

# TP Préparation aux oraux (durée 4h)

## Cordeuse de raquettes SP55

### Consignes générales (Concours CCP ou Centrale)

Lors de cette épreuve, les qualités de la prestation orale et de l'autonomie sont évaluées.

Pour illustrer la présentation, des dessins, schémas et graphes élaborés avec soin pourront être utilisés. Pour cela, il est conseillé de faire, au fur et à mesure de l'avancement, **des copies d'écran** des mesures obtenues pour les insérer dans un document numérique à sauvegarder régulièrement.

Les suites Libre Office et/ou Microsoft Office sont disponibles sur le PC de chaque candidat.

### Compétences du programme de SII

La prestation orale est évaluée au travers des compétences ci-dessus, et en particulier :

- ⇒ **Communiquer**
- ⇒ **Analyser**
- ⇒ **Expérimenter**
- ⇒ **Modéliser**



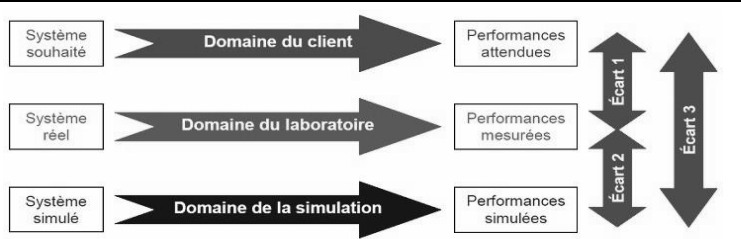
Durant cette épreuve le candidat sera amené à s'inscrire dans la démarche de l'ingénieur, d'analyse et de résolution de problèmes sur un système complexe industriel.

Celle-ci se représente symboliquement par le schéma suivant montrant les écarts :

Trois domaines d'étude :

- commanditaire ou client,
- laboratoire,
- simulation

et trois écarts entre ces trois domaines.



À chaque fois que cela lui sera demandé, le candidat devra indiquer le domaine sur lequel l'étude est menée et l'écart qui est quantifié. **L'argumentation sur la justification des écarts doit être contextualisée, on attend autre chose qu'un discours standard donc creux...**

**On distingue 3 parties (concours CCP) ou 4 parties (Concours Centrale Supélec) dans le sujet :**

- **La première partie** vise à découvrir le système et son fonctionnement global. Une approche fonctionnelle est abordée (diagramme CECl, diagrammes SYSML...) et la problématique de l'étude est posée.

**A l'issue de cette première partie un exposé de 5min maximum est demandé.**

*Les spécificités du système doivent alors être intégrées, la différence entre système réel et système didactisé clairement exprimée. On peut vous demander de commenter l'écart entre les performances mesurées et celles exigées.*

- **La seconde partie** (environ 2H sur CCP et 1H sur Centrale) vous amène à :
  - vérifier les performances attendues d'un système complexe en mettant en œuvre un protocole de mesure que vous choisirez,
  - construire et valider, à partir d'essais, une partie de la modélisation du système,
  - prévoir des performances d'un système complexe en vue d'imaginer et choisir des solutions d'évolution répondant à un besoin exprimé,
  - ajuster les réglages de correcteur,
  - traiter les données numériques (programmation Python : tracés de courbes, filtrage, régression linéaire, traitement de liste...).

**Pour le concours CCP cette partie est guidée par le questionnement, pour le concours Centrale vous devez la mener en autonomie**

- **La troisième partie du concours Centrale (environ 1H)** est le prolongement de la partie 2 sur la modélisation et la vérification de performances en suivant un questionnement guidé.
- **La dernière partie (3<sup>ème</sup> à CCP ou 4<sup>ème</sup> à Centrale)** est réservée à la synthèse globale de vos activités. Il faut alors :
  - conclure quant à la problématique abordée dans le TP,
  - préciser la ou les démarche(s) adoptées pour répondre au problème posé,
  - montrer votre capacité à utiliser les résultats obtenus (simulés ou mesurés) pour décider et choisir une évolution technique en rapport avec un cahier des charges.

**Rappel : L'évaluation porte sur la prestation orale et les capacités à travailler en autonomie.**

# TP Préparation aux oraux (durée 4h)

## Cordeuse de raquettes SP55

### MISE EN SITUATION

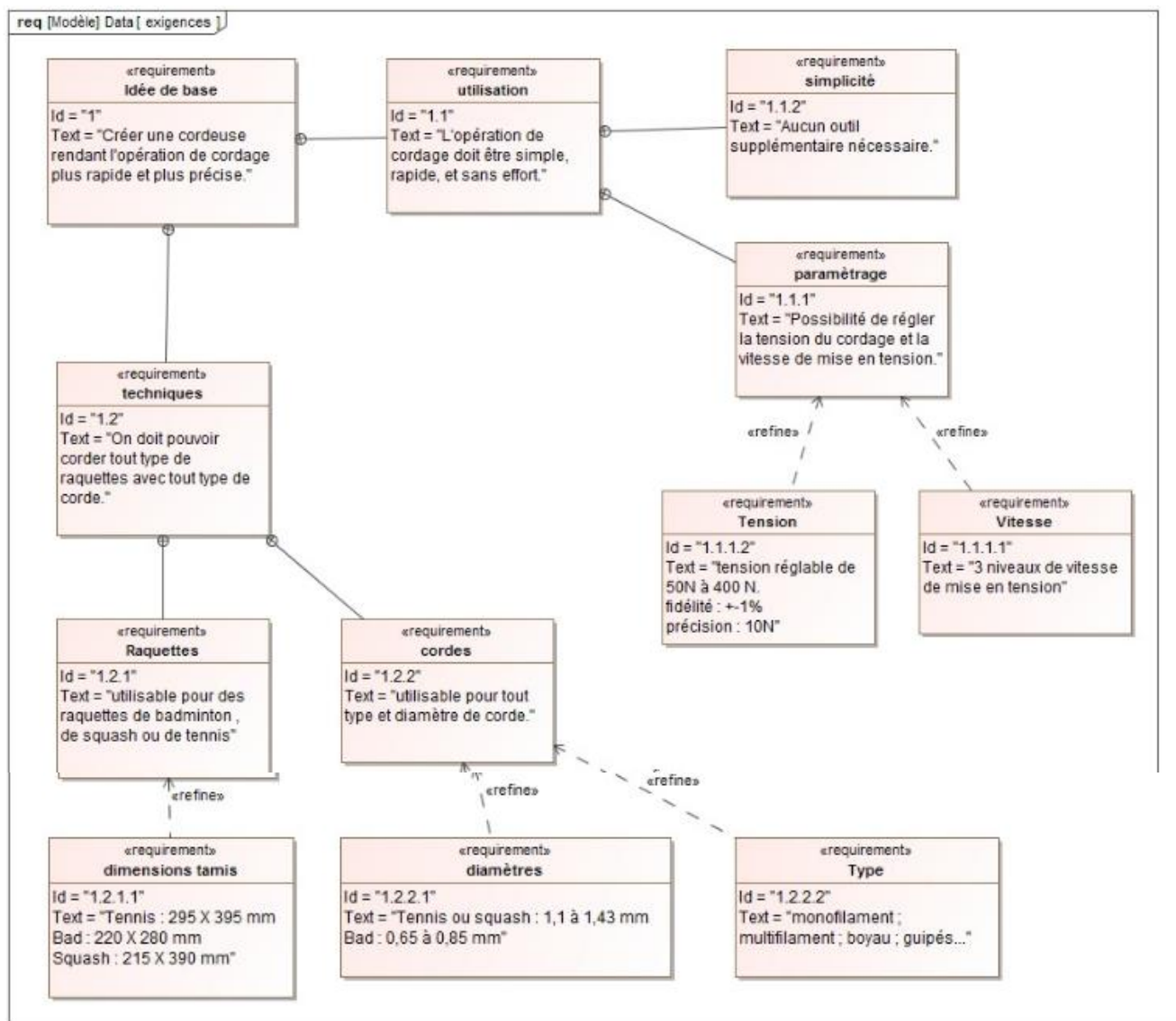
Un des éléments importants dans les sports de raquette tels que le tennis, le badminton ou le squash, est la tension du cordage.

Pour connaître « sa » tension, le joueur doit faire un compromis entre puissance et précision.

Il est donc important d'avoir une qualité de tension du cordage fiable et répétitive.



On donne le diagramme partiel des exigences :



### PARTIE 1 : Découverte du système, problématique à résoudre (45min à 1h maxi)

A la fin de cette première partie, vous devez faire une synthèse orale de 5 min.

Une documentation technique est à votre disposition. Si vous avez des questions, ne restez pas bloqué, n'hésitez pas à appeler l'examinateur.

#### Activité 1 Mise en service de la Cordeuse de raquettes

- **Prendre connaissance** du mode d'emploi de la cordeuse, et **programmer** une tension de corde de 20kgF. Préciser la signification de cette unité.
- **Mettre en service et corder** une raquette sur un aller et retour en utilisant correctement les pinces de blocage.

# TP Préparation aux oraux (durée 4h)

## Cordeuse de raquettes SP55

### Activité 2 Exploitation du logiciel d'acquisition

- **Lancer** le logiciel d'acquisition et **acquérir** une mise en tension de la corde et retour du chariot sous la tension de 20kgF (attention, la séquence d'enregistrement ne dure que 10s).
- Après avoir exporté les données, tracer simultanément :
  - La tension dans la corde
  - le déplacement du chariot
  - le courant absorbé par le moteur
  - la vitesse angulaire en sortie de réducteur.

### Activité 3 Analyse des grandeurs observées

- Exploiter les grandeurs obtenues (les imprimer) et décrire les événements dans l'ordre chronologique en décrivant les relations de cause à effet (comportement causal) en justifiant par les relations utiles de SI.

### Activité 4 Comparer le système didactique utilisé et le système réel

- **Reprendre** point par point le diagramme d'exigences du système et **indiquer** les points satisfaits ou non par la version didactique que vous utilisez. **Justifier**.

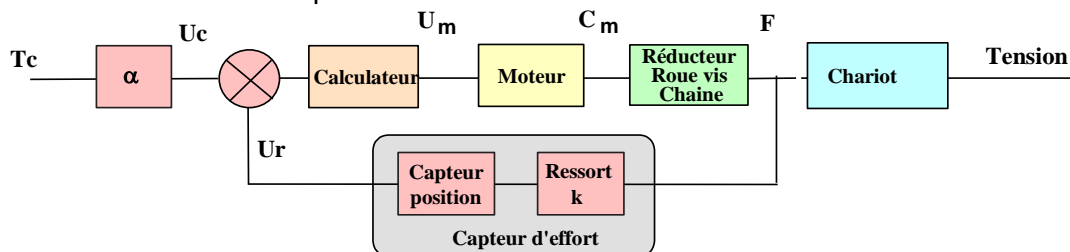
### Activité 5 Diagramme CECI

- **Préparer** une présentation de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information de votre système.

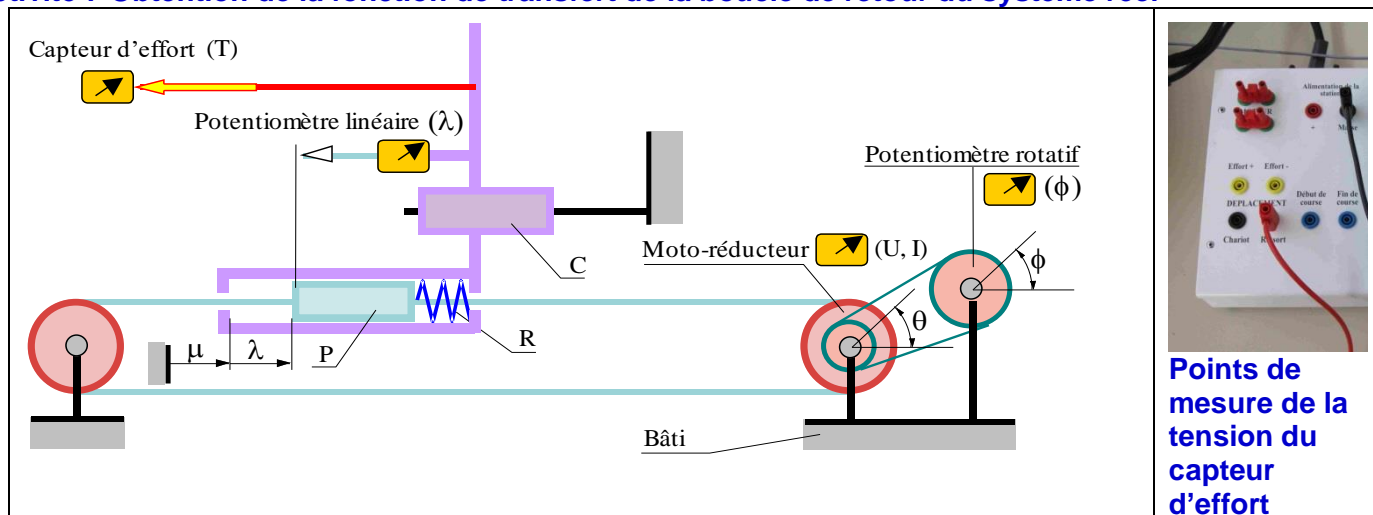
### Activité 6 Dégager la problématique principale que doit respecter ce système dans son contexte d'utilisation.

## PARTIE 2 : solutions techniques et modélisation (1h maxi)

La modélisation de la cordeuse répond au schéma bloc suivant :



### Activité 7 Obtention de la fonction de transfert de la boucle de retour du système réel



Le constructeur donne pour le ressort  $R$  une raideur  $k = 27 \text{ N.mm}^{-1}$ . La valeur maximale de la tension  $T$  appliquée à la corde est 40 kgf (1 kgf = 9,81 N ou 1 N = 0,102 kgf).

- **Utiliser** la documentation du potentiomètre, et **donner** sa course normalisée en mm.
- **Vérifier** alors par le calcul que l'on peut effectivement mesurer une tension de 40 kgf à la corde à l'aide de ce capteur.
- **Etablir** la fonction de transfert en  $K_{eff}$  (V/N) de l'ensemble (ressort + potentiomètre) constituant le capteur d'effort pour une alimentation de 5V.
- **Proposer** un protocole expérimental **pour vérifier** ce coefficient de transfert à partir des 2 bornes du boîtier de mesure indiquées sur la photo ci-contre. Fournir impérativement un schéma et une liste de matériel.

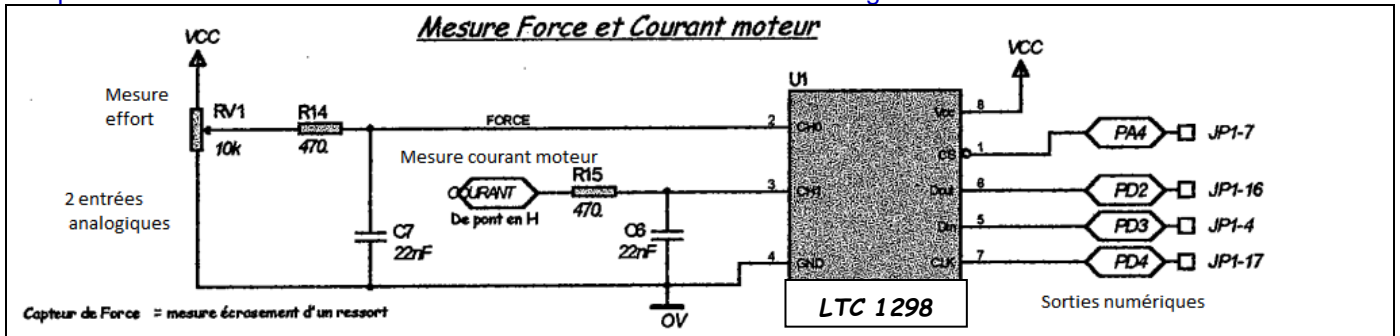
# TP Préparation aux oraux (durée 4h)

## Cordeuse de raquettes SP55

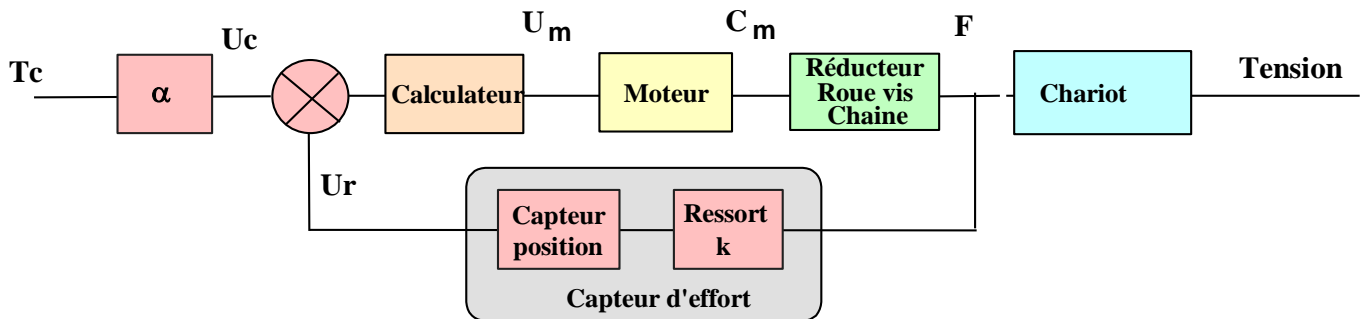
Faire impérativement vérifier votre montage avant tout essai.

### Activité 8 Traitement de l'information de tension de la corde / exploitation d'une notice

Le potentiomètre linéaire est relié à la chaîne de mesure selon le montage suivant.



- Donner le nom et le rôle du circuit LTC 1298 (document technique en annexe).
- Préciser la nature des informations présentes :
  - aux points CH0 et CH1,
  - aux points Dout et Din.
- Le système asservi est de nature mixte, analogique et numérique.
- Localiser sur le schéma ci-après la partie numérique.
- Localiser l'emplacement et la nature des convertisseurs CAN ou CNA nécessaires.



## PARTIE 3 : Ajustement du correcteur de mise en tension de la corde

### Partie 3.1 Mise en œuvre d'une méthode industrielle sur le système réel (1h maxi)

Une carte externe, équipée d'un microprocesseur identique à celui de la machine, permet de piloter la machine en remplacement de la carte industrielle. Elle permet d'effectuer une correction **Proportionnelle Intégrale Dérivée**.

Pour connecter cette carte, suivre scrupuleusement les instructions fournies.

- Mettre la machine hors tension.
- Brancher le connecteur carré à l'arrière de la machine, la remettre sous tension,
- Connecter le bouchon sur la prise correspondante : le message Bus Occupé s'affiche au clavier.
- Brancher le connecteur 25 broches en remplacement du bouchon. Valider les actions au clavier en appuyant sur la touche 'V'.

Un appui sur la touche **RESET** de la carte auxiliaire permet de lancer un autre groupe d'actions.

Les valeurs des coefficients  $K_p$ ,  $K_i$  et  $K_d$  correspondent à celles de la simulation à condition que la fréquence d'échantillonnage soit celle programmée, c'est à dire ici  $T_e = 0,063$  s.

### Activité 9 Essais et analyse

- Réglage proportionnel : Lancer une mise en tension et visualiser  $F_{\text{corde}}$  avec une consigne de 250 N (25 kgF) pour différentes valeurs de  $K_p = 1, 10, 20$ . Conclure sur la précision et la stabilité.
- Réglage Intégral : Lancer une mise en tension et visualiser  $F_{\text{corde}}$  avec une consigne de 250 N avec  $K_p = 10$  et  $K_i = 0; 2$  et 4. Conclure sur la précision et la stabilité.

# TP Préparation aux oraux (durée 4h)

## Cordeuse de raquettes SP55

### Activité 10 Réglage de Ziegler / Nichols par essai en limite d'instabilité ou « de pompage ».

Une façon pratique de régler un asservissement a été donnée par Ziegler et Nichols dans les années 50.

En boucle fermée, on augmente progressivement la valeur de la correction proportionnelle seule, les coefficients  $K_i$  et  $K_d$  étant à zéro. On relève la valeur de  $K_p$  limite, notée  $K_o$ , qui donne une situation instable pour l'asservissement (oscillations), ainsi que la période de cette oscillation notée  $T_o$ .

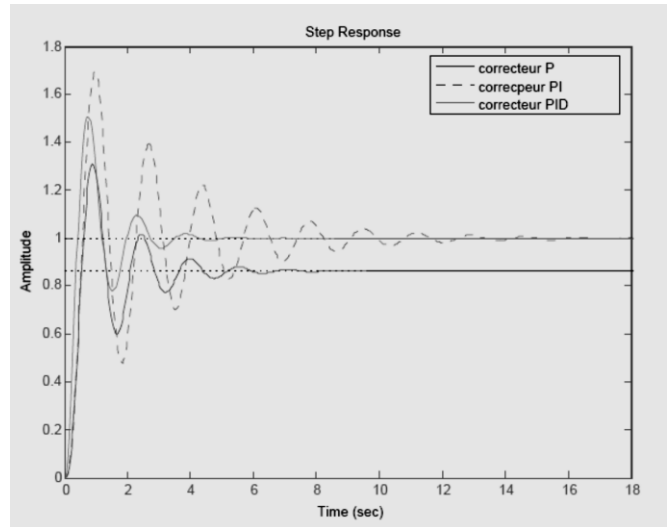
Il suffit alors de régler les coefficients du PID selon le tableau ci-dessous.

| Type de correcteur | Gain $K_r$ | $\tau_i$   | $\tau_d$   |
|--------------------|------------|------------|------------|
| Proportionnel      | $0,5.K_o$  |            |            |
| PI                 | $0,45.K_o$ | $0,83.T_o$ |            |
| PID                | $0,6.K_o$  | $0,5.T_o$  | $0,125T_o$ |

Les allures des réponses obtenues sont alors ci-contre, le système est assez peu amorti.

Pour améliorer l'amortissement, on préférera les réglages de Ziegler Nichols suivants :

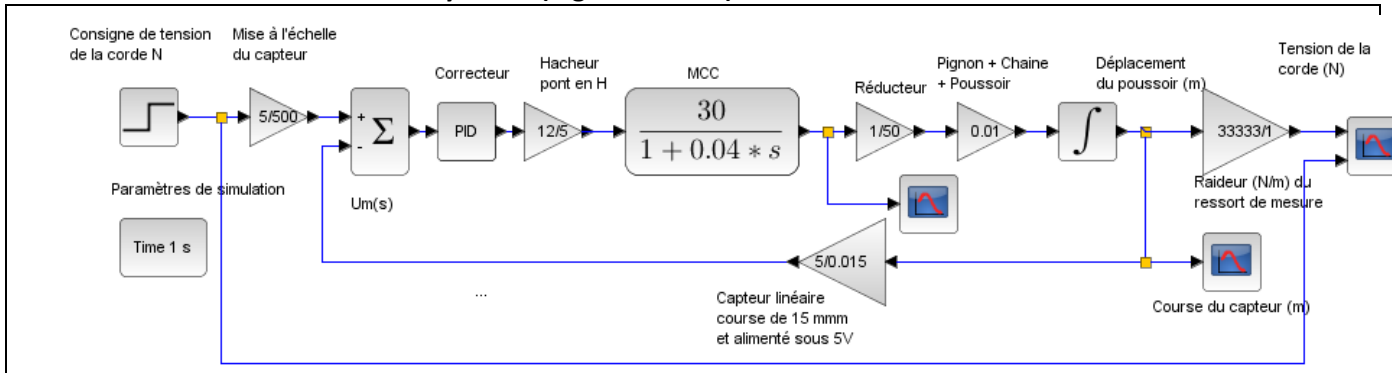
| Type de correcteur --><br>Paramètres réglables | P.       | P.I.      | P.D.      | P.I.D     |
|--|----------|-----------|-----------|-----------|
| K (valeurs indicatives)                        | $0,2K_o$ | $0,25K_o$ | $0,35K_o$ | $0,18K_o$ |
| $T_i$  |          | $0,9T_o$  |           | $0,3T_o$  |
| $T_d$  |          |           | $0,2T_o$  | $0,2T_o$  |



- **Suivre** cette méthode et **régler** le correcteur PID
- Pour une tension de 20 kgF, **relever** l'allure de la réponse lors de la mise en tension de la corde.
- **Préparer une conclusion** sur cette partie par rapport à la problématique à satisfaire.

### Partie 3.2 Mise en œuvre du réglage sur une modélisation du système asservi (1h maxi)

On utilise une modélisation du système (logiciel SCILAB) selon le schéma bloc ci-dessous et le document DR1



### Activité 11 compréhension du modèle, fonction de transfert de constituants

Répondre en annotant clairement le document réponse DR1.

- **Localiser** sur DR1 le moteur électrique et **Indiquer** sa technologie.
- **Ecrire** les équations de la machine à courant continu (MCC) dans le domaine électrique et mécanique en négligeant l'inductance de l'induit, et le couple résistant.
- **Déduire** alors sous forme littérale, dans le domaine de Laplace, la fonction de transfert à mettre en place entre  $U_m(p)$  et  $\Omega_m(p)$  avec une approximation d'ordre 1.
- **Normaliser** cette fonction de transfert et **exprimer** les 2 coefficients présents que l'on notera  $K_o$  et  $T_m$ . Fournir les unités SI de ces 2 coefficients.
- Sur DR1, **situer et noter** les variables suivantes : tension d'induit  $U(p)$  ; vitesse rotorique  $\Omega_{R/0}(p)$  ; vitesse de sortie du pignon de sortie du réducteur  $\Omega_{P/0}(p)$  ; vitesse de déplacement du bloc poussoir  $V(p)$  et position du poussoir  $X(p)$ . **Justifier** la présence du bloc intégral.
- **Localiser et vérifier** numériquement les fonctions de transfert des éléments de transmission (attention aux unités...).
- **Vérifier** la fonction de transfert du capteur par rapport à ce que vous avez établi dans l'activité 7.

## TP Préparation aux oraux (durée 4h)

### Cordeuse de raquettes SP55

L'information du capteur de tension de corde (plage de 0 à 5V) est numérisée par un convertisseur CAN 12bits à sortie série.

- **Situer** l'endroit ou mettre en place ce CAN et **donner** sa fonction de transfert en incréments par volt (Inc/V). ENTOURER en vert sur DR1 la partie du modèle où l'information est sous forme numérique.

#### Activité 12 Exploitation du modèle, simulation numérique, analyse du comportement dynamique

*Pour vérifier les valeurs numériques des paramètres (R, L...) du modèle, y accéder par « simulation > modifier le contexte ».*

- **Ouvrir** le fichier « CORDEUSE 2016 JCR.zcos » par un double clic et attendre quelques secondes.
- **Vérifier** qu'il correspond à la figure ci-dessus et VERIFIER les valeurs numériques des éléments du modèle.
- **Régler** le correcteur position PID en mode proportionnel pur (**Prop = 50 ; Int = 0 et Dér = 0**) et LANCER la simulation pour une consigne échelon de 250N retardé de 0,1. Attendre l'obtention des résultats graphiques.
- **Imprimer** directement ces tracés ou faire un copié /collé dans un document Word. DONNER un titre précis identifiant la situation testée.
- **Qualifier** la nature de la réponse transitoire en justifiant, puis RELEVER en sortie de l'asservissement les résultats suivants, **distinguer valeur absolue (unités) et relative (%)** :
  - valeur finale et valeur éventuelle du premier dépassement D1(%), erreur statique absolue et relative,
  - temps de réponse à 5% et temps de montée (de 10% à 90% de la variation de la sortie),
  - pseudo période Tosc éventuelle des oscillations en secondes.
- **Relever** la valeur du maximum transitoire de la tension (N) dans la corde et indiquer ce qui se passera probablement avec ce réglage.

Par sécurité, on désire une réponse sans dépassement mais la plus rapide possible (amortissement  $m = 1$ , réponse critique).

- **Modifier** le correcteur de façon à obtenir la réponse demandée.
- **Comparer** le résultat obtenu sur le modèle à celui obtenu sur le système réel et commenter.

#### Partie 4 : Synthèse : exposer clairement le travail effectué (15 min)

- **Proposer une synthèse de votre travail.** Vous devrez faire apparaître la démarche scientifique mise en œuvre pour répondre à la problématique avec les principaux éléments clés (courbes, schémas, résultats numériques,...) obtenus durant votre étude.
- Les outils de communication sont laissés à votre initiative.