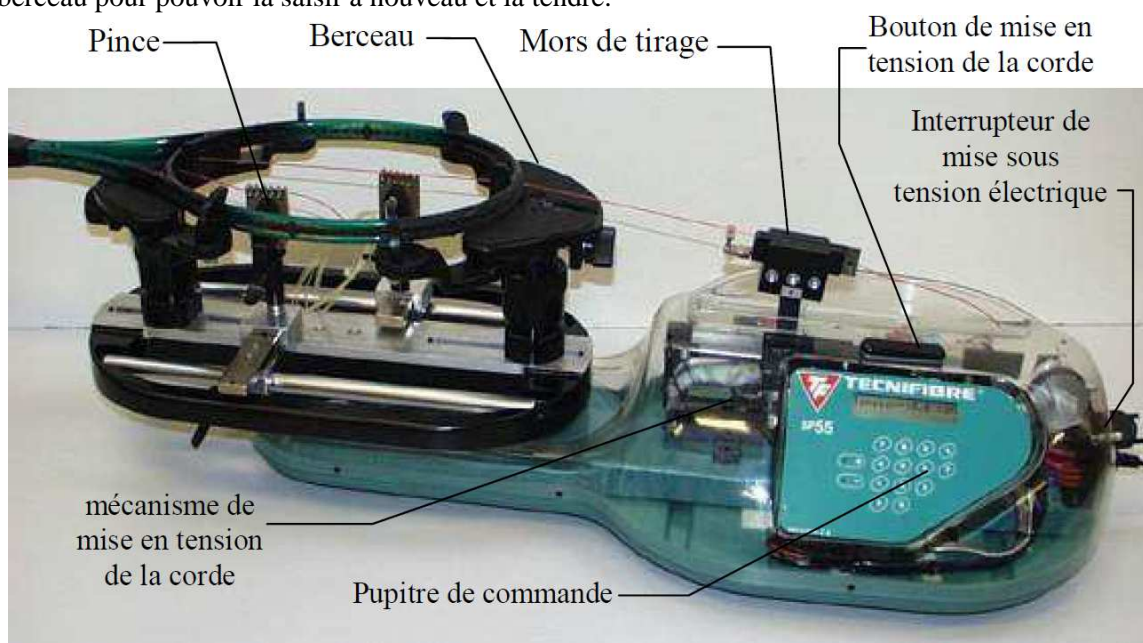
1 Présentation

1.1 Introduction

Le cordage d'une raquette de tennis ou de badminton nécessite de nombreuses opérations manuelles. La partie automatisée de la machine permet de tendre la corde avec précision.

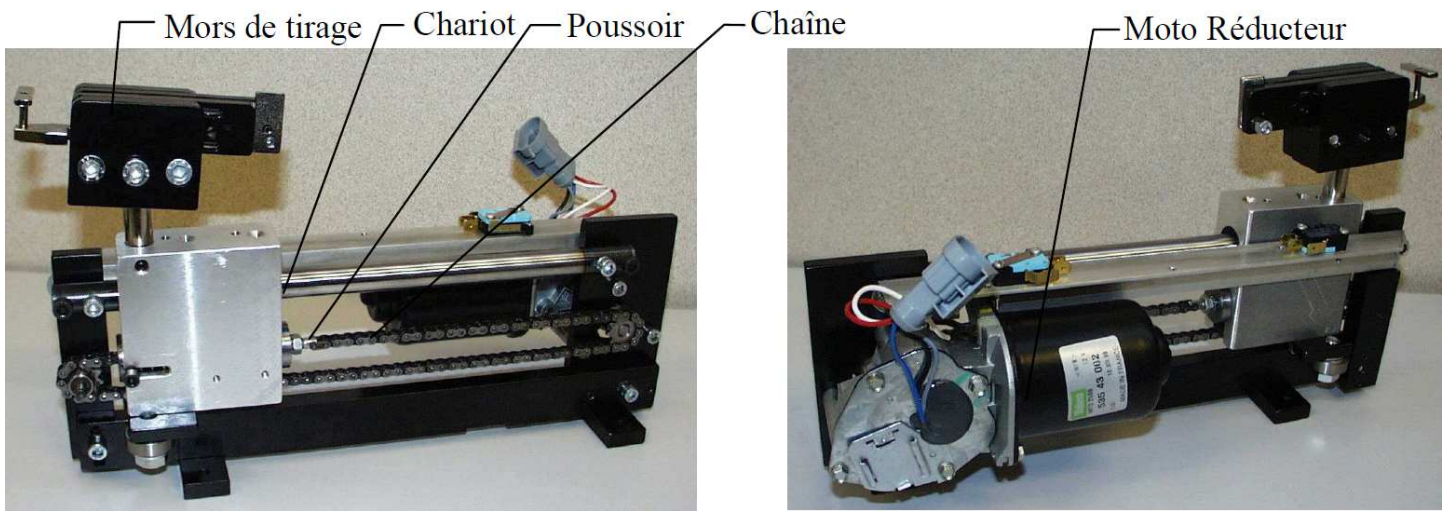
Le cadre de la raquette est fixé sur le berceau. L'extrémité de la corde est attachée sur le cadre puis glissée dans le mors de tirage. L'opérateur met la machine sous alimentation électrique, saisit au clavier la tension à appliquer et appuie sur le bouton de mise en tension de la corde. Le système, asservi en effort, ajuste la valeur de la tension.

Des pinces maintiennent la corde pendant que l'opérateur la retire du mors, la glisse au travers des Jillets du cadre et retourne le berceau pour pouvoir la saisir à nouveau et la tendre.



1.2 Système de mise en tension de la corde

Le module de mise en tension est constitué principalement d'un moto réducteur et d'une transmission par chaîne. Celle-ci assure le déplacement du chariot qui porte le mors de tirage.

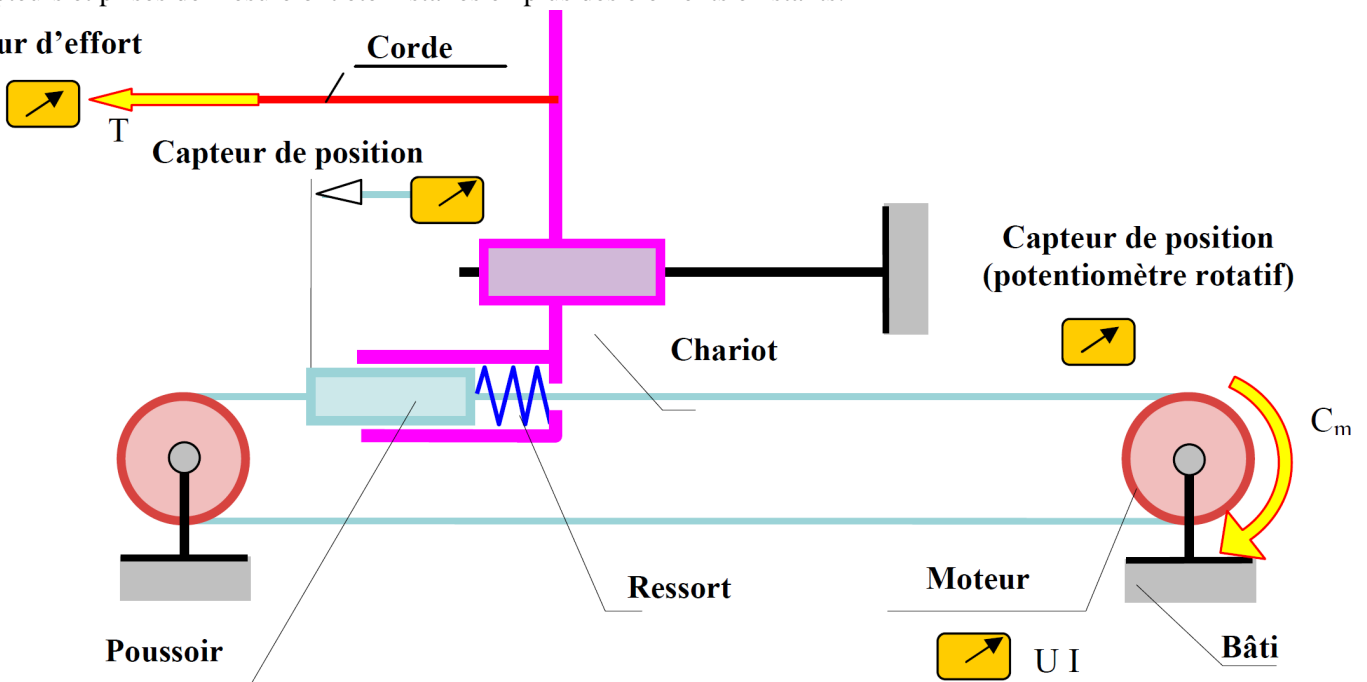


Le brin tendu de la chaîne est attaché à un poussoir qui s'appuie sur le chariot par l'intermédiaire d'un ressort calibré. Lors de l'opération de tension de la corde, le poussoir se déplace vers la droite par rapport au chariot en écrasant le ressort (voir schéma ci-dessous). Ce déplacement est mesuré par un potentiomètre linéaire qui envoie un signal, image de la tension dans la corde, à la carte électronique. Celle-ci gère alors la commande du moteur nécessaire à la réalisation précise de la tension souhaitée.

1.3 Instrumentation de la station

Des capteurs et prises de mesure ont été installés en plus des éléments existants.

Capteur d'effort



2 Modélisation du mécanisme de mise en tension

2.1 Prise en main de la maquette

- Fixer une extrémité de la corde sur le capteur d'effort et l'autre dans le mors de tirage en la tendant légèrement,

- mettre la machine sous tension (bouton à droite du pupitre),
- saisir sur le pupitre la tension souhaitée (20 daN ou 20kgf),
- appuyer sur le bouton poussoir (au dessus du pupitre),
- observer le léger mouvement alternatif du mors de tirage lorsque la corde est tendue,
- appuyer à nouveau sur le bouton poussoir pour relâcher la tension.

2.2 Schéma bloc de l'asservissement

2.2.1 Notations

- $c_m(t)$ couple exercé par le moteur en N.m
- $c_r(t)$ couple résistant dû à la tension de corde ramené sur l'arbre du moteur en N.m
- $f_c^*(t)$ la force de consigne à appliquer à la corde en N
- $f_c(t)$ force effective appliquée à la corde en N
- $f_r(t)$ force exercée par le ressort en N
- $f_f(t)$ force de frottement dans la liaison glissière du chariot avec le bâti en N
- $\omega_m(t)$ vitesse angulaire du moteur en rd/s
- $\omega_r(t)$ vitesse angulaire à la sortie du réducteur en rd/s
- $u(t)$ tension d'alimentation du moteur en V
- $e(t)$ force contre-électromotrice du moteur en V
- $i(t)$ intensité du courant qui parcourt l'induit en A
- $x(t)$ le déplacement du poussoir en m
- $x_r(t)$ l'écrasement du ressort en m
- $x_c(t)$ l'allongement de la corde en m
- f coefficient de couple de frottement visqueux ramené sur l'arbre du moteur en N.m/(rd/s)
- J inertie totale ramenée à l'arbre du moteur en kg.m²
- r rapport de réduction du réducteur ($r < 1$)
- d diamètre primitif du pignon de sortie du réducteur de vitesse en m
- K_e coefficient de force contre électromotrice en V/(rd/s)
- K_m coefficient de couple en N.m/A
- k_r raideur du ressort en N/m
- k_c raideur de la corde en N/m
- R résistance du moteur ($R=1,1\Omega$)
- K gain du capteur d'écrasement du ressort en V/m.

On notera par une majuscule les transformées de Laplace des fonctions temporelles notées en minuscule.

2.2.2 Tension appliquée à la corde

Q - 1 : *En utilisant le principe fondamental de la dynamique montrer que la force appliquée à la corde est égale à l'effort exercé par le ressort si on néglige l'inertie du chariot et les forces de frottement dans sa liaison glissière avec le bâti.*

2.2.3 Equations de comportement du moteur

- équations mécaniques :

$$c_m(t) - c_r(t) = J \frac{d\omega_m}{dt}$$

$$\text{avec } c_r(t) = r \cdot \frac{d}{2} \cdot f_c(t) + f \cdot \omega_m(t)$$

- équation électrique :

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di}{dt} + e(t)$$

- équations électromécaniques :

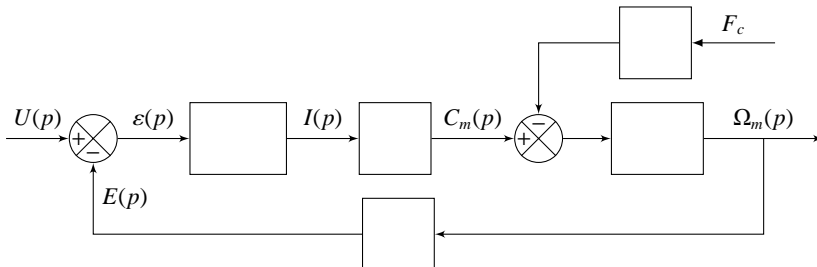
$$e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$$

$$c_m(t) = K_m \cdot i(t)$$

Q - 2 : Transformer ces équations dans le domaine de Laplace et construire le schéma bloc qui aura pour entrées la tension d'alimentation du moteur et la tension dans la corde, et pour sortie la vitesse de rotation du moteur.

2.2.4 Schéma bloc du moteur

Q - 3 : Compléter le schéma bloc suivant :



2.2.5 Réducteur de vitesse

Q - 4 : Quelle relation lie $\Omega_r(p)$ et $\Omega_m(p)$?

2.2.6 Déplacement du chariot

La chaîne roule sans glisser sur le pignon de sortie du réducteur.

Q - 5 : Que peut-on dire du déplacement $x(t)$ du poussoir par rapport à l'angle de rotation $\theta(t)$ du pignon ?

Q - 6 : Exprimer la fonction de transfert qui donne le déplacement du poussoir $X(p)$ à partir de la vitesse angulaire du moteur $\Omega_m(p)$.

2.2.7 Effort exercé par le ressort

Q - 7 : Quelle relation lie $F_r(p)$ et $X_r(p)$? Quelle relation lie $F_c(p)$ et $X_c(p)$?

Q - 8 : Donner la relation entre le déplacement du poussoir $x(t)$, l'écrasement du ressort $x_r(t)$ et l'allongement de la corde $x_c(t)$?

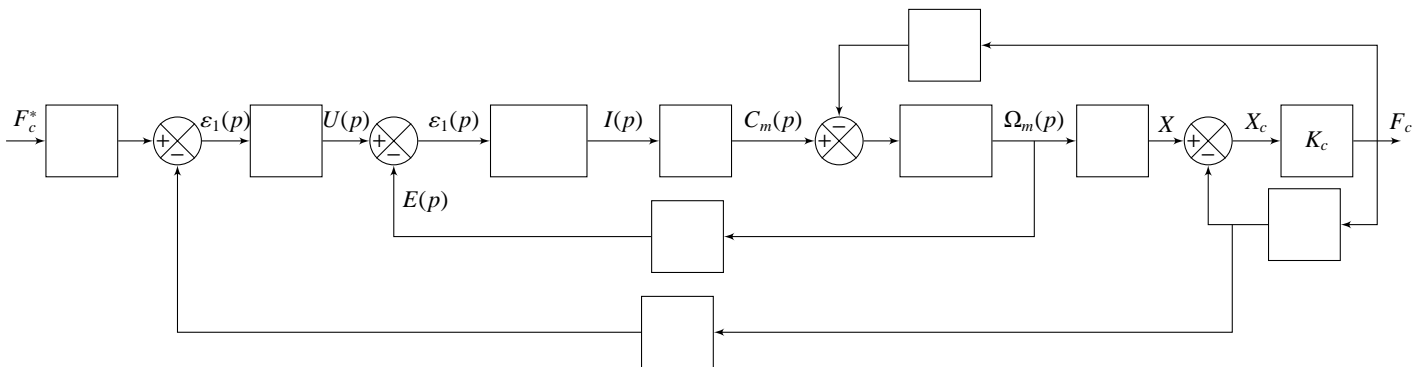
Q - 9 : Exprimer cette relation dans le domaine de Laplace.

2.2.8 Alimentation du moteur

La carte électronique élabore la tension d'alimentation du moteur à partir de l'écart $\varepsilon(t)$ entre la tension de consigne $u_c(t)$, image de la tension de consigne $f_c^*(t)$, et la tension de retour du capteur d'écrasement du ressort. On suppose que la tension d'alimentation du moteur $u_m(t)$ est proportionnelle à cet écart (amplificateur correcteur équivalent à un gain pur) : $u_m(t) = K_p \cdot \varepsilon(t)$ avec K_p sans unité.

2.2.9 Schéma bloc complet de la cordeuse

Q - 10 : Reproduire et compléter le schéma bloc complet de la cordeuse donné ci-dessous.



2.3 Acquisition de données avec le logiciel SP55

Sur la cordeuse, l'électronique de commande utilise une correction "prédictive" (ou freinage anticipé). Des algorithmes de calculs assurent un compromis optimal entre dépassement, précision et rapidité.

On utilisera ici une carte électronique externe qui remplacera la carte de la cordeuse de façon à utiliser une commande purement proportionnelle de gain K_p .

2.3.1 Procédure pour connecter la carte externe

- mettre la machine hors tension,
- brancher le connecteur carré noir à l'arrière de la machine,
- remettre sous tension (le message tension = 00.0 s'affiche)
- connecter la prise bouchon (25 broches) sur la prise correspondante (le message " Bus Occupé " s'affiche),
- brancher le connecteur 25 broches en remplacement du bouchon,
- appuyer sur la touche RESET de la carte,
- valider au clavier en appuyant sur la touche " V ",
- valider " boucle fermée " avec la touche " V "

Saisir les valeurs suivantes : $KP = 10$, $KI = 0$, $KD = 0$ et une tension de 10 daN (10 kgf) (un appui sur la touche RESET de la carte auxiliaire permet de saisir une série d'autres valeurs).

2.3.2 Procédure pour acquérir des mesures avec le logiciel

- mettre le boîtier interface cordeuse-ordinateur sous tension,
- lancer le logiciel SP55,
- établir la communication ordinateur-station en validant successivement [Mesures], [Initialiser]. Un message à l'écran indique que la mesure est prête à démarrer. On appuiera quelques secondes sur le bouton 'Départ mesure' du boîtier lorsqu'on sera prêt à exécuter l'étape suivante (la mesure durera 10s),
- appuyer sur le bouton poussoir (au dessus du pupitre) pour mettre en tension la corde,
- à la fin de l'acquisition appuyer à nouveau sur le bouton poussoir pour relâcher la corde.

2.3.3 Procédure pour afficher les courbes représentatives des paramètres du systèmes

- revenir à la page d'accueil du logiciel,
- sélectionner le bouton [Courbes],
- choisir le bouton [Abscisse], puis désigner l'icône représentant le paramètre souhaité, et procéder de la même façon avec le bouton [Ordonnée],
- sélectionner le numéro de la ou des mesures à afficher,
- sélectionner l'option [Tracer].

2.4 Utilisation des acquisitions

Lancer le document Excel joint au sujet.

Entrer les grandeurs relevées avec le logiciel SP55 et saisir les formules qui permettront de déterminer :

- le rapport de réduction du réducteur (r),
- le diamètre du pignon de chaîne (d),
- le coefficient de force contre électromotrice (K_e),
- la raideur du ressort (k_r),
- l'allongement de la corde (x_c),
- la raideur de la corde (k_c).

2.5 Influence du gain sur la force appliquée à la corde

Q - 11 : Faire une acquisition pour une force de consigne de 20 daN avec les valeurs de KP suivantes : 10, 30, 50 (ne pas aller au delà car on risque de griller le fusible de la cordeuse).

Q - 12 : Commenter les résultats.