

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 2.

D'après concours Commun INP 2018 – MP.

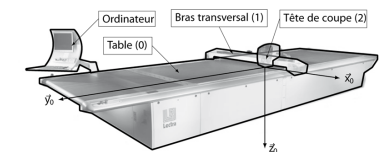
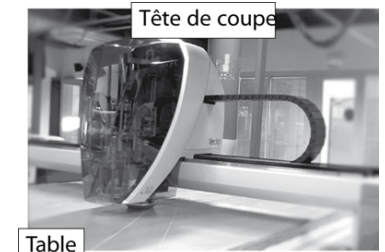


FIGURE 1 – Structure d'une table de découpe de tissus

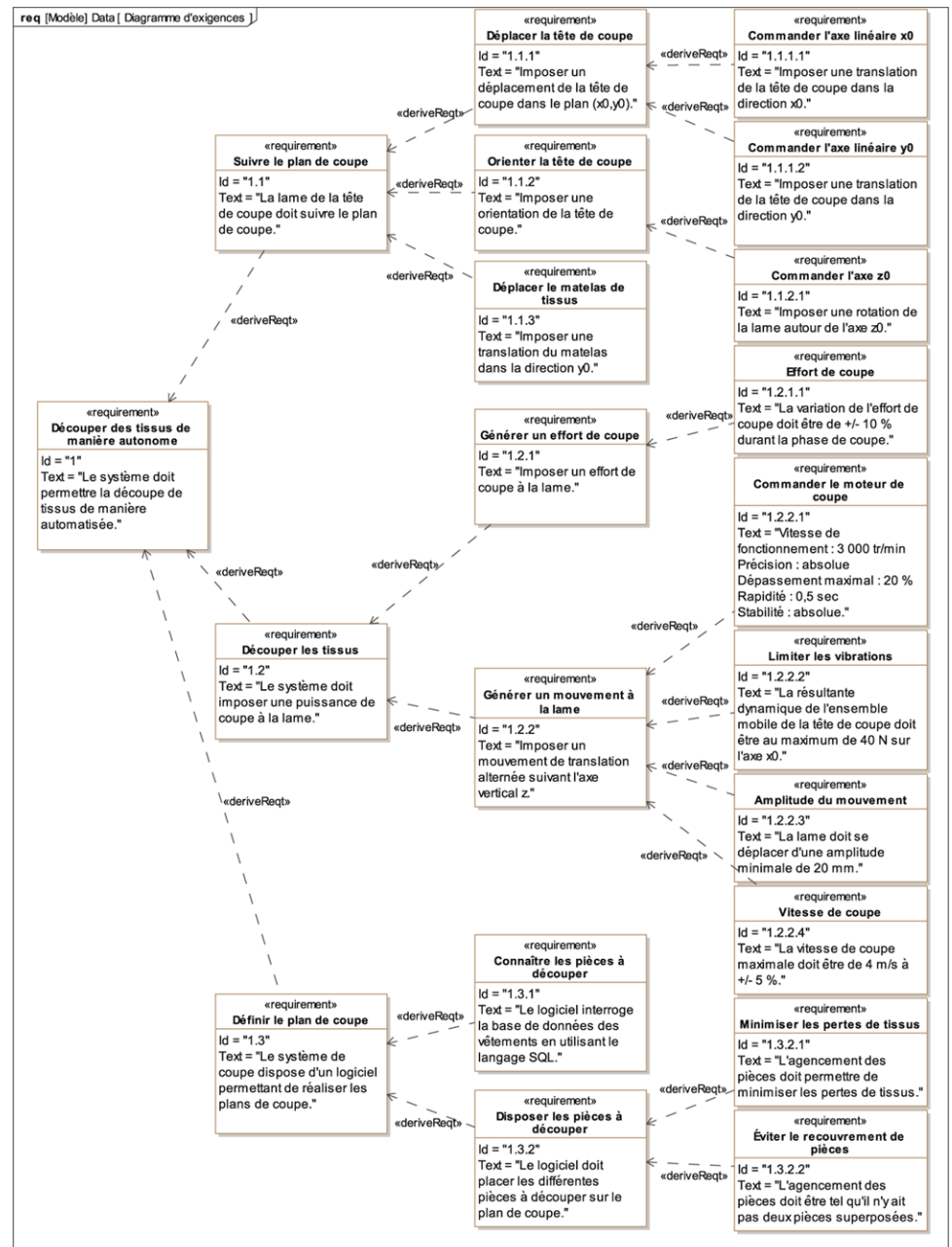


FIGURE 2 – Diagramme des exigences

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.

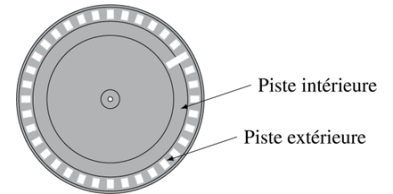


FIGURE 3 – Pistes du codeur incrémental

Notations

- ▶ N_m est la fréquence de rotation en tr/min (tour/min) associée à la vitesse angulaire de l'arbre moteur ω_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 ;
- ▶ pulse_a (respectivement 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 $\text{pulse}_b = 0$) ;
- ▶ sens_{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.

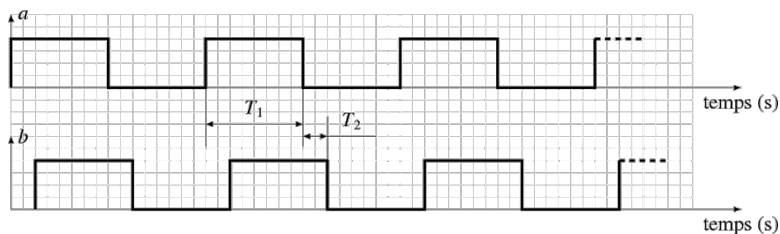


FIGURE 4 – Chronogramme des variables a et b pour $N_m = 3000$ tr/min

Question 1 Décrire le fonctionnement du capteur et sa résolution.

Question 2 Donner le chronogramme pour 1500 tr/min et -3000 tr/min.

Question 3 Compléter le diagramme d'état de la figure 5 permettant de connaître le sens du moteur.



FIGURE 5 – Diagramme d'états d'affectation de la variable sens_{mot}

0.2 Modélisation du comportement mécanique de la tête de coupe de coupe

Objectif

Modéliser le comportement dynamique de la tête de coupe afin d'identifier un phénomène de vibration néfaste au regard de l'exigence 1.2.2.

Modélisation du comportement cinématique de la tête de coupe

Objectif

Déterminer la loi entrée/sortie de la chaîne cinématique de la tête de coupe et valider son comportement vis-à-vis des exigences 1.2.2.3 et 1.2.2.4.

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).

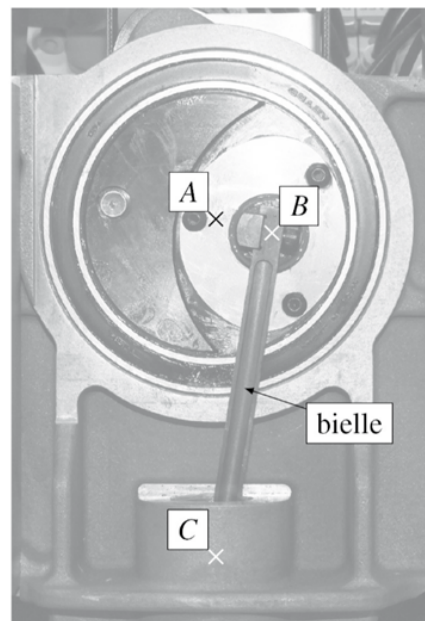
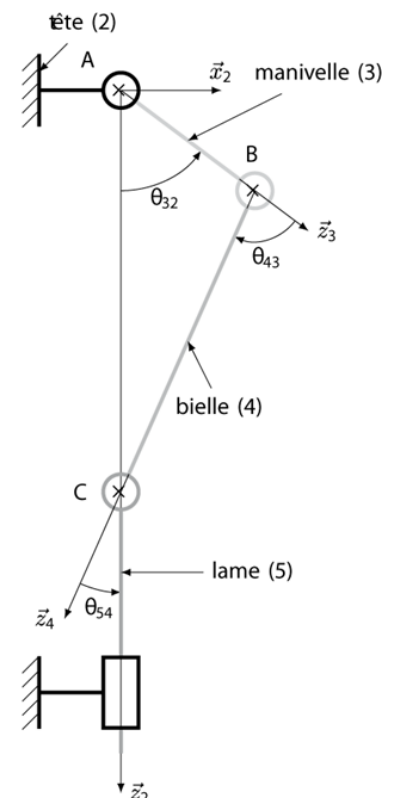


FIGURE 6 – Système d'entraînement de la lame de coupe et schéma cinématique associé



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 $\theta_{43}(t) = (\vec{x}_3, \vec{x}_4) = (\vec{z}_3, \vec{z}_5)$.

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 $\vec{AC} = \lambda(t) \vec{z}_2$.

Question 4 Déterminer la relation entre le paramètre $\lambda(t)$, l'angle $\theta_{32}(t)$ et les données géométriques du système.

Question 5 En déduire l'expression littérale de l'amplitude des oscillations de la lame, notée Δz . Faire l'application numérique et conclure sur le respect de l'exigence 1.2.2.3.

Question 6 Donner les hypothèses permettant de montrer que la loi obtenue précédemment peut se mettre sous la forme $\lambda(t) \simeq L_3 \cos(\theta_{32}(t)) + L_4(t)$.

Afin de valider cette approximation, les deux fonctions mathématiques ont été tracées sur un tour de l'arbre moteur (figure 7).

Question 7 Conclure sur l'adoption de la loi approximée dans la suite de l'étude.

Afin de valider le critère associé à l'exigence de vitesse de coupe, il est nécessaire de déterminer la loi en vitesse de la lame notée $\dot{\lambda}(t)$.

Question 8 Déterminer l'expression littérale de $\dot{\lambda}(t)$ à partir du modèle simplifié de $\lambda(t)$.

Cette loi en vitesse simplifiée a été tracée (figure 8) pour être comparée à la loi obtenue à partir du modèle établi initialement.

Question 9 La simplification de la loi en vitesse permet-elle de valider l'exigence 1.2.2.4. ?

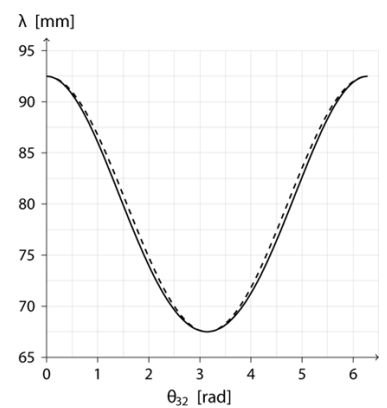


FIGURE 7 – Évolutions théorique (–) et approximée (– –) du paramètre λ

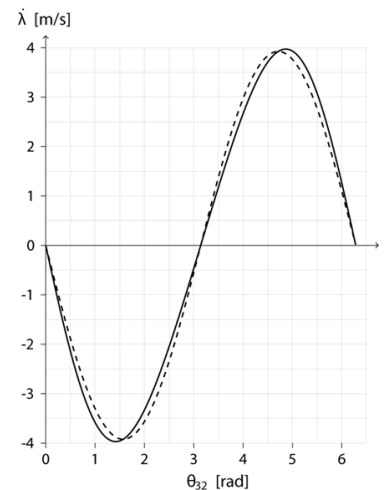


FIGURE 8 – Évolutions théorique (–) et approximée (– –) de la vitesse $\dot{\lambda}$ pour une vitesse $\dot{\theta}_{32} = 3000 \text{ tr/min}$