

Thème de la problématique : Le type de correction mis en place dans l'asservissement du système de mise en tension de la cordeuse permet-il de conserver la performance en précision du cahier des charges quel que soit le type de corde utilisé ?

Support d'activité : Cordeuse de raquette






Niveau : Terminale

Durée : 2 heures



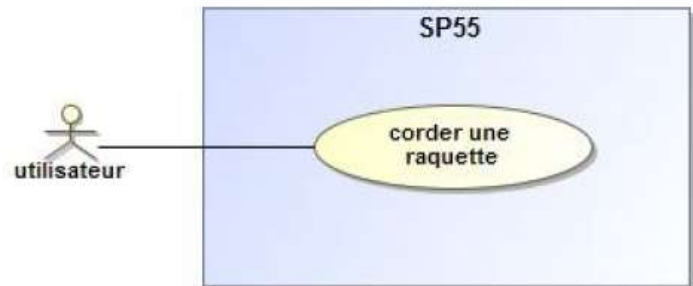
Déroulé de la démarche expérimentale proposée :

Durée estimée

	Expression du besoin et définition de la problématique	5 min.
	Observation, manipulation et appropriation du fonctionnement et de la problématique	30 min.
	Détermination expérimentale de la raideur de la corde à disposition	30 min.
	Construction partielle du modèle multiphysique de simulation	30 min.
	Exploitation du modèle en réponse à la problématique	10 min.
	Synthèse et conclusion du travail effectué	15 min.

Présentation générale

Pour satisfaire la demande de tous les sports de raquettes (tennis, badminton, squash, ...), il est indispensable que toute sorte de raquette soit correctement cordée à la tension souhaitée, et cela, quelle que soit la corde utilisée (boyau naturel, nylon, kevlar, polyester, ...). Pour le cordage des raquettes, les centres de compétition et les magasins spécialisés disposent donc de machines appelées cordeuses de raquettes.



Expression du besoin et définition de la problématique

Cette activité permet d'étudier la validation du critère de performance concernant la précision en tension de l'asservissement du système de mise en tension de la cordeuse. Elle a pour objectif est de répondre à la question suivante :

Le type de correction mis en place dans l'asservissement du système de mise en tension de la cordeuse permet-il de conserver la performance en précision du cahier des charges quel que soit le type de corde utilisé ?

Pour cela, il faut modéliser partiellement le système avant de dimensionner les commandes par simulation.



Objectif N°1 : Observation, manipulation et appropriation du fonctionnement et de la problématique

1- Prise en main et mise en service de la cordeuse de raquette

Cette première partie nécessite la lecture préalable des fiches « Mise en œuvre et fonctionnement », « Présentation fonctionnelle » et « Description structurelle ».

Q.1. Mettre en service la cordeuse et corder le brin de corde à 15 kgf (150N environ). Vous travaillerez avec le capteur d'effort installé sur le berceau et non avec la raquette.

Observer le fonctionnement du mécanisme de mise en tension de la corde lors de la phase de mise en tension de celle-ci.

- Q.2. Décrire oralement** la chaîne de puissance du système de mise en tension de la corde.
Sur la cordeuse, montrer physiquement le capteur permettant de mesurer la tension dans la corde pour l'asservissement lors de la phase de mise en tension.
Décrire les grandeurs physiques en entrée et sortie de ce capteur et son principe de fonctionnement.

2- Vérification d'une performance

Cette partie nécessite de prendre connaissance de la fiche « Système d'acquisition dédié ».

- Q.3.** En utilisant les possibilités de l'interface d'acquisition, **définir un protocole expérimental** permettant de vérifier le critère de précision en tension du mécanisme de tension pour la corde à votre disposition.
Mettre en œuvre le protocole uniquement pour un réglage à 15 kgf et **conclure vis-à-vis du cahier des charges**.
- Q.4.** **Préparer une synthèse orale** pour restituer l'ensemble des éléments liés à l'objectif N° 1.

Appropriation de la problématique

On rappelle que l'objectif de l'activité est de déterminer si la performance en précision du système de mise en tension est toujours respectée pour des cordes de différentes natures.

- Q.5.** En observant toutes les activités proposées lors de ce TP, **présenter clairement à votre professeur la démarche retenue** qui permet de répondre à cet objectif sachant que vous ne disposez physiquement que d'une seule corde.



Experimentation

Objectif N°2 : Détermination expérimentale de la raideur de la corde à disposition.

3- Expérimentation.

Placer la corde dans le mors de tirage de telle sorte que celle-ci soit très légèrement tendue et **lancer** l'acquisition.

Appuyer sur le bouton de mise en mouvement du coulisseau puis attendre que la corde soit tendue à 15kgf.

Appuyer à nouveau sur le bouton de mise en mouvement du coulisseau pour la détendre une fois les 10 secondes d'acquisition terminées. **Répéter** 2 autres fois ce protocole.

4- Analyse des mesures.

Afficher à l'aide du logiciel d'acquisition l'écrasement du ressort $E_r(t)$, le déplacement du chariot $D_{ch}(t)$ et la tension de la corde $F_c(t)$ en fonction du temps.

- Q.6.** A l'aide des mesures 1, 2 et 3, **déterminer la raideur expérimentale de la corde à disposition et la raideur expérimentale du ressort**.
- Q.7.** **Préparer une synthèse orale** présentant votre démarche pour réaliser l'objectif N°2 ainsi que vos résultats.



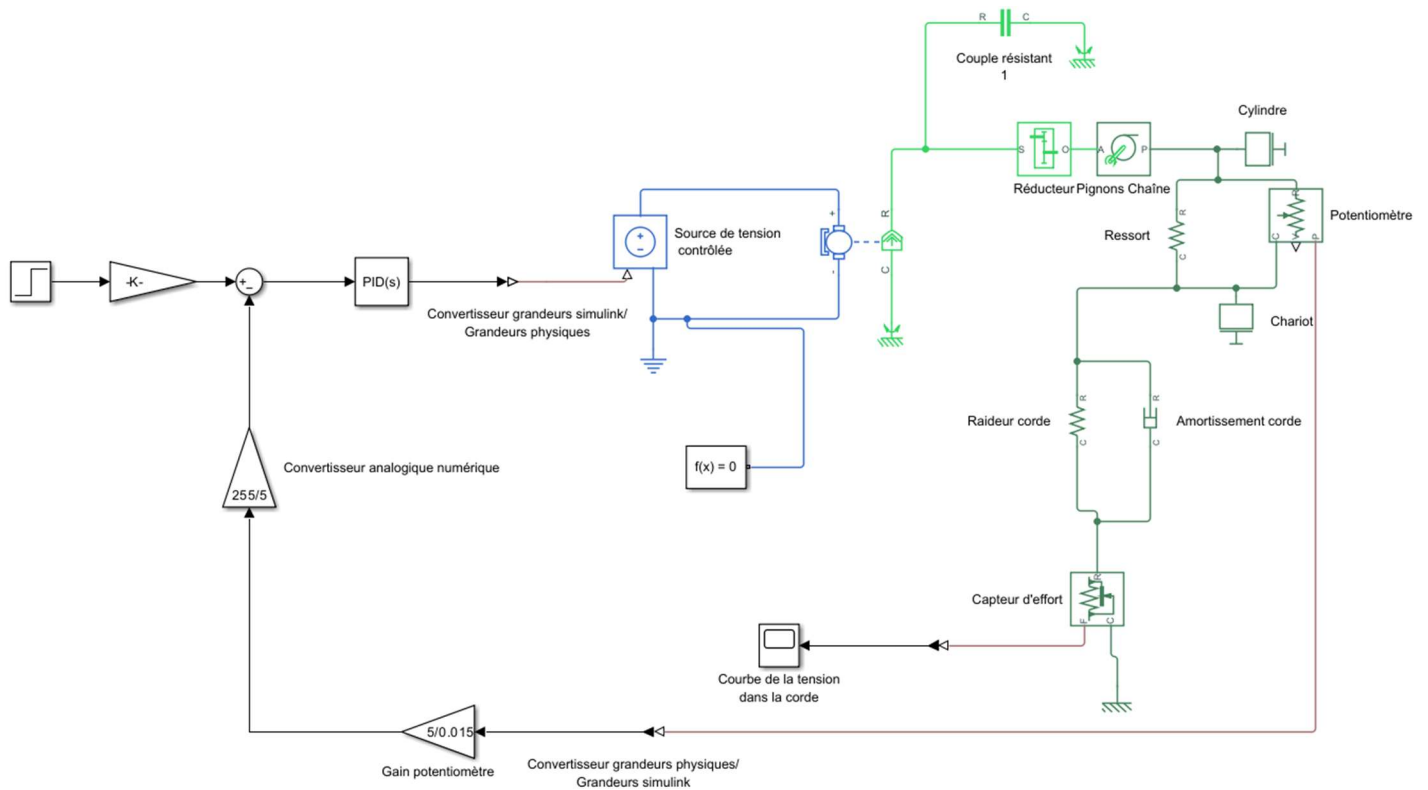
Modélisation

Objectif N°3 : Construction partielle du modèle multiphysique

Cette partie nécessite de prendre connaissance des fiches « Description structurelle » et « Simulation Matlab Simulink Simscape » ainsi que du modèle Matlab nommé « [Cordeuse.mdl](#) » disponible pour la simulation numérique.

5- Construction du modèle de simulation.

- Q.8.** **Justifier quantitativement** l'architecture proposée dans le modèle : modélisation machine à courant continu, gestion du couple résistant ainsi que le retour unitaire. On donne le modèle acausal de la cordeuse pour effectuer la simulation.
Consulter ce modèle et le **commenter**. Faire, pour cela, une analogie avec la description chaîne de puissance et chaîne d'information faite dans la première partie de l'activité.
- Q.9.** Avant de réaliser la simulation, **compléter** la valeur des raideurs de la corde et du ressort à partir des valeurs trouvées dans la partie expérimentation. **Lancer** la simulation et **observer** la réponse du modèle.



Q.10. Ajuster sur le modèle les constantes K_i et K_p du correcteur Proportionnel Intégral de fonction de transfert

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (s = p = \text{variable de Laplace}).$$

Les valeurs des constantes K_i et K_p que vous choisirez devront permettre au modèle de s'approcher au mieux des performances obtenues lors des essais expérimentaux précédents. Vous devrez être capable de justifier le type de correcteur retenu.

Q.11. Préparer une synthèse orale présentant votre démarche pour réaliser l'objectif N°3.



Objectif N°4 : Exploiter la simulation du modèle numérique pour répondre à la problématique.

6- Simulations et analyse des résultats.

Effectuer les simulations permettant de tester 3 valeurs de raideur de corde K_{corde} : 3000 N/m, 6000 N/m et 9000 N/m.

Q.12. Conclure quant à l'influence de la raideur de la corde vis-à-vis du critère de précision du cahier des charges.

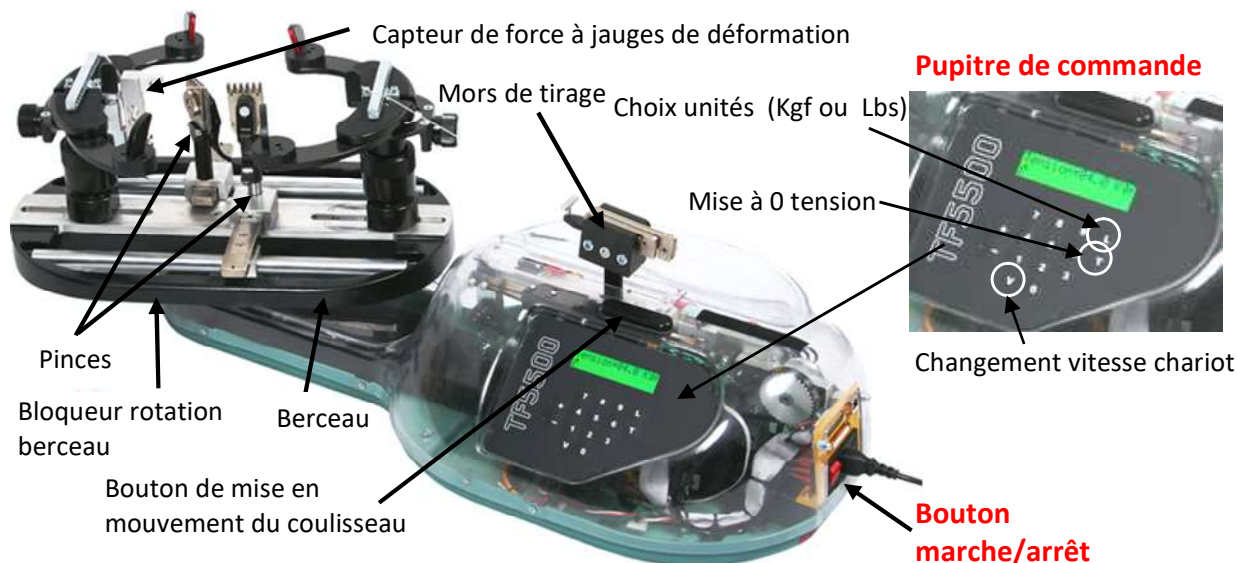


Synthèse et conclusion du travail effectué

Q.13. Proposer un poster présentant une synthèse de votre travail.

Sur ce poster devront apparaître les éléments clés des différents temps forts abordés précédemment ainsi que la démarche scientifique mise en œuvre pour répondre à la problématique. Les outils de communication nécessaires à sa rédaction sont laissés à votre initiative.

FICHE - Mise en œuvre de la cordeuse de raquette – Fonctionnement

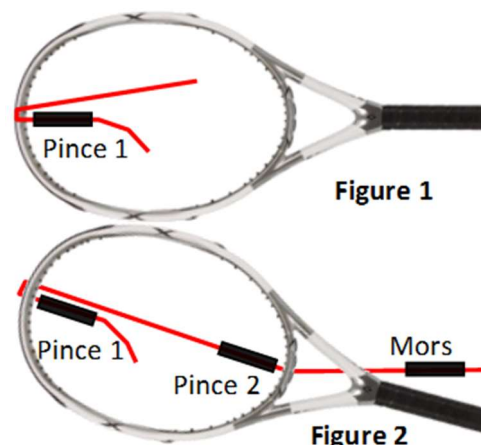


A - MISE EN MARCHÉ

- Appuyer sur le bouton marche/arrêt ;
- Régler sur le pupitre de commande la tension souhaitée : touche L pour choisir les unités, touche T pour RAZ valeur affichée puis 3 chiffres pour entrer la valeur (15 kgf ici → 1 5 0) ;

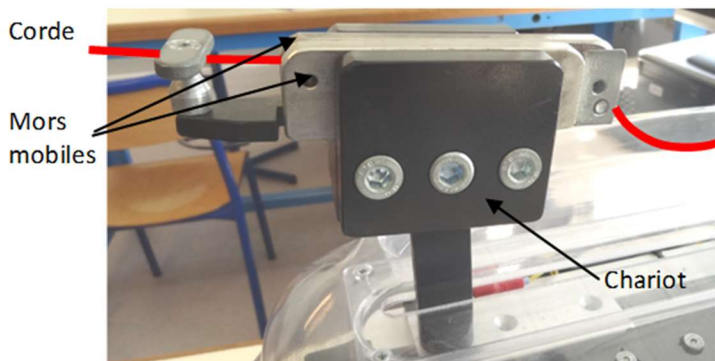
B – CORDAGE D’UN BRIN DE CORDE SUR UNE RAQUETTE

- Placer le cadre de la raquette sur le berceau.
- Prendre la corde et la serrer dans la pince 1 et positionner la corde pour se retrouver dans la configuration figure 1.
- Tendre la corde à l’aide du mécanisme de tension.
- La corde étant maintenue tendue, positionner la pince 2 et serrer la corde avec la pince 2 pour se retrouver dans la configuration figure 2.



C – PLACEMENT DE LA CORDE DANS LE MORS DE TIRAGE

Le mors de tirage est constitué d’un chariot et d’un ensemble de 2 mors mobiles par rapport au chariot. La corde positionnée manuellement doit être bloquée par coincement entre les 2 mors. **Pour le travail demandé, il est impératif qu’il n’y ait pas (ou très peu) de déplacement relatif des mors mobiles par rapport au chariot lors de la phase de tirage de la corde par le mécanisme de mise en tension.**

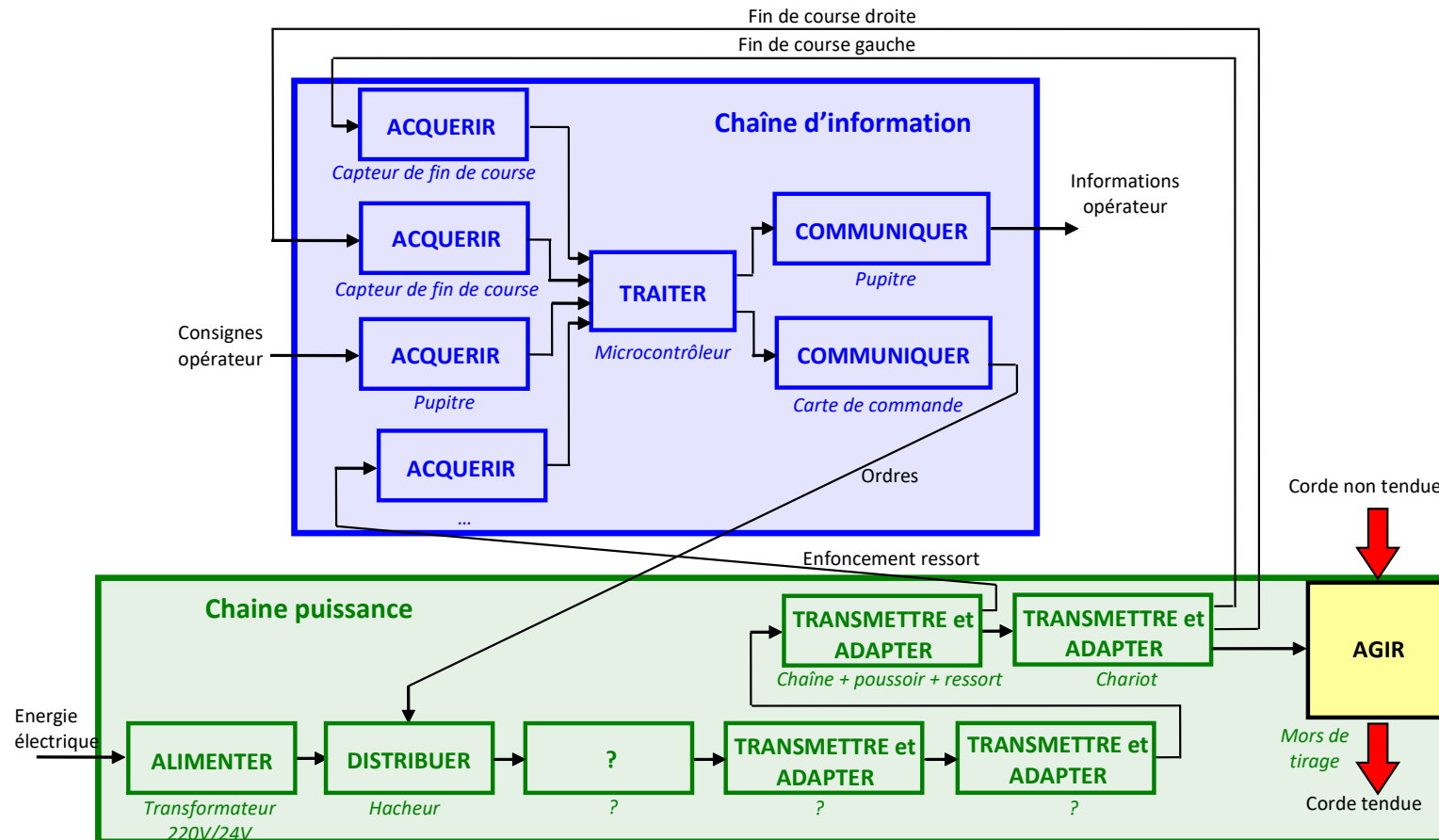


FICHE - Présentation fonctionnelle de la cordeuse de raquette

Exigences		Critères		Niveaux	Limite
E1	Permettre à l'opérateur de fixer, d'orienter et de corder la raquette	C1.1	Déformation longitudinale du cadre de raquette	5 mm pour une tension de 250 N sur 16 cordes	Maximum
		C1.2	Rotation du berceau	360 °	Impératif
E2	Tendre la corde et maintenir la tension	C2.1	Tension	Précision 50N < T < 400N Fidélité	± 1 % ± 1 %
		C2.2	Glissement	Serrage sans glissement et écrasement permanent de la corde	Impératif

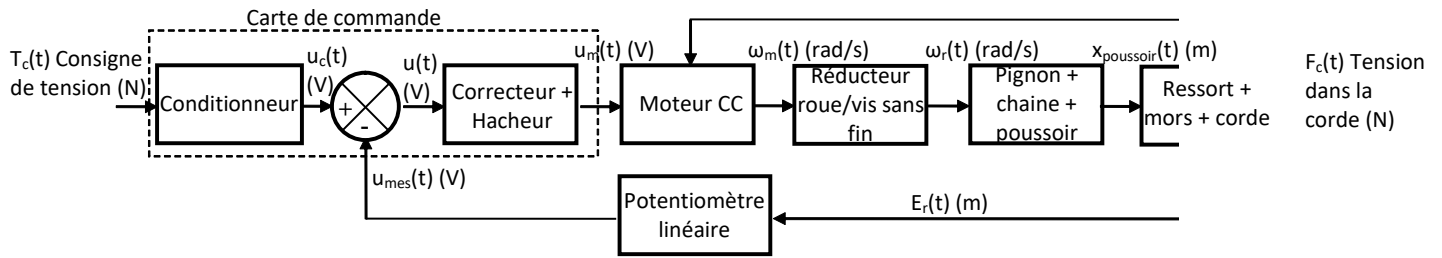
A - EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES

B - ANALYSE STRUCTURELLE DU MECANISME DE MISE EN TENSION



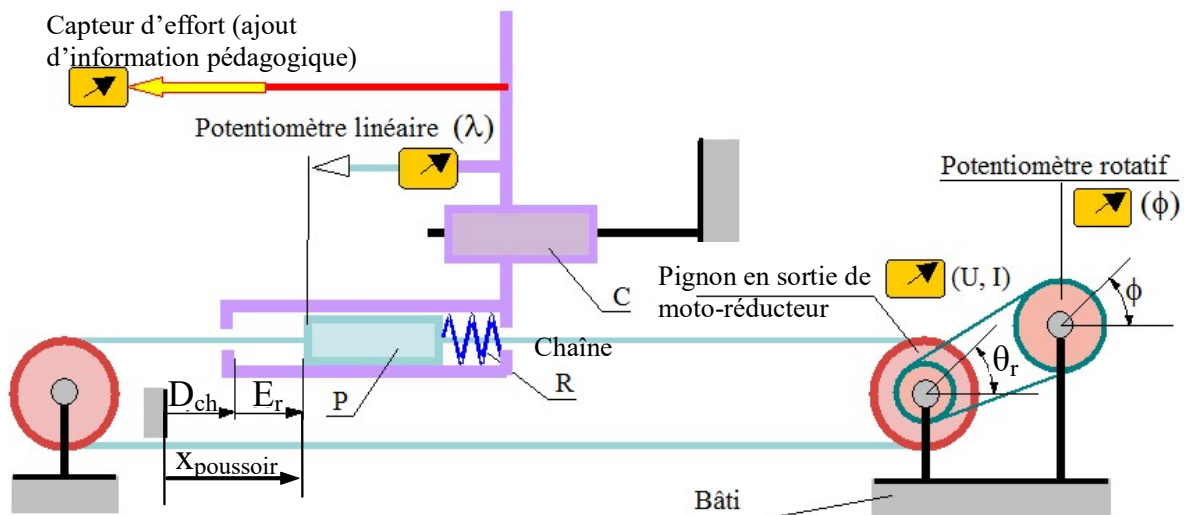
FICHE - Description structurelle du système de mise en tension

A- SCHEMA-BLOC FONCTIONNEL DE L'ASSERVISSEMENT EN TENSION DU SYSTEME DE MISE EN TENSION



B - DISPOSITIF DE MESURE DE LA TENSION DE LA CORDE

Lors d'une mise en tension de la corde, le poussoir (P) se déplace vers la droite (on note $x_{poussoir}$ le déplacement du poussoir par rapport au bâti). Le poussoir écrase le ressort (R) et a donc un mouvement relatif par rapport au chariot. Ce déplacement relatif noté E_r est mesuré par un potentiomètre linéaire qui envoie à la carte électronique une tension (en V) signal correspondant à l'image de la tension (force) dans la corde.



C - MODELE DE CONNAISSANCE DU MOTEUR A COURANT CONTINU

Les équations du modèle de connaissance du moteur courant à continu sont les suivantes :

- | | | | |
|--|--------|--|----------------------|
| ▪ $u_m(t) = e(t) + R_m \cdot i(t)$ | Avec : | $u_m(t)$: Tension aux bornes du moteur | [V] |
| ▪ $C_m(t) = K_m \cdot i(t)$ | | $e(t)$: Force contre électromotrice du moteur | [V] |
| ▪ $e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$ | | $i(t)$: Intensité dans le moteur | [A] |
| ▪ $J \cdot \frac{d}{dt} \omega_m(t) = C_m(t) - r \cdot R_p \cdot F_c(t)$ | | $C_m(t)$: Couple exercé par le moteur | [N.m] |
| | | $\omega_m(t)$: Vitesse angulaire du moteur | [rad/s] |
| | | $R_m = 1,1 \Omega$: Valeur de la résistance | [Ω] |
| | | K_e : Constante de force contre électromotrice | [V/(rad/s)] |
| | | J : Inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur | [kg.m ²] |
| | | $K_m = 0,025$ N.m/A : Constante de couple | [N.m/A] |
| | | $F_c(t)$: Tension dans la corde | [N] |
| | | $R_p = 0,01$ m : Rayon de la poulie | [m] |
| | | $r = 0,0188$: rapport de réduction du réducteur | [1] |

FICHE - Système d'acquisition dédié à la cordeuse

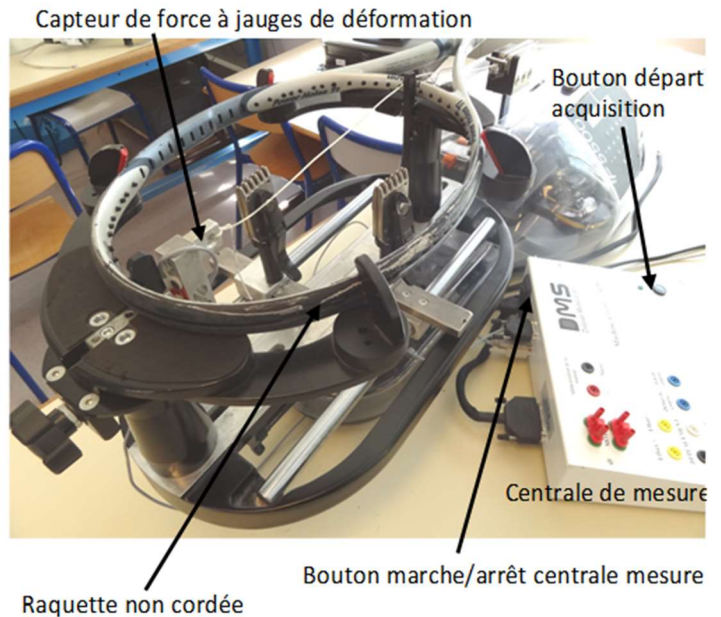
On utilise un capteur à jauges de déformation qui permet de mesurer la tension effective dans la corde.

A - PREPARATION

- Fixer la raquette non cordée sur le berceau.
- Allumer la centrale de mesure avec le bouton marche arrêt.

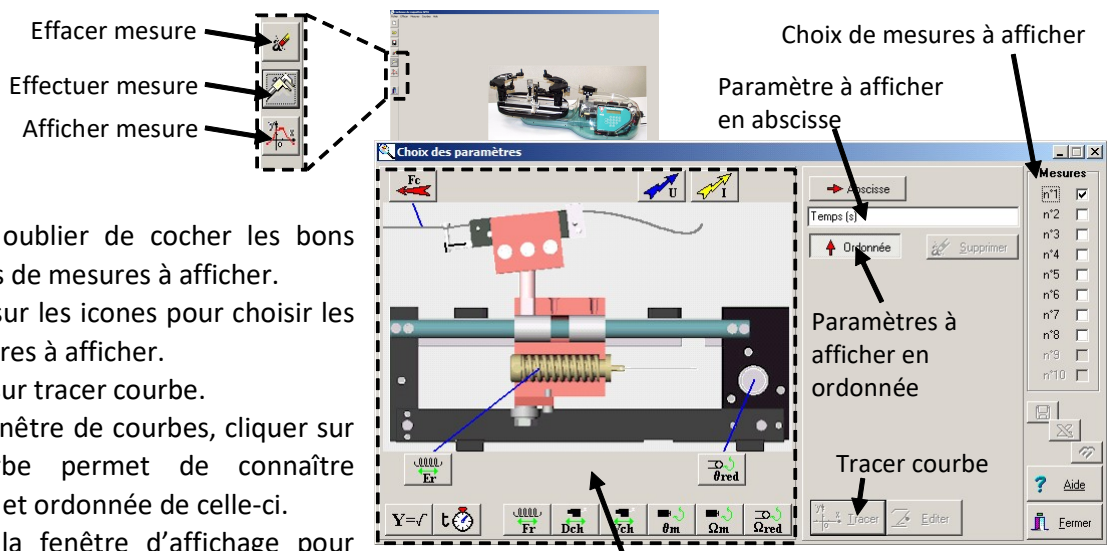
B - PRISE DE MESURE

- Cliquer sur l'icône SP55.exe sur le bureau Windows pour lancer le logiciel d'acquisition dédié à la cordeuse.
- Lancer une acquisition en cliquant sur
- Cliquer sur « initialiser ».
- Appuyer sur le bouton départ acquisition sur la centrale de mesure jusqu'à ce que le décompte de temps sur le PC commence.
- Pendant 10 secondes la centrale va enregistrer les valeurs des paramètres mesurés.
- Automatiquement après ces 10 secondes la centrale va envoyer ces valeurs au PC.



C - VISUALISATION DES MESURES

- Visualiser les mesures à l'aide de l'interface dédiée :




- Ne pas oublier de cocher les bons numéros de mesures à afficher.
- Cliquer sur les icônes pour choisir les paramètres à afficher.
- Cliquer sur tracer courbe.
- Sur la fenêtre de courbes, cliquer sur la courbe permet de connaître abscisse et ordonnée de celle-ci.
- Fermer la fenêtre d'affichage pour faire d'autres mesures.

Zone icônes paramètres à afficher (passer la souris sur l'icône pour avoir la légende de celle-ci)

En cas de méconnaissance d'une commande faire appel au professeur.

FICHE - Matlab - Simulink - Simscape

A - DÉMARRAGE MATLAB - SIMULINK

- Lancer Matlab à l'aide de l'icône 
- Lancer Simulink en cliquant sur l'icône disponible dans le menu Applications.
- Cliquer sur fichier → Ouvrir et choisir le modèle Simulink à ouvrir (fichier.slx).

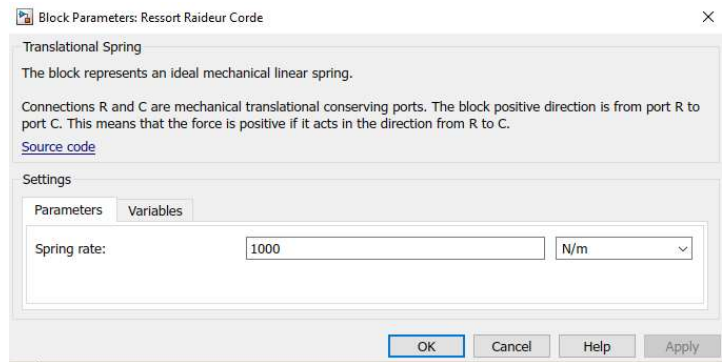
B - LANCER UNE SIMULATION

Régler le temps de simulation

Pour lancer une simulation, cliquer simplement sur l'icône « Run » disponible dans les icones de lancement rapide de la fenêtre de travail.

C – MODIFIER LES CARACTERISTIQUES D'UN CONSTITUANT

Pour modifier les caractéristiques d'un constituant double cliquer sur le composant et compléter la fenêtre qui s'ouvre.



D - UTILISATION DE PARAMETRES DANS UN MODELE

Pour étudier l'influence d'un paramètre on peut utiliser des variables littérales et tester plusieurs valeurs numériques pour une variable.

- Ouvrir le « Model Explorer » avec ctrl+H, puis dans le « Model Workspace » ajouter une variable Matlab, la nommer puis lui affecter une valeur.

Nom de la variable crée et valeur numérique associée

E - EXPLOITATION DES FENETRES DE RESULTATS

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Double cliquer gauche sur le « Scope » du modèle Simulink pour afficher la réponse temporelle. ▪ Double cliquer gauche sur le « Bode Plot » adéquat du modèle Simulink pour afficher la réponse fréquentielle voulue si nécessaire. ▪ Pour zoomer sur la(les) courbe(s) affichée(s) utiliser les options de zoom disponibles. 	<p>Réponse temporelle</p> <p>Réponse fréquentielle</p> <p>Options de zoom pour la(les) courbe(s) de résultats</p>
---	---