

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE
Session 2000

SOUS-EPREUVE
Modélisation des éléments de mécanismes
Calcul des grandeurs caractéristiques
(UNITE U 4 1)

Questionnaire

Contenu du dossier :
- Questionnaire Q 1/7 à Q 7/7

BAREME

Questions	Barème sur 40	Questions	Barème sur 40	Questions	Barème sur 40
A		B		C	
1	/4	5.1	/2	6.1	/1
2	/4	5.2	/4	6.2	/10
3	/3	5.3	/8		
4	/4				

A – Etude du bloc de coupe en travers

Présentation

(voir les documents DT 1 et DT 2)

Le système de coupe en travers, élément fondamental de la machine, permet de couper la bande de papier :

- A une longueur comprise entre 200 et 420 mm.
- Perpendiculairement à l'axe de la bande

Ceci à n'importe quelle vitesse de défilement de la bande même pendant les phases de démarrage et d'arrêt de la machine.

La bande est coupée par les lames en hélice 8 montées sur les cylindres 7 et 11. Les lames 8 permettent une coupe en ciseaux progressive et sans choc de la bande de papier.

Un moteur électrique à courant continu entraîne, par l'intermédiaire d'un train d'engrenage (non représenté sur la figure 1, DT2) la roue 2 en liaison pivot autour de l'axe (O, \vec{x})

Cette roue 2 entraîne en rotation le levier 4 par l'intermédiaire de la bielle 3. C'est le levier 4 qui crée la rotation du cylindre inférieur 7 grâce à la bielle 5 et la manivelle 6 solidaire du cylindre 7. Les deux cylindres coupeurs 7 et 11 tournent toujours à la même vitesse mais en sens opposé grâce à l'engrenage sans jeu 9-10.

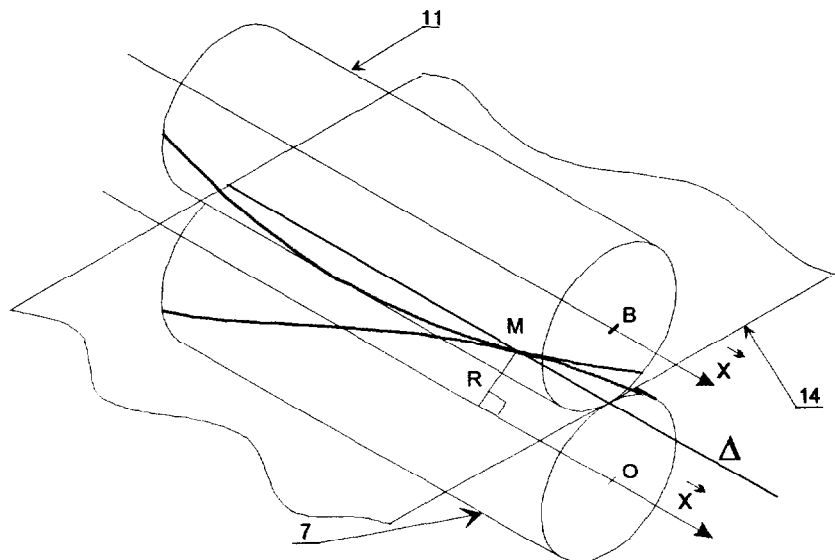
Objectif : Le but de cette étude est de dégager les éléments susceptibles de causer le dysfonctionnement du mécanisme (coupe non d'équerre, format non respecté) et aussi de justifier la nécessité de certains réglages.

1. Etude de la coupe en travers

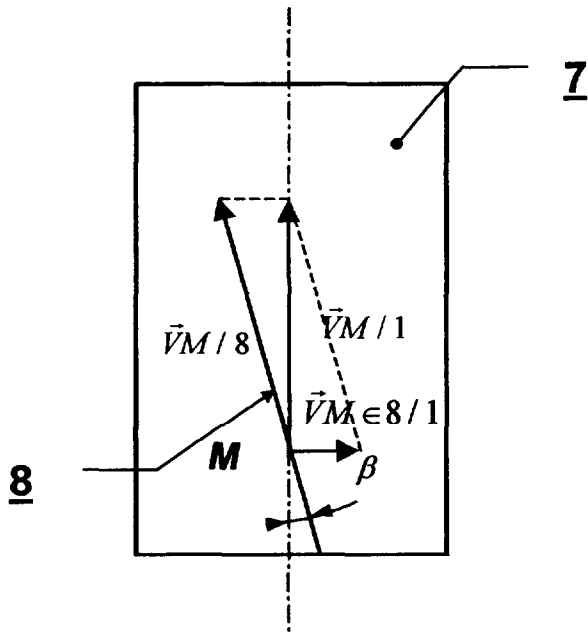
Le contact entre les lames de coupe se fait au point M. C'est en ce point que s'effectue la coupe à l'instant considéré t . La trajectoire de ce point dans un repère lié au bâti est une droite Δ parallèle à l'axe (O, \vec{x}) des cylindres.

- 1 : Bâti (non représenté)
- 7 : Cylindre inférieur
- M : point coïncident
- 14 : Bande de papier
- 11 : Cylindre supérieur

Figure . 1



La détermination de la vitesse du point de contact M, $\vec{V}_{M/1}$ s'obtient en utilisant la composition des vitesses (voir la figure 2 ci-dessous)



$$\vec{V}_{M/1} = \vec{V}_{M/8} + \vec{V}_{M \in 8/1}$$

$\vec{V}_{M/1}$: Vitesse absolue du point de contact M entre les lames par rapport au bâti.

$\vec{V}_{M/8}$: Vitesse relative du point M, c'est la vitesse du point M par rapport à la lame 8, cette vitesse est tangente à la lame de coupe.

$\vec{V}_{M \in 8/1}$: Vitesse d'entraînement, c'est à dire vitesse du point M appartenant à la lame 8 par rapport au bâti 1.

Figure . 2

Vue de dessus du cylindre inférieur 7 et de la lame 8.

Répondre aux questions suivantes sur le document réponse DR1

1.1 Donner la relation entre $V_{M \in 8/1}$, $\omega_{8/1}$ et R.

Avec $\omega_{8/1}$: Vitesse angulaire de rotation de l'ensemble cylindre 7 et lame 8
R : Distance du point M à l'axe de rotation (O, \vec{x})

1.2 Donner l'expression de la vitesse $V_{M/1}$ en fonction de R, $\omega_{8/1}$ et β (angle d'hélice de la lame).

1.3 On veut déterminer la vitesse de coupe du papier, soit $\vec{V}_{M/14}$ en fonction de $\vec{V}_{M/1}$ et $\vec{V}_{M \in 14/1}$ (vitesse de défilement du papier).

Donner la relation qui lie $\vec{V}_{M/1}$, $\vec{V}_{M \in 14/1}$ et $\vec{V}_{M/14}$ et construire graphiquement $\vec{V}_{M/14}$.(figure1 ; DR1)

1.4 Sur la figure . 2 du document DR 1 représenter la trajectoire de M dans la bande de papier. Préciser si oui ou non la coupe obtenue est d'équerre.(c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe de la bande de papier)

2. Etude de la disposition des cylindres pour obtenir une coupe d'équerre

La disposition précédente des axes des cylindres, perpendiculaires à la bande de papier, ne permet pas d'avoir une coupe d'équerre. Pour obtenir le résultat escompté, on incline les axes des cylindres de l'angle d'hélice β par rapport à cette perpendiculaire.

On donne $\vec{V}_{M/1}$ et $\vec{V}_{M \in 14/1}$ (vitesse de défilement du papier) pour que la coupe soit d'équerre. (Voir Figure 3, document DR2)

Répondre aux questions suivantes sur le document réponse DR2

2.1 Construire graphiquement la vitesse de coupe du papier $\vec{V}_{M/14}$ sur la figure 3 du page Q 2/7

On rappelle la relation qui lie $\vec{V}_{M/1}$, $\vec{V}_{M/14}$ et $\vec{V}_{M \in 14/1}$

$$\vec{V}_{M/1} = \vec{V}_{M/14} + \vec{V}_{M \in 14/1}$$

2.2 Construire sur la figure 3 $\vec{V}_{M/8}$ et $\vec{V}_{M \in 8/1}$ (Il est conseillé de s'aider de la figure 2, document Q2)

2.3 En déduire l'expression de la vitesse d'entraînement $V_{M \in 8/1}$ en fonction de la vitesse de défilement du papier $V_{M \in 14/1}$ et l'angle β .

2.4 Déterminer alors la fréquence de rotation N8/1 des cylindres de coupe pour obtenir une coupe d'équerre

Données :

$$R = 100 \text{ mm} ; \tan \beta = \frac{5}{140} ; \text{Vitesse de défilement du papier } V_{M \in 14/1} = 250 \text{ m / min}$$

3. Etude de la mise au format

Un calcul analogue donne comme résultat N8/1 = 366,3 tr/min pour une vitesse de défilement du papier $V_{\text{papier}} = V_{M \in 14/1} = 230 \text{ m/min}$. (C'est-à-dire que la coupe est d'équerre si les cylindres tournent à 366,3 tr/min et le papier défile à 230 m/min)

Répondre aux questions suivantes sur document DR 3

3.1 On désire couper des formats de papier à la longueur de 420 mm dans une bande de papier défilant à la vitesse de 230 m/min.

Quel intervalle de temps Δt doit alors s'écouler entre deux coupes successives ?

3.2 A quelle fréquence de rotation constante doivent tourner les cylindres de coupe 7 et 11 pour que s'écoule l'intervalle de temps Δt entre deux coupes successives permettant ainsi d'obtenir des formats de longueur 420 mm ?

3.3 Cette fréquence de rotation est-elle compatible avec une coupe d'équerre ?

Justifier la nécessité du mécanisme de synchronisation.

4. Etude du mécanisme de synchronisation (Voir documents DT 2 et DT3)

Le document DT3 donne les graphes des fréquences de rotation $N6/1 = N7/1$ obtenus à l'aide du logiciel "Mécaplan" pour différents réglages du mécanisme de synchronisation :
(OC= 6 mm ; OC= 12 mm ; OC= 18 mm ; etc.....)

Ces graphes sont rassemblés sur le document DR4

On donne les résultats suivants:

Résultats découlant de l'étude conduite à la question 2.4:

Pour une vitesse de défilement du papier de 200 m/min, on obtient une coupe d'équerre si $N8/1 = N7/1 = 318,5$ tr/min (On notera cette fréquence $N7/1_{\text{coupe}}$)

Résultats découlant de l'étude conduite à la question 3.2:

Pour une vitesse de défilement du papier de 200 m/min, on obtient un format de papier de longueur 420 mm si $N7/1 = 476,19$ tr/min (On notera cette fréquence $N7/1_{\text{moyen}}$)

Répondre aux questions suivantes sur document DR 4

- 4.1** Calculer la variation relative de la fréquence de rotation du cylindre 7 par rapport à 1 pour obtenir à la fois une coupe d'équerre et un format de longueur 420 mm lorsque la bande de papier défile à 200 m/min

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{N7/1_{\text{coupe}} - N7/1_{\text{moyen}}}{N7/1_{\text{moyen}}}$$

Exprimer cette variation en %.

- 4.2** Pour chaque graphe des vitesses du document DR4, calculer

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{N_{\text{min}} - N_{\text{moyen}}}{N_{\text{moyen}}}$$

Exprimer cette variation en %

- 4.3** Pour réaliser une coupe d'équerre dans le cas considéré, quel graphe des vitesses réalise au mieux la variation de fréquence de rotation nécessaire ?

B – Etude du système de tension des courroies

Les feuilles coupées au format arrivent au poste d'empilage sur des rubans (voir document DT4 fig.1). Ces rubans sont montés sur deux rouleaux, l'un moteur et l'autre tendeur. Au montage de la machine chez le fabricant, on utilise des rubans "fermés" de longueur identique, ce qui permet d'assurer la même tension à tous les rubans en agissant sur le rouleau tendeur. A l'usage, ces rubans se détendent ou cassent.

Pour les remplacer, les conducteurs de machine utilisent des rubans "ouverts" dont on soude les extrémités ensemble directement sur la machine (voir fig.3 du document DT 4) ; ceci évitant le démontage des rouleaux tendeurs et moteurs.

Par contre, on n'arrive plus à obtenir des rubans de longueurs identiques et pour assurer une tension minimum à chaque ruban (même les plus "longs"), on est obligé d'accroître anormalement la tension des rubans les plus "courts". Ceci entraîne des efforts anormalement élevés sur les paliers des roulements et donc leur détérioration prématurée ainsi que la rupture prématurée des rubans les plus courts.

Objectif : On se propose d'évaluer la surcharge induite par la mise en place d'un ruban trop "long".

On donne : longueur l des rubans : $l = 2\text{ m}$
la courbe donnant la tension t des rubans en fonction de leur pourcentage d'allongement (Figure 2 ;DT4)

Dans les questions qui suivent, on négligera l'incidence de l'enroulement des rubans sur les rouleaux en considérant $l \approx 2a$. (Figure 4 sur DT4).

5.1 Etude de la mise en place de la tension initiale.

Répondre aux questions suivantes sur document DR 5

5.11 En utilisant la figure 2 du document DT 4, lire le pourcentage d'allongement qu'il faut appliquer au ruban pour obtenir une tension initiale $t_i = 30 \text{ daN}$ et calculer l'allongement $(\Delta l)_i$ correspondant.

5.12 En déduire l'augmentation d'entraxe $(\Delta a)_i$ correspondante

5.2 Evaluation de l'augmentation de tension induite par la mise en place d'un ruban "trop long"

On estime que la confection des rubans directement en place sur la machine s'effectue avec une dispersion de $\pm 20\text{ mm}$ sur la longueur totale du ruban. La mise en place d'un ruban supposé "trop long" de 20 mm nécessite donc :

- 1 - de détendre les anciens rubans en amenant le rouleau tendeur dans sa position initiale.
- 2 - de mettre en place le nouveau ruban.
- 3 - de déplacer le rouleau tendeur pour annuler la flèche des anciens rubans et les mettre en situation de tension nulle.
- 4 - de déplacer le rouleau tendeur de $(\Delta a)_1 = 20/2 = 10 \text{ mm}$ pour mettre le nouveau ruban en situation de tension nulle.
- 5 - d'imposer au rouleau tendeur un déplacement supplémentaire $(\Delta a)_i$ pour que le nouveau ruban ait une tension initiale $t_i = 30 \text{ daN}$

Quel que soit le résultat trouvé en 5.12, on prendra $(\Delta a)_i = 35\text{ mm}$

Répondre aux questions suivantes sur document DR 5

5.21 A partir de la fin de l'étape 3 ci-dessus, le déplacement total du rouleau tendeur est de :
 $(\Delta a)_t = 10 + 35 = 45 \text{ mm}$

En déduire l'allongement total $(\Delta l)_t$ des anciens rubans.

5.22 A l'aide du graphe de la figure 2 sur le document DT 4 et d'un calcul approprié, déterminer la nouvelle tension t_f des anciens rubans.

5.23 Calculer l'action exercée globalement par les 8 rubans sur un rouleau tendeur avant et après réparation d'un ruban. En déduire la surcharge induite par le remplacement d'un seul ruban. Cette surcharge vous semble-t-elle susceptible d'entraîner une détérioration prématurée des roulements de paliers ?

5.3 Etude d'un système de tendeur individuel

Pour remédier aux problèmes induits par un système de "tension globale" étudié dans les questions précédentes, on décide d'installer pour chaque ruban un tendeur individuel. Le service de maintenance s'est inspiré d'un modèle existant sur d'autres machines pour concevoir le tendeur. La solution retenue est représentée sur le document DT 5

Un bras oscillant 1 est monté en liaison pivot sur un axe lié au bâti de la machine. Ce bras est équipé d'un galet 4 qui assure la tension du ruban grâce à l'action du ressort 3. L'intensité de l'action du ressort sur le bras oscillant 1 est réglée par la rotation du bras support 2 bloqué en position sur l'axe par la vis 5.

Objectif : On se propose de déterminer l'action du ressort permettant d'obtenir la tension $\|\vec{t}\| = 30 \text{ daN}$

Hypothèses :

- On considère que toutes les actions mécaniques sont modélisables dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y})
- Les frottements sont négligés.
- On néglige le poids des pièces.
- L'action du ressort est modélisable par un glisseur dont le support est donné sur la figure 1 du document DR6.
- Les tensions t sur chaque extrémité du brin de ruban sont supposées identiques.

Données :

On désire une tension telle que $\|\vec{t}\| = 30 \text{ daN}$

Répondre aux questions suivantes sur document DR 5

5.31. En étudiant l'équilibre du système $S=\{\text{bras 1 ; galet 4 ; brin de ruban CD}\}$, déterminer l'action du ressort $\vec{B}_{3/1}$

Une résolution graphique est préconisée.

C – Etude d'un dévidoir. (Voir Fig.1 et Fig.2 du document DR6)

Les dévidoirs sont des supports pour les bobinots qui alimentent la coupeuse. Le bobinot est monté sur les broches du dévidoir pour permettre le déroulage. Afin d'assurer une tension aussi constante que possible de la bande de papier, les broches sont équipées de freins pneumatiques refroidis par eau. Le couple de freinage se règle en fonction du diamètre du bobinot.

Lors d'un redémarrage de la machine, on constate des dispersions sur les formats ou des déchirements de la bande de papier dues à l'augmentation de la tension. Cette augmentation de tension provient de l'accélération angulaire subie par le bobinot.

Objectif : On se propose de calculer l'accélération maximum de la bande de papier au démarrage de la machine afin d'éviter le dysfonctionnement cité précédemment, cette accélération ayant une incidence directe sur la productivité de la machine. (Des temps de démarrage trop longs font chuter la productivité.)

On donne : (Fig.2 du document DR6)

Bobinot : Cas a : assimilé à un cylindre de diamètre $D = 2R = 1\text{ m}$; largeur $L = 1\text{ m}$
Masse M du bobinot $M = 800\text{ kg}$
Cas b : assimilé à un cylindre de diamètre $D = 2R = 0,5\text{ m}$;
largeur $L = 1\text{ m}$; Masse M du bobinot $M = 200\text{ kg}$
Notation : C le couple de freinage appliqué au bobinot par les freins de broche.
 T la tension de la bande de papier.

6.1. Etude de la marche normale (vitesse linéaire de déroulement du papier constante)

Hypothèses :

On suppose que le diamètre du bobinot reste constant (la diminution du diamètre se fait très lentement). Cette hypothèse permet de négliger l'accélération angulaire du bobinot due à la diminution du diamètre

Répondre à la question suivante sur document DR 6

6.11. Etablir la relation qui existe entre la tension T_n du papier, le couple de freinage C et le rayon R du bobinot (T_n étant la tension du papier pendant la marche normale)

6.2. . Etude de la phase de démarrage.

Hypothèses :

- On suppose que le diamètre du bobinot reste constant pendant cette phase.
- On se place dans le cas où la machine redémarre depuis l'arrêt total (Vitesse initiale nulle).
- On suppose que la vitesse V de déroulement passe de 0 à 200 m/min de façon uniformément accélérée (accélération a)
- Le couple de freinage C est le même que pour la question 6.11

Répondre aux questions suivantes sur document DR 6

6.21 Donner la relation qui lie a (accélération linéaire de la bande de papier) et θ'' (accélération angulaire du bobinot).

6.22 En appliquant le Principe Fondamental de la Dynamique au bobinot, établir une relation entre T_d (T_d tension pendant la phase de démarrage), C (couple de freinage), M (masse du bobinot, le rayon R et l'accélération a .

6.23 Déterminer l'expression de $T_d - T_n$.

6.24 Calculer l'accélération a de la bande de papier pour que l'augmentation de tension $T_d - T_n$ reste inférieure ou égale à 20 daN dans les cas a et b.

6.25 Quel que soit le résultat trouvé en 6.24, on prendra

Cas a: $a = 0,5\text{ m/s}^2$.

Cas b: $a = 2\text{ m/s}^2$.

Calculer le temps t que mettra la bande de papier pour atteindre la vitesse de 200 m/min dans les cas a et b. Quelles conclusions peut-on en tirer pour la conduite de la machine ?