

# Préparation Mines Telecom

## Tête de découpe de tissus ★ – Sujet

Le système étudié dans ce sujet est une tête de coupe de tissus conçue et réalisée par la société française Lectra, leader mondial dans la découpe automatisée des tissus.

**Présentation générale** Un système de découpe automatisé de tissus est composé (figure 1) :

- ▶ d'une table de découpe sur laquelle le tissu à découper (appelé matelas) est maintenu en position par aspiration ;
- ▶ d'un bras transversal qui se déplace en translation de direction  $\vec{y}_0$  par rapport à la table ;
- ▶ d'une tête de coupe qui se déplace en translation de direction  $\vec{x}_0$  par rapport au bras transversal ;
- ▶ d'un ordinateur qui pilote l'ensemble du système.

Dans ce sujet, nous nous intéresserons plus particulièrement à la tête de coupe proposée par Lectra dans deux versions (initiale et améliorée) dont le diagramme partiel des exigences pour la solution de découpe (logiciel/machine) est présenté dans la figure 4.

**Modélisation du comportement cinématique de la tête de coupe** La découpe du tissu est réalisée par un mouvement de translation alternative d'une lame par rapport au matelas de tissus. Ce mouvement est obtenu par un système bielle-manivelle dont le schéma cinématique est donné par la figure 9. Les mouvements de translation de la tête de coupe par rapport à la table impliquent que les bases  $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  et  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ , liées respectivement à la tête de coupe et à la table, sont identiques (figure 1).

**Modélisation des liaisons et paramétrage du système** On associe le repère  $\mathcal{R}_2 = (A; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$  à la tête 2, le repère  $\mathcal{R}_3 = (A; \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$  à la manivelle 3, le repère  $\mathcal{R}_4 = (B; \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$  à la bielle 4 et le repère  $\mathcal{R}_5 = (C; \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$  à la lame 5.

La manivelle 3 est en liaison pivot avec la tête 2, d'axe  $(A, \vec{y}_2)$  et d'angle  $\theta_{32}(t) = (\vec{x}_2, \vec{x}_3) = (\vec{z}_2, \vec{z}_3)$ .

La manivelle 3 est en liaison pivot avec la bielle 4, d'axe  $(B, \vec{y}_2)$  et d'angle  $\theta_{43}(t) = (\vec{x}_3, \vec{x}_4) = (\vec{z}_3, \vec{z}_4)$ .

La bielle 4 est en liaison pivot avec la lame 5, d'axe  $(C, \vec{y}_0)$  et d'angle  $\theta_{54}(t) = (\vec{x}_4, \vec{x}_2) = (\vec{z}_4, \vec{z}_2)$ .

La lame 5 est en liaison glissière avec la tête 2, de direction  $\vec{z}_2$  et de paramètre linéaire  $\lambda(t)$ . On pose  $\omega_{ij}(t) = \frac{d\theta_{ij}}{dt} = \dot{\theta}_{ij}(t)$ ,  $\vec{AB} = L_3 \vec{z}_3$  avec  $L_3 = 12,5 \text{ mm}$ ,  $\vec{BC} = L_4 \vec{z}_4$  avec  $L_4 = 80 \text{ mm}$  et  $\vec{AC} = \lambda(t) \vec{z}_2$ .

D'après concours Commun INP 2018 – MP.

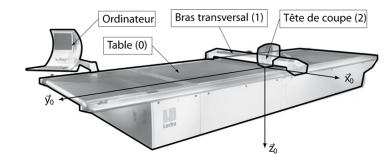
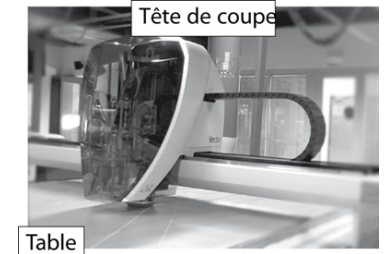


FIGURE 1 – Structure d'une table de découpe de tissus

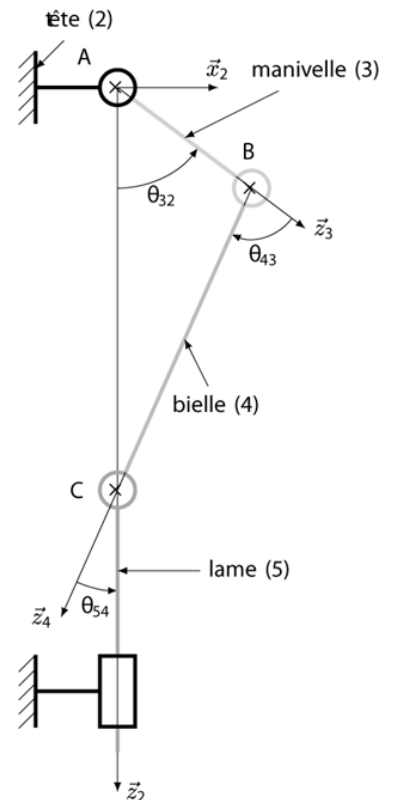


FIGURE 2 – Schéma cinématique du système d'entraînement de la lame de coupe

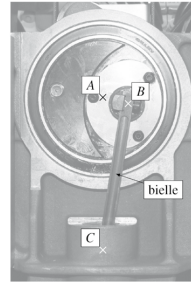


FIGURE 3 – Système d'entraînement de la lame de coupe

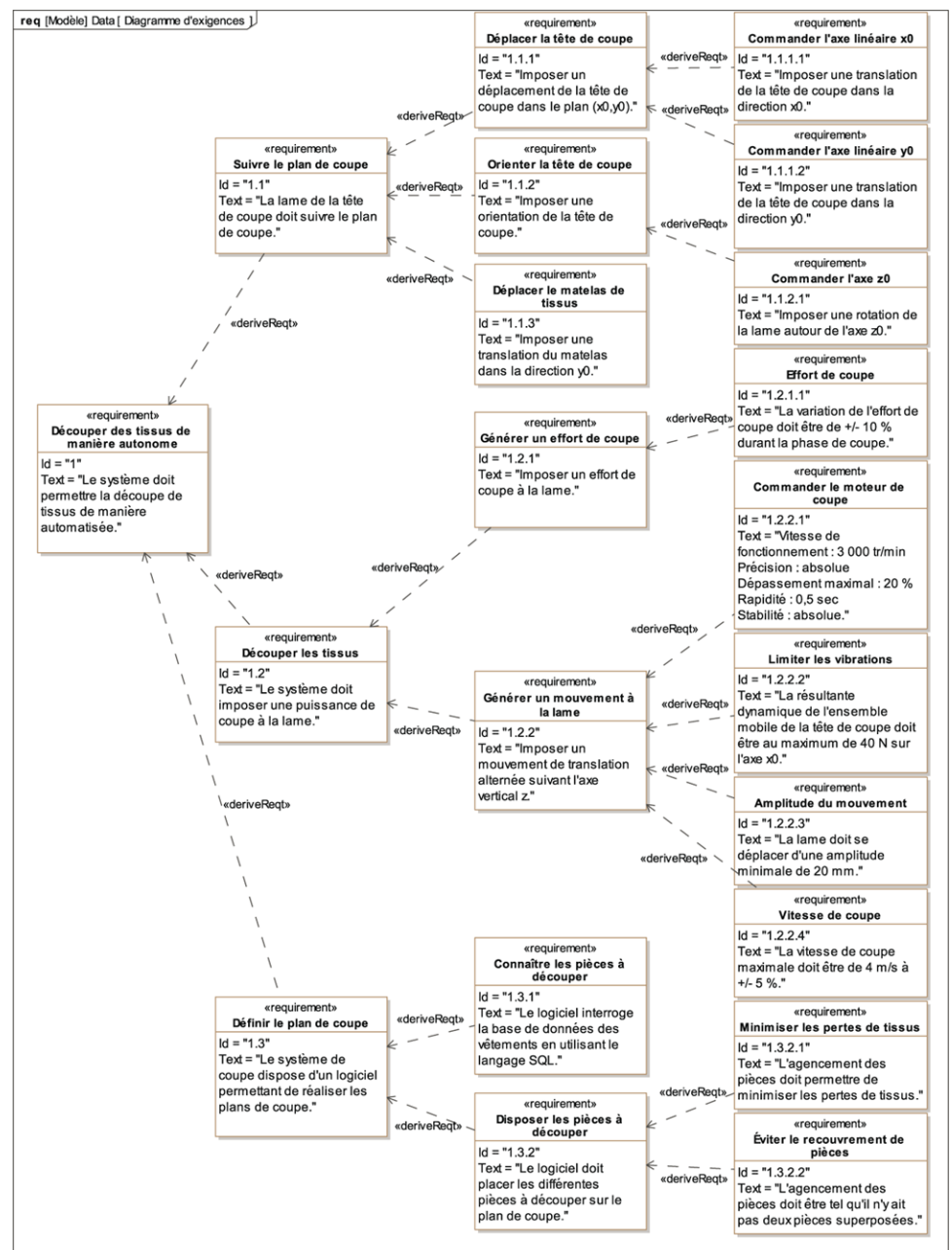


FIGURE 4 – Diagramme des exigences

## 0.1 Analyse du comportement de la chaîne de mesure

### Objectif

Analyser le comportement du conditionneur associé au codeur incrémental afin de valider son implantation dans la boucle d'asservissement.

Le capteur est un codeur incrémental.

Ce codeur incrémental possède trois récepteurs :

- ▶ un récepteur est affecté à la piste intérieure et délivre une impulsion par tour ;
- ▶ deux récepteurs sont placés sur la piste extérieure et sont décalés l'un par rapport à l'autre d'un quart de largeur de fente. Les signaux ainsi émis sont décalés dans le temps.

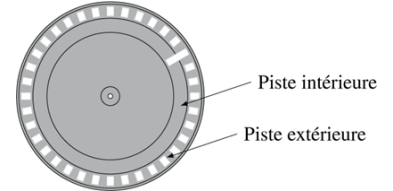


FIGURE 5 – Pistes du codeur incrémental

### Notations

- ▶  $N_m$  est la fréquence de rotation en tr/min (tour/min) associée à la vitesse angulaire de l'arbre moteur  $\omega_m$  ;
- ▶  $a$  (respectivement  $b$ ) est la variable binaire indiquant la réception d'un signal du premier (respectivement du deuxième) récepteur sur la piste extérieure,  $a = 1$  (respectivement  $b = 1$ ) si le récepteur est en face d'une fente ;
- ▶  $\text{pulse}_a$  (respectivement  $\text{pulse}_b$ ) est la variable binaire du front montant de  $a$  (respectivement  $b$ ), c'est-à-dire que  $\text{pulse}_a = 1$  (respectivement  $\text{pulse}_b = 1$ ) lorsque  $a$  (respectivement  $b$ ) passe de 0 à 1, sinon  $\text{pulse}_a = 0$  (respectivement  $\text{pulse}_b = 0$ ) ;
- ▶  $\text{sens}_{\text{mot}}$  est la variable binaire indiquant le sens du moteur :  $\text{sens}_{\text{mot}} = 1$  lorsque  $\omega_m > 0$  et  $\text{sens}_{\text{mot}} = 0$  lorsque  $\omega_m \leq 0$  ;
- ▶  $N$  est le nombre de fentes sur la piste extérieure ( $N = 2500$ ).

Le document suivant représente l'évolution temporelle des variables  $a$  et  $b$  lorsque l'arbre moteur tourne à  $N_m = 3000$  tr/min.

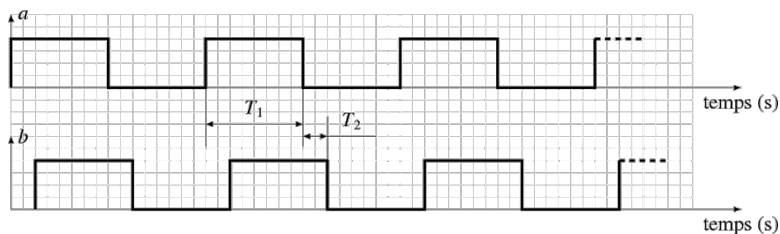


FIGURE 6 – Chronogramme des variables  $a$  et  $b$  pour  $N_m = 3000$  tr/min

**Question 1** Décrire le fonctionnement du capteur et sa résolution.

**Question 2** Donner le chonogramme pour 1500 tr/min et  $-3000$  tr/min.

**Question 3** Compléter le diagramme d'état de la figure 7 permettant de connaître le sens du moteur.



FIGURE 7 – Diagramme d'états d'affectation de la variable  $\text{sens}_{\text{mot}}$

## 0.2 Modélisation du comportement dynamique de la tête de coupe

### Objectif

Identifier la cause des vibrations à partir de la modélisation dynamique du comportement de la tête de coupe.

### Hypothèses de modélisation et notations :

- ▶ le référentiel lié à la table de découpe est supposé galiléen ;
- ▶ les liaisons sont supposées parfaites ;
- ▶ l'action mécanique du moteur sur la manivelle 3 est modélisée par un couple  $\vec{C}_m = C_m(t)\vec{y}_2$  ;
- ▶ lors de la coupe, le matelas de tissus exerce une action mécanique sur la lame  $\overrightarrow{R(matelas \rightarrow lame)} = F_a\vec{y}_0 + F_c\vec{z}_0$  avec  $F_a$  l'effort d'avance et  $F_c$  l'effort de coupe ;
- ▶ la lame, en mouvement de translation par rapport à la table, a une vitesse notée  $\vec{V}_{lame/table} = V_a\vec{y}_0 + \dot{\lambda}(t)\vec{z}_0$  avec  $V_a$  la vitesse d'avance du bras par rapport à la table, supposée constante et  $\dot{\lambda}(t)$  la vitesse de coupe telle que  $\dot{\lambda}(t) = -L_3\omega_{32} \sin \theta_{32}(t)$  ;
- ▶ l'effet de la pesanteur est négligeable devant les autres actions mécaniques ;
- ▶ le moment d'inertie suivant l'axe  $(A, \vec{y}_2)$  de la manivelle, de masse  $M_3 = 0,350 \text{ kg}$ , ramenée à l'arbre moteur est  $J_3 = 1,2 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$  ;
- ▶ la masse et l'inertie de la bielle sont négligées ;
- ▶ la masse de l'ensemble mobile lié à la lame est  $M_5 = 0,1 \text{ kg}$ .

**Question 4** En utilisant la méthode de votre choix, donner l'expression littérale du couple moteur  $C_m(t)$ . Seront préciser le ou les systèmes isolés, le ou les bilans nécessaires et le ou les théorèmes utilisés.