



## TRAVAUX PRATIQUES SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGENIEUR



### Solutions technologiques et modèles de connaissance pour un système

DC1 DC24  
DC25

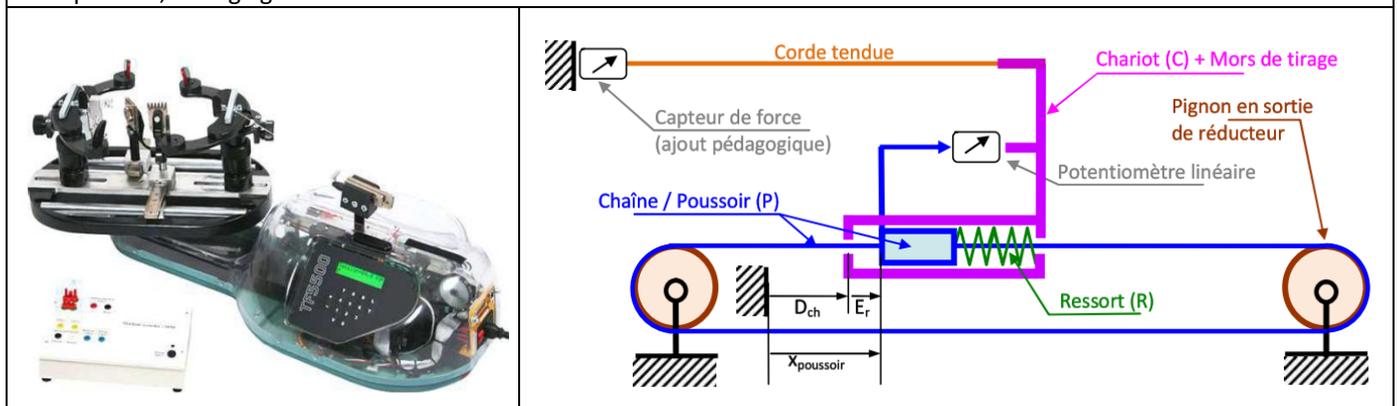
## CORDEUSE SP55 : contrôle de la tension du cordage

**Problématique :** Un modèle de connaissance d'un système dépend des solutions technologiques adoptées. Aussi vous êtes chargé :

- d'établir la modélisation de votre système à partir des solutions techniques en place (constituants) ;
- de vérifier et valider par simulation l'écart de votre modèle au réel.

La cordeuse de raquettes SP55 est issue du domaine des sports et loisirs. Elle permet de corder des raquettes avec une tension prédéfinie par l'utilisateur. Cette cordeuse est utilisée par des grandes enseignes de sport, par des magasins spécialisés dans le domaine des sports de raquettes ou par des clubs de tennis.

La version du laboratoire est un système réel didactisé auquel on a ajouté des capteurs supplémentaires et un logiciel d'acquisition, de réglage et de visualisation.



**Démarche à suivre :** La résolution de la problématique proposée est faite sous forme collaborative en trois activités complémentaires autour du même support (*travail en îlot*).

#### ACTIVITÉ 1 DC1 (connaissances de 2<sup>ème</sup> année) (2H30) : Solutions technologiques et modélisation (Analyser et Modéliser)

**Partie 1 (1H30) :** Pour un système complexe (DAE) et les fonctions usuelles de la chaîne d'énergie (alimenter, moduler, convertir et transmettre) et de la chaîne d'information (acquérir et traiter) :

- identifier les solutions technologiques présentes (identification et caractérisation) ;
- modéliser les solutions technologiques principales (établissement de la fonction de transfert).

Chef de projet

**Partie 2 (1H) Pour le système dont vous êtes en charge (cordeuse SP55) :**

- transposer votre étude effectuée sur la DAE et proposer une représentation du graphe CECl ;
- communiquer les solutions adoptées au groupe (chaîne d'énergie et d'information).

#### ACTIVITÉ 2 DC24 (2H30) : Contrôle et performances des systèmes asservis, modèle de connaissance (Modéliser)

Par une approche globale du système et en exploitant sa documentation technique :

- identifier les éléments et établir une partie du modèle de connaissance ;
- modéliser par simulation numérique le comportement du modèle obtenu (logiciel SCILAB) et proposer une démarche à partir de réponses temporelles permettant de le comparer au système réel.

#### ACTIVITÉ 3 DC25 (2H30) : Solides déformables et sollicitations (Analyser et Modéliser)

- identifier qualitativement les contraintes et la nature des déformations et sollicitations de la structure ;
- établir un modèle de description par la forme d'écriture du tenseur de cohésion ;
- préciser les critères de choix des matériaux et de leur dimensionnement.

#### ACTIVITÉ COMMUNE DE SYNTHÈSE ET RESTITUTION ORALE (20' + 5') / (Communiquer)

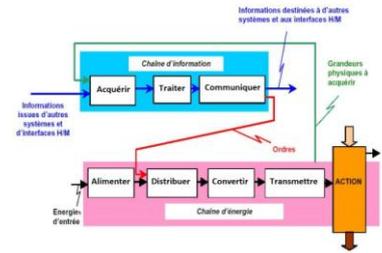
Le chef de projet gère la mise en commun des travaux effectués, il complète la « fiche bilan » distribuée, synthétise les études et résultats obtenus avec pour objectifs de :

- comprendre et expliquer le lien entre les 3 activités et la problématique posée ;
- présenter oralement cette synthèse et les principaux résultats obtenus en respectant les critères d'évaluation.

**ACTIVITÉ 1 (2H30) : Solutions technologiques et modélisation (Chaîne d'énergie et d'information)**

- **Partie 1 (1H30) : Chaîne d'énergie et d'information d'un système complexe (DAE)**

Prendre connaissance de la documentation technique de la DAE et exploiter son contenu pour fournir des réponses **précises et rigoureuses** (vocabulaire) et des **données chiffrées** relatives à la qualification de l'énergie (puissance, tension, courant, fréquence...) ou de l'information (forme, domaine, linéarité, précision, vitesse, bande passante...).

**Chaîne d'énergie électromécanique**

- 1) Pour une automobile, lorsque le véhicule est à l'arrêt puis lorsque le moteur thermique fonctionne, nommer les constituants assurant la fonction « **Alimenter** » du domaine électrique. Indiquer la nature de ces sources ainsi que leurs caractéristiques pour le véhicule TWINGO.
- 2) Pour la DAE, identifier sur le système du laboratoire le constituant assurant la fonction « **Convertir** » ; donner son nom, sa technologie. Indiquer par quelle autre technologie de machine elle est actuellement remplacée.
- 3) À partir de la source d'alimentation présente, indiquer le nom et représenter le symbole fonctionnel et le schéma de structure des différentes fonctions « **Distribuer** » à mettre en place pour :
  - recharger la batterie d'accumulateurs ;
  - moduler l'énergie de la machine électrique d'assistance de l'ancienne génération ;
  - moduler l'énergie de la machine électrique d'assistance de la génération actuelle.
- 4) Indiquer pour ces 2 générations de machines les variables électriques de contrôle de la vitesse et du couple. Fournir les relations utiles pour justifier vos réponses.
- 5) Identifier et nommer chacun des constituants assurant la fonction « **Transmettre** » à partir du rotor de la machine électrique jusqu'aux pivots de roue, en étant **précis, rigoureux et complet** sur le vocabulaire.

**Chaîne d'information**

- 6) Localiser sur le système DAE du laboratoire tous les éléments permettant de réaliser la fonction « **Acquérir** » et donner leur nom et technologie. Préciser pour chacun de ces capteurs le rôle joué pour le système du laboratoire.

Un seul de ces capteurs est utile à la fonction « mesurer le couple exercé par le conducteur au volant » et ce capteur doit être robuste, fiable et sans usure sur la durée de vie du véhicule.

- 7) Indiquer de quel capteur il s'agit et préciser en quoi il est robuste, fiable et sans usure.

La tension issue du capteur de couple doit être numérisée et transmise sur le bus CAN du véhicule.

- 8) Donner alors la forme de l'information obtenue et la manière dont les bits sont transmis. Nommer les 2 fonctions à prévoir pour « **Adapter ou Traiter** » l'information.

Le niveau de couple d'assistance dépend de 2 variables : le couple qu'exerce le conducteur au volant et la vitesse du véhicule. On utilise ces variables dans des lois prédéfinies pour un véhicule donné, voire ajustables par le conducteur à l'arrêt (conduite éco ou sportive).

- 9) Citer des moyens et constituants capables de « **Stocker** » les lois de comportement de l'assistance.

- 10) Préciser comment on peut « **Traiter et Calculer** » la loi d'assistance en temps réel.

**Éléments de modélisation**

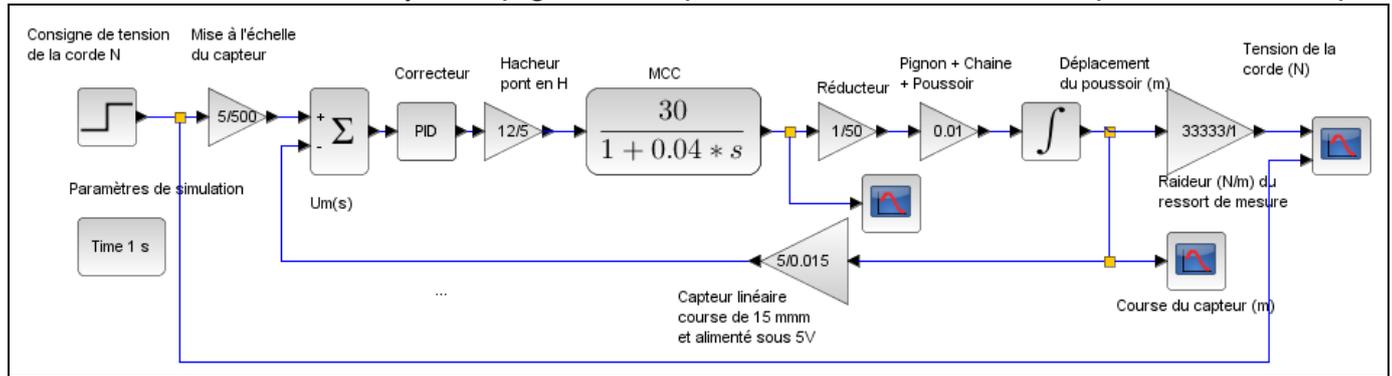
- 11) En partant des équations de la machine à courant continu, établir le schéma bloc de cette machine ayant pour variable d'entrée la tension aux bornes de l'induit  $U_M$  et comme sortie la vitesse de rotation du rotor  $\Omega_{R/0}$ .
- 12) Donner les expressions littérales et valeurs numériques permettant de modéliser la fonction de transfert électrique de l'induit sous forme d'un premier ordre passe bas avec  $K_A$  son coefficient statique et  $\tau_E$  sa constante de temps.
- 13) Exprimer la fonction de transfert de l'élément présent entre le rotor moteur et la colonne de direction.
- 14) Exploiter la notice d'un capteur de couple pour établir la fonction de transfert sous forme littérale puis numérique entre le couple au volant en  $C_V$  (Nm) et sa tension de sortie  $V_C$  (V).

- **Partie 2 (1H) : Chaîne d'énergie et d'information du système Cordeuse SP55**

- 15) **Exploiter et transposer** ce que vous avez établi en première partie, **communiquer** avec le responsable de l'activité 2 pour :
  - **décrire** la Chaîne d'Énergie et la Chaîne d'Information (CECI) du système **Cordeuse SP55** en vous aidant de son dossier technique et en remplissant un document réponse « DR CECI » ;
  - **préparer** votre intervention orale qui ne se fera que sur le système **Cordeuse SP55** ;
  - **anticiper** les questions « classiques » que l'interrogateur va vous poser.

**ACTIVITÉ 2 (2H30) : Contrôle et performances des systèmes asservis, modèle de connaissance**

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



**Partie 1 : COMPRÉHENSION GLOBALE DU MODÈLE, FONCTION DE TRANSFERT DE CONSTITUANTS**

Répondre en annotant clairement le document réponse DR1.

1. Localiser sur le document DR1 le moteur électrique et préciser sa technologie.  
On donne en **Annexe** les équations de modélisation électromécanique et les caractéristiques des constituants.
2. Représenter (sur feuille) le modèle électrique de l'induit (schéma), et exprimer son équation électrique instantanée puis dans le domaine de Laplace. Dédurre l'expression du courant  $I(p)$  et la fonction de transfert de l'induit. Relever dans l'**annexe** ses caractéristiques et exprimer sa fonction de transfert sous forme numérique normalisée d'ordre 1 passe bas.
3. Sur le document DR1, situer et noter les variables suivantes : tension d'induit  $U(p)$ , vitesse rotorique  $\Omega_{R/O}(p)$ , vitesse de sortie du pignon de sortie du réducteur  $\Omega_{p/O}(p)$ , vitesse de déplacement du bloc poussoir  $V(p)$  et position du poussoir  $X(p)$ . Justifier la présence du bloc intégral.
4. Localiser et vérifier numériquement les fonctions de transfert des éléments de transmission (attention aux unités...).
5. Exprimer littéralement l'énergie cinétique des masses en translation suivant un axe et en rotation autour d'un axe. Justifier alors l'écriture de l'équation du couple rapporté sur l'axe du moteur lorsque celui-ci est accouplé à sa charge mécanique.

L'information de l'effort en tension de la corde est obtenue par un ressort taré associé à un capteur à translation linéaire.

6. Relever la course de ce capteur en mm et le coefficient de raideur du ressort taré en N/mm. Dédurre (relation et A.N.) l'effort maximal qu'il est possible de mesurer si on utilise totalement la course linéaire du capteur.
7. Vérifier alors la fonction de transfert sur le modèle (DR1) et la fonction de mise à l'échelle de la consigne.

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

8. 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 le document DR1 la partie du modèle où l'information est sous forme numérique.

**Partie 2 : 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 ».

9. Ouvrir le fichier **CORDEUSE TP3 2015 JCR.zcos** par un double clic et attendre quelques secondes.
10. Vérifier les valeurs numériques des éléments du modèle.
11. Régler le correcteur de position PID en mode proportionnel pur (**Proportionnel = 50 ; Intégral = 0 et Dérivé = 0**) ; puis lancer la simulation pour une consigne de type échelon de 250N retardée de 0,1s. Attendre l'obtention des résultats graphiques.
12. Imprimer directement ces tracés ou copier /coller dans un document Word. Donner un titre précis identifiant la situation simulée.
13. 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  $T_{osc}$  éventuelle des oscillations en secondes.
14. 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).

15. Modifier le correcteur de façon à obtenir la réponse demandée.

**Synthèse de l'activité 2 à faire absolument au terme des 2h30**

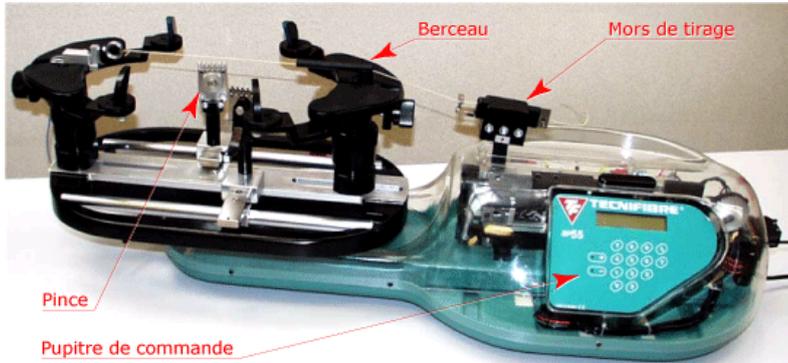
16. Proposer une synthèse de votre activité pour la communiquer au chef de projet.

**ACTIVITÉ 3 (2H30) : Contraintes, déformations et sollicitations de la structure / Critères de choix des matériaux et de leur dimensionnement.**

**Approche globale du dimensionnement d'un système**

1. Dans le cas de problèmes statique ou/et dynamique, justifier l'intérêt de déterminer les actions mécaniques qui se propagent dans les différentes pièces d'un mécanisme.

**Système étudié : cordeuse SP55**



2. Mettre en œuvre la cordeuse avec une tension du cordage égale à 300 N. Puis pincer la corde ainsi tendue. Stopper l'action du mors de tirage. Observer le comportement de la pince.

3. Proposer un protocole expérimental permettant la mesure de ce déplacement de la pince. Le mettre en œuvre et noter le déplacement maxi observé de la pince.

4. Préciser la conséquence que ce déplacement apporte à la tension du brin restant tendu.

5. À l'aide d'un croquis à main levée de la pince et de son implantation sur le berceau (rail de guidage), mettre en évidence les différentes origines (jeu, géométrie, déformation) créant « ce déplacement » de la pince.

6. Justifier que la pince peut être assimilée à une poutre pour une étude de résistance des matériaux.

Un modèle de poutre très simplifié de cette pince est proposé :



7. Représenter ce modèle sur votre compte-rendu et mettre en place l'action  $\vec{F}_{C/p}$ , correspondant à l'action du cordage sur la pince en F.
8. Proposer une démarche détaillée, mais sans engager la résolution analytique, permettant de déterminer les sollicitations présentes tout le long de la pince.
9. En fonction des actions mécaniques présentes, établir le type de sollicitations subies par la pince. Donner l'allure du torseur de cohésion au point G.
10. À partir de votre intuition et de votre expérience technique, représenter le plus précisément possible, sans notion d'échelle, la déformation de la pince subissant cette action  $\vec{F}_{C/p}$ .

**Étude des résultats donnés par le modèle numérique**

11. Enregistrer sur votre espace personnel puis ouvrir l'assemblage « pince cordeuse » (Ressources CPGE / ... / répertoire « Cordeuse pince »). Dans l'onglet « Environnements », « Analyse des contraintes », créer une nouvelle simulation statique.

Avant de lancer la simulation il est impératif de compléter certaines informations :

Analyse des contraintes

- [-] pince cordeuse
  - [+] Simulation:1
    - [+] pince cordeuse
    - [+] Matière
    - [+] Contraintes
      - [+] Support fixe:1
    - [+] Charges
      - [+] Force:1
    - [+] Contacts
    - [+] Maille
    - [+] Résultats

Vérifier que les matières assignées à chaque pièce de la pince correspondent à la réalité. Modifier si nécessaire (double clic sur matière...)

Localiser la ou les zones considérées comme fixes (encastrement)

Appliquer une charge de 300 N sur les 12 zones (rectangles légèrement extrudés) modélisées au niveau de chaque denture

12. Visualiser le maillage par défaut de la pièce. Préciser son rôle. Justifier brièvement l'intérêt de résoudre le problème par logiciel. Ressource possible : [http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode\\_des\\_%C3%A9l%C3%A9ments\\_finis](http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_des_%C3%A9l%C3%A9ments_finis).
13. Lancer la simulation. Dans « Résultats », « Contrainte équivalente », relever la valeur maximum des contraintes équivalentes dans la pièce.
14. Relever également le « Déplacement » maximum de la pièce. Adapter votre réponse à la question 10 si nécessaire.

15. Préciser finalement l'influence de la déformation de la pince sur le déplacement total constaté et mesuré question 4. Exprimer cette valeur en pourcentage.
16. Noter enfin le coefficient de sécurité minimal. Préciser sa définition. Apporter une critique sur cette valeur affichée.
17. Citer le principal avantage d'avoir un maillage très fin. Préciser également un inconvénient possible. Proposer une solution optimisant ces 2 aspects.

#### ***Influence du matériau sur le comportement de la pince***

Il est envisagé de fabriquer toutes les pièces de la pince en alliage d'aluminium 6061 afin d'alléger le système dans son ensemble.

18. Modifier la « Matière » associée aux différentes pièces de la pince (clic droit sur Matière / renseigner correctement la colonne « Matière de remplacement »). Relancer une simulation.
19. Relever l'influence sur le déplacement de la pince et conclure.

#### ***Synthèse***

20. Préciser l'intérêt d'effectuer un dimensionnement et une étude de résistance de matériaux durant la conception d'un système.

#### ***Pour aller un peu plus loin***

21. Proposer des modifications de conception atténuant le déplacement constaté en bout de pince.