

Sciences de
l'Ingénieur

TP n°1 : Structure fonctionnelle et comportementale d'un SLCI Cordeuse de raquette



Objectifs :

- Identifier l'organisation structurelle et comportementale d'un système,
- Modèle de connaissance d'un moteur à courant continu.

DESCRIPTIF DU BANC DE MESURE

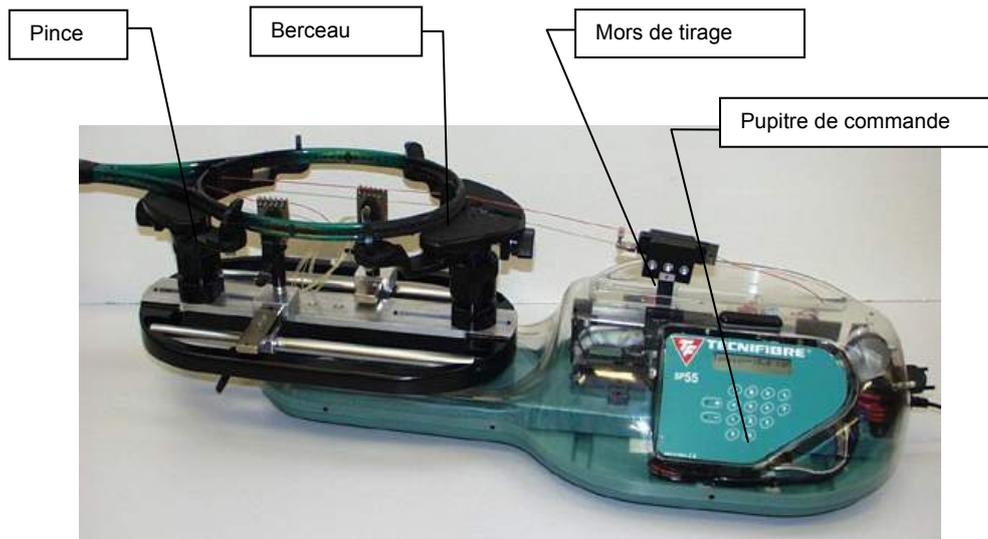
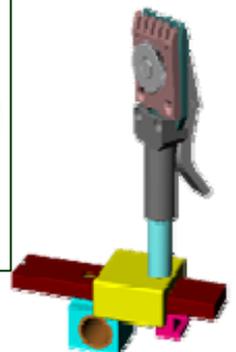
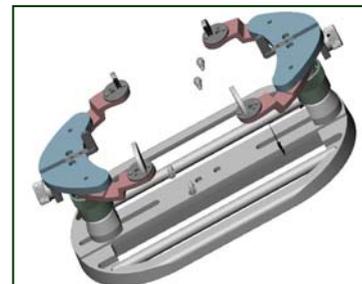
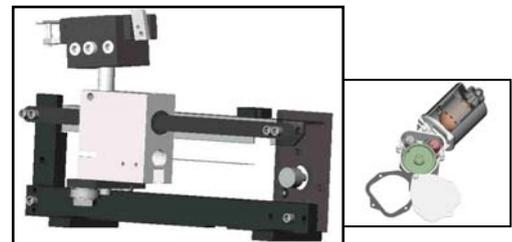


Figure 1 : Machine à corder SP55

Mise en fonctionnement de la cordeuse

Avant de mettre en marche la cordeuse (interrupteur général sur le côté droit de celle-ci), il est **IMPÉRATIF** de vérifier que :

- la valise est correctement raccordée, (appeler le professeur pour la procédure de câblage),
- les cavaliers rouges sont bien positionnés sur le boîtier d'acquisition (blanc),
- que l'ordinateur est allumé.



Manipulation 1 : Boucle fermée

- ❑ Appuyer sur le bouton reset de la valise et choisir l'option **boucle fermée** sur le pupitre. Programmer la tension souhaitée (10 daN).
- ❑ Régler le gain proportionnel $K_p = 1$ les autres gains à 0.
- ❑ Lancer le logiciel SP55. Etablir la communication micro-station en validant successivement [Mesures] puis



Un message à l'écran indique que la mesure est prête à démarrer.

- ❑ Appuyer sur le bouton 'Départ mesure' du tableau de bord du boîtier. Ceci a pour effet de lancer le chronomètre contrôlant la durée de mesure (10 s)
- ❑ Dès que le chronomètre se lance à l'écran, appuyer sur le bouton poussoir (au dessus du pupitre) pour mettre en tension la corde. Maintenir le brin de corde tendu pendant toute la durée d'acquisition.
- ❑ Appuyer à nouveau sur le bouton poussoir pour relâcher la tension.
- ❑ Recommencer pour $K_p = 5$

L'importation des résultats prend plusieurs dizaines de secondes.

Le numéro de la mesure sera le prochain sur les 10 disponibles.

Les résultats des mesures sont disponibles pour une exploitation par le logiciel.

Revenir à la page d'accueil du logiciel.

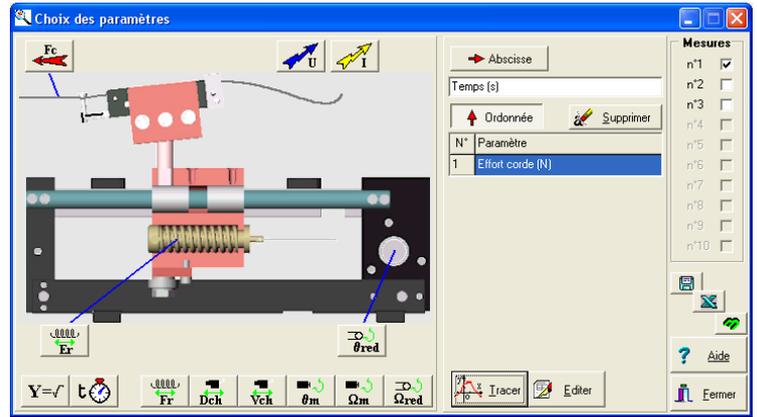
Sélectionner le bouton [Courbes]

Choisir le bouton [Abscisse], puis désigner l'icône représentant le temps

Choisir le bouton [Ordonnée], puis désigner l'icône représentant l'effort effectif dans la corde
Sélectionner le numéro de la mesure (1 pour commencer)

Sélectionner l'option [Tracer]

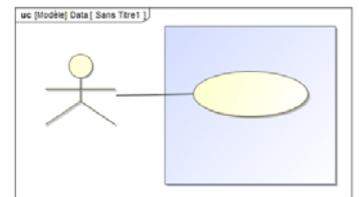
Le fait de cliquer sur une courbe permet de la rendre courante (en gras) : les libellés en x et y, les échelles en x et y sont ainsi affectés à cette courbe. Très utile pour modifier les options.



- ☒ Afficher les courbes représentant l'effort effectif dans la corde en fonction du temps. Commenter les résultats. On s'intéressera tout particulièrement aux évolutions de la précision, de la rapidité et des oscillations.

Fonction globale

- ☒ Définir la fonction globale du système en réalisant le diagramme SysML des cas d'utilisation



STRUCTURE FONCTIONNELLE ET COMPORTEMENTALE DU SYSTEME DE TENSION

Mécanisme de mise en tension

Les photographies ci-dessous permettent de mettre en évidence le module de mise en tension.

Il est constitué principalement d'un **moto réducteur** et d'une transmission par **chaîne**. Elle assure le déplacement du **chariot** portant le **mors de tirage** dans lequel sera fixée la corde à tendre.

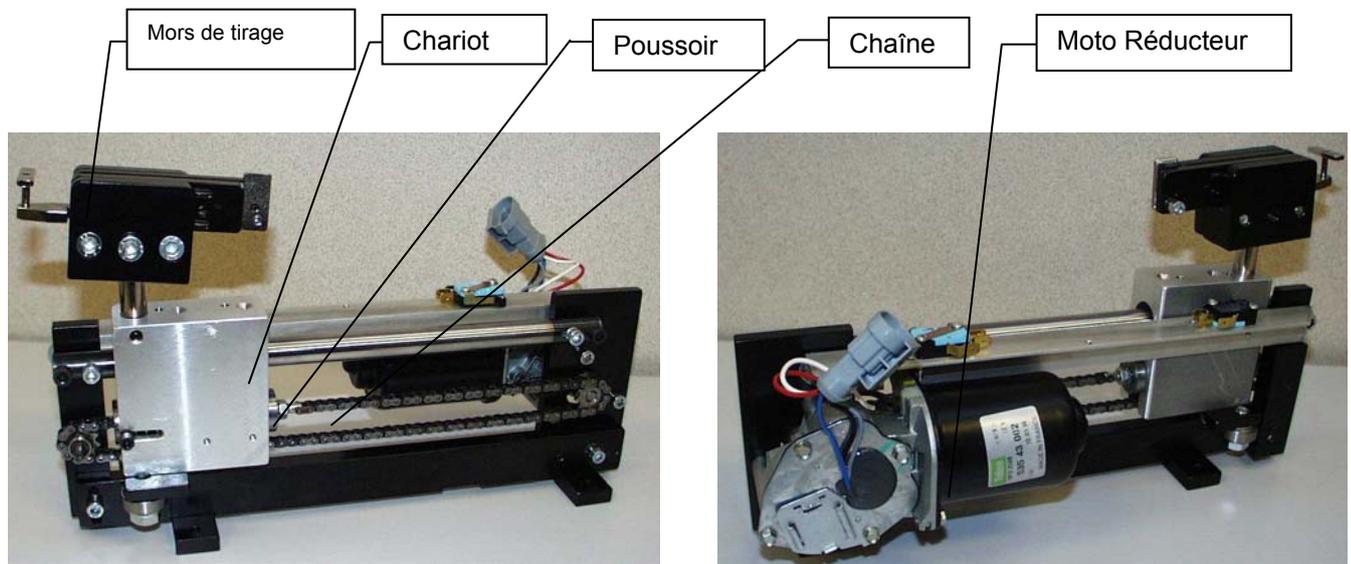


figure : Mécanisme de mise en tension.

Le brin tendu de la chaîne est attaché à un poussoir en appui 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. 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.

Une partie de la carte électronique sert d'amplificateur de puissance.

Asservissement en effort

La tension de consigne étant donnée, la carte de commande gère la tension électrique du moteur et donc son couple pour ajuster la valeur effective de la tension de cordage.

Le retour d'information est réalisé par un capteur de position (potentiomètre linéaire) et un ressort calibré, l'ensemble constituant un capteur d'effort.

La tension de la corde est proportionnelle au déplacement du chariot

- ✂ Réaliser le schéma bloc de ce système en indiquant la correspondance entre les éléments de la chaîne fonctionnelle et les éléments de ce schéma bloc.
- ✂ Indiquer les différentes grandeurs physiques circulant dans le schéma bloc ainsi que leurs unités.
- ✂ En vous aidant de l'annexe, déterminer la valeur des blocs : réducteur, système à chaîne, bloc déplacement chariot/tension corde.

MODELE DE COMPORTEMENT D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU

Dans cette partie vous allez déterminer la fonction de transfert du moteur à courant continu.

MODELE GENERAL DU SECOND ORDRE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU

A partir des équations classiques de comportement du moteur à courant continu :

$$u_m(t) = e(t) + R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

$$e(t) = k_e \cdot \omega_m(t) \quad (2)$$

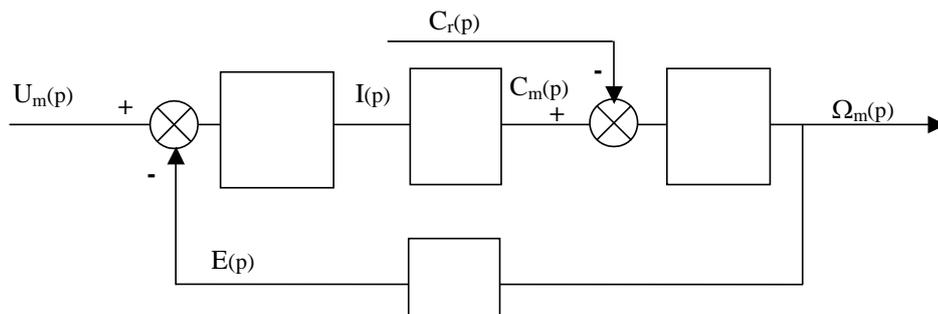
$$c_m(t) = k_t \cdot i(t) \quad (3)$$

$$c_m(t) - c_r(t) - f \cdot \omega_m(t) = J_t \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} \quad (4)$$

dans lesquelles :

$u_m(t)$: tension aux bornes de l'induit	R : résistance de l'induit
$e(t)$: force contre électromotrice	L : inductance de l'induit
$i(t)$: intensité dans le circuit induit	k_e : constante de fem (inverse de la constante de vitesse)
$\omega_m(t)$: fréquence de rotation de l'arbre moteur	k_t : constante de couple
$c_m(t)$: couple moteur sur l'arbre moteur	f : coefficient de frottement visqueux : 0
$c_r(t)$: « couple résistant » sur l'arbre moteur	J_t : inertie sur l'arbre moteur :

On peut passer dans le domaine de LAPLACE si les conditions initiales sont toutes nulles
Ce qui conduit à la représentation sous forme du schéma bloc suivant :



- ✂ En vous aidant de l'annexe, déterminer les valeurs de R , L , J_t , k_e et K_t .

- ✗ Compléter le schéma bloc ci-dessus.
- ✗ Pour un couple résistant nul, calculer la fonction de transfert du moteur ; la mettre sous forme canonique ; faire les applications numériques.
- ✗ Mettre la fonction de transfert sous la forme : $\frac{Km}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$
- ✗ Déterminer τ_1 et τ_2 , simplifier alors la fonction de transfert. Comparer la constante de temps conservée à la constante de temps mécanique du moteur (tableau des caractéristiques moteur).

VALIDATION DU MODELE DU MOTEUR

Le système global (schéma bloc de la première partie) permet de réaliser des essais en boucle fermée ou en boucle ouverte :

Boucle fermée : prise en compte de la chaîne de retour + le comparateur.

Boucle ouverte : prise en compte de la chaîne de retour mais pas de comparaison commande/mesure. Possibilité de ne pas mettre de corde en place

- ✗ Quel essai faut-il alors réaliser pour valider le modèle du moteur ? Quelles données intéressantes peut-on obtenir grâce au logiciel ? Quel résultat devrait-on obtenir ?
- ✗ Quel est l'intérêt de faire un essai à vide (sans corde). Qu'ajouterait la corde par rapport à la modélisation du moteur ?
- ✗ Réaliser alors l'essai demandé.
- Appuyer sur le bouton reset de la valise et choisir l'option **boucle ouverte** sur le pupitre. Programmer la tension souhaitée (10 daN).
- Pour la mesure reprendre la même procédure que précédemment.
- ✗ Afficher les résultats souhaités.
- ✗ Valider ou non le modèle du moteur.

Pour aller plus loin :

MODELE DE COMPORTEMENT D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU AVEC COUPLE RESISTANT (CORDE)

- ✗ Reprendre le schéma bloc du moteur en faisant apparaître l'incidence de la corde (rappel l'effort dans la corde est proportionnelle au déplacement du chariot ; cet effort est à l'origine du couple résistant et y est proportionnel).
- ✗ Refaire un essai en boucle ouverte avec la corde. Vers quoi tend la vitesse du moteur ?
- ✗ Retrouver ce résultat par le calcul.

ANNEXES

Caractéristiques électriques du moteur	
Tension nominale moteur courant continu	12 V
Tension d'utilisation	10 - 16 V
Courant nominal moteur	25 A
Constance de couple	0.025Nm/A
Constance de vitesse	0.025 V/rad/s
Résistance moteur	1.1 Ω à 20 °
Inductance moteur	1.1 mH à 120 Hz
Constante de temps électromécanique	35ms

Caractéristiques mécaniques du système	
Raideur de la corde	4N/mm
Inertie sur l'arbre moteur	2.10 ⁻⁵ kg.m ²
Rapport de réduction réducteur	1/50
Rayon roue de chaîne	10 mm