

## TD5 - Tapis de convoyage de fardeuse

### Mise en situation et objectif

Pour satisfaire les clients, certains produits de grande consommation sont enveloppés sous film plastique pour à la fois les protéger, faciliter leur transport, leur manutention ou encore leur stockage. L'opération qui consiste à mettre le produit sous film s'appelle le fardelage et le système une fardeuse. Ci-contre, 6 bouteilles d'eau emballées sous film plastique par une fardeuse.

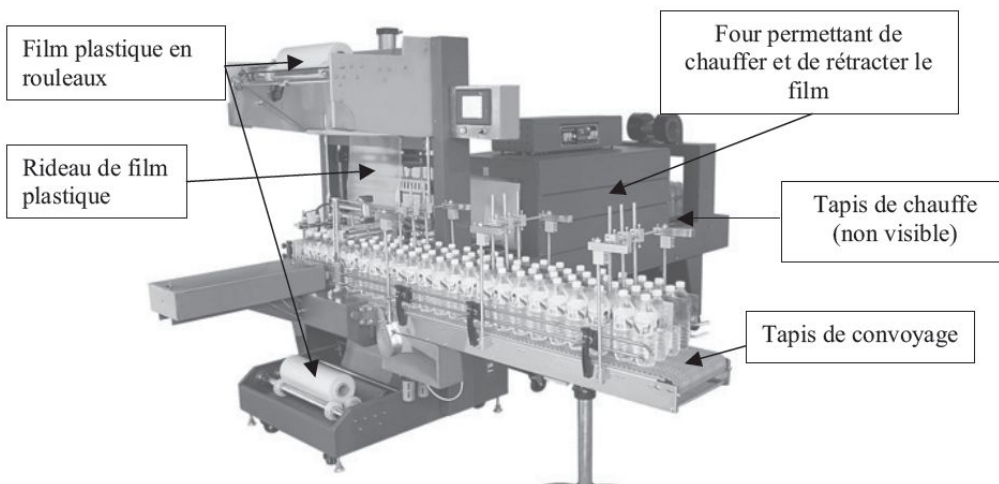


Le procédé de fardelage présente l'avantage de s'adapter à tous les formats et permet un emballage jusqu'à 6 faces. Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour réaliser l'opération de fardelage. Celle proposée dans cette étude consiste à déposer un film plastique thermo-rétractable puis à le chauffer pour qu'il épouse la forme du produit à emballer.

La machine est succinctement décrite ci-contre :

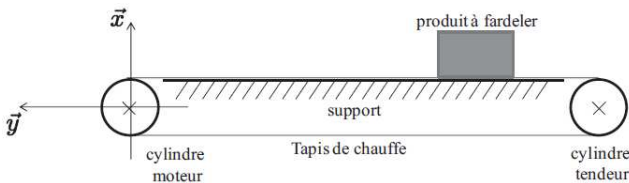
La partie de la machine étudiée est la motorisation du tapis de convoyage.

L'objectif du problème est de choisir le moteur asynchrone permettant au système de garantir la cadence du cahier des charges.

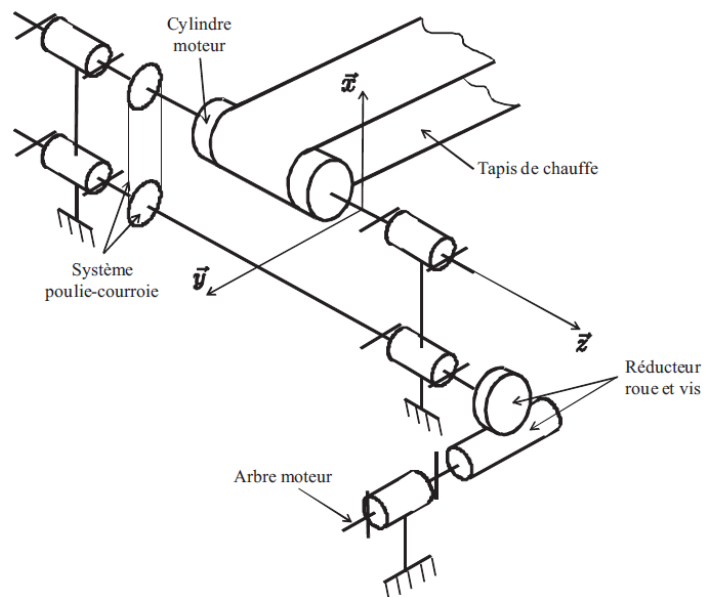


### Description du système étudié

On donne ci-dessous une représentation de l'ensemble permettant de transformer la rotation de l'axe du cylindre moteur, en translation du produit à fardeler posé sur le tapis de convoyage : Ensemble cylindres moteur et tendeur, tapis de convoyage et produit à déplacer (à fardeler).



On donne ci-contre une représentation en perspective de la chaîne de transmission de puissance de l'arbre moteur à l'axe du cylindre moteur : Ensemble réducteur à roue et vis sans fin, arbre intermédiaire, système poulie courroie et cylindre moteur.



On suppose que toutes les liaisons sont parfaites. Sauf les pertes qui seront considérées dans le réducteur à roue et vis sans fin ainsi que celles liées au frottement entre le tapis et le support.

**Données et notations**

Les caractéristiques et notations des différents éléments de la chaîne de d'énergie du système sont données dans le tableau ci-dessous :

Eléments	Caractéristiques et notation
Alimentation	Triphasé 400 V
Moteur	Couple moteur : $C_m$ (inconnue)
	Inertie arbre moteur : $I_{am}$ (inconnue)
	Vitesse de rotation : $\omega_m$
Réducteur	Rendement : $\eta = 0,8$
	Inertie équivalente du réducteur ramenée sur l'arbre moteur : $I_r = 1,52 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$
	Rapport de réduction : $r = 1/15$
Arbre intermédiaire	Inertie arbre intermédiaire : $I_{ai} = 0,97 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$
	Vitesse de rotation : $\omega_c$
Système poulie-courroie	Rapport de réduction : 1
	Inertie négligée
Cylindre moteur	Rayon : $R = 28,5 \text{ mm}$
	Inertie cylindre moteur : $I_{cm} = 9,3 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$
	Vitesse de rotation : $\omega_c$
Cylindre tendeur	Rayon : $R = 28,5 \text{ mm}$
	Inertie cylindre tendeur : $I_{ct} = 7,75 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$
	Vitesse de rotation : $\omega_c$
Tapis	Masse négligée
	Coefficient de frottement entre le tapis et le support : $f = 0,2$
Produit à fardeler	Masse : $M_p = 18 \text{ kg}$
	Vitesse du produit à fardeler : $V$
	Accélération du produit à fardeler : $\gamma$
	Distance à parcourir : $d = 1 \text{ m}$ en un temps $T = 2 \text{ s}$

**Cahier des charges**

Pour respecter la cadence de production, le produit sur le tapis doit être déplacé d'une distance  $d = 1 \text{ m}$  en un temps  $T = 2 \text{ s}$ .

On souhaite pour cela avoir le profil de vitesse en trapèze ci-contre.

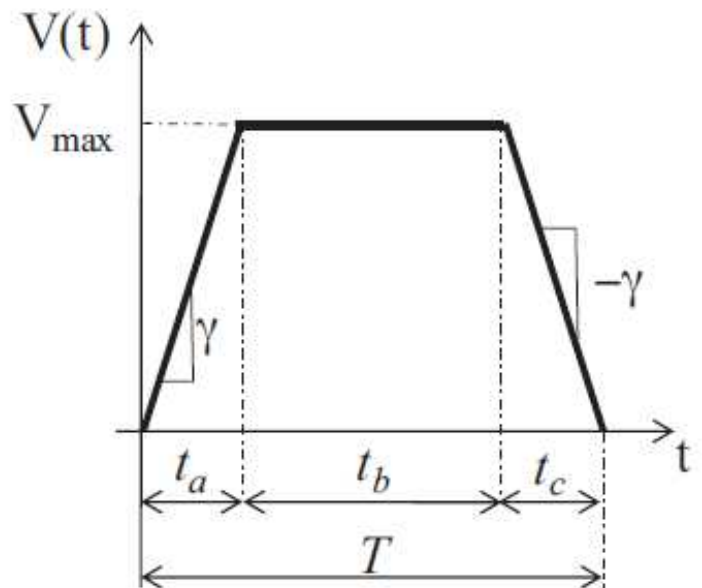
Pour ce profil de vitesse, les phases d'accélération ( $\gamma$ ) et de décélération ( $-\gamma$ ) pendant le déplacement total  $d$  ont la même durée, égale à un sixième de la durée totale :

$$t_a = t_c = \frac{T}{6}$$

**Objectif du problème**

L'objectif du problème est de choisir un moteur asynchrone triphasé permettant de répondre au cahier des charges.

Ce moteur sera choisi dans la gamme de produits d'un constructeur dont la documentation technique est donnée dans l'annexe page 4.



## Travail demandé

### 1- Cinématique et choix du nombre de pôles du moteur asynchrone

**1.1-** Déterminer la relation entre  $V_{\max}$ ,  $d$  et  $T$ . En déduire la relation entre  $\gamma$ ,  $d$  et  $T$ .

**1.2-** A partir des relations précédentes et des caractéristiques de la chaîne de transmission en déduire les relations entre  $\omega_{m \max}$ ,  $r$ ,  $R$ ,  $d$  et  $T$  ainsi que entre  $\dot{\omega}_{m \max}$ ,  $r$ ,  $R$ ,  $d$  et  $T$ . Où  $\omega_{m \max}$  et  $\dot{\omega}_{m \max}$  sont respectivement la vitesse et l'accélération angulaires maximales de l'arbre moteur.

**1.3-** Calculer numériquement la vitesse et l'accélération maximales du moteur ( $\omega_{m \max}$  et  $\dot{\omega}_{m \max}$ ), puis parmi les moteurs proposés dans l'annexe page 4 faire un choix entre les moteurs 2 ou 4 pôles.

### 2- Equation différentielle de fonctionnement de la chaîne de transmission de puissance

**2.1-** En considérant qu'il y a glissement du tapis de convoyage sur le support avec un coefficient de frottement sec  $f$ , donner l'expression en fonction de  $M_p$ ,  $g$  (accélération de pesanteur) et  $f$ , de la composante tangentielle de la résultante de l'effort du support sur le tapis :  $F_{\text{Sup.} \rightarrow \text{Tapis}} \cdot \vec{y}$ . Remarque : Le déplacement du produit à fardeler (et donc du tapis) se fait dans le sens  $+\vec{y}$ .

Pour la suite du problème on note :

$E_m$  : l'ensemble constitué des organes moteurs : Arbre moteur et réducteur à roue et vis sans fin.

$E_r$  : l'ensemble constitué des organes récepteurs : Arbre intermédiaire, cylindre moteur, cylindre tendeur, tapis et produit à fardeler.

$P_E$  : la puissance à l'entrée du réducteur à roue et vis sans fin. ( $P_E > 0$ )

$P_S$  : la puissance à la sortie du réducteur à roue et vis sans fin. ( $P_S > 0$ )

Le rendement du réducteur étant noté  $\eta$ , on a :  $P_S = \eta \cdot P_E$

**2.2-** Donner l'expression en fonction de  $\omega_m$  de  $E_C(E_m/0)$  l'énergie cinétique de l'ensemble  $E_m$  dans son mouvement par rapport au support 0 de la machine. Puis appliquer le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble  $E_m$  pour en déduire l'expression analytique de  $P_E$ .

**2.3-** Donner l'expression en fonction de  $\omega_m$  de  $E_C(E_r/0)$  l'énergie cinétique de l'ensemble  $E_r$  dans son mouvement par rapport au support 0 de la machine. Puis appliquer le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble  $E_r$  pour en déduire l'expression analytique de  $P_S$ .

**2.4-** En déduire que l'équation différentielle de fonctionnement de la chaîne de transmission du mouvement peut s'écrire sous la forme :  $I_{\text{eq}} \cdot \dot{\omega}_m = \eta \cdot C_m - C_{\text{req}}$  et donner les expressions analytiques de l'inertie équivalent :  $I_{\text{eq}}$  et du couple résistant équivalent :  $C_{\text{req}}$  ramenés sur l'arbre moteur.

### 3- Choix d'un moteur

**3.1-** Pour les deux moteurs référencés M71a2 et M50L2 de l'annexe de la page 4, calculer la valeur numérique de l'accélération  $\dot{\omega}_m$  obtenue avec le couple moteur  $C_m$  égal au couple maximal  $C_{\max}$  pouvant être déterminé par les données de cette même annexe.

**3.2-** Comparer les valeurs déterminées avec celles de la question 1.3 et choisir le moteur (en justifiant votre choix) parmi les deux références ci-dessus.

# MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES

## Série M

**Légende :**

V : Vitesse (t/mn)  
 J : Moment d'inertie (kgm<sup>2</sup>x10<sup>-3</sup>)  
 η : Rendement  
 R : Rapport au démarrage

Cos φ : Facteur de puissance  
 Cn : Couple nominal (Nm)  
 Cs : Couple de démarrage (Nm)

Is : Intensité de démarrage (A)  
 In : Intensité nominale (A) - 400V  
 Cmax : Couple maximal (Nm)

### 2 POLES - 3000 t/mn

**IP55 - 50Hz - BOBINAGE MULTITENSION  
 230/400/50 ± 10% ou 255/440/60 ± 10% V**

### 4 POLES - 1500 t/mn

**IP55 - 50Hz - BOBINAGE MULTITENSION  
 230/400/50 ± 10% ou 255/440/60 ± 10% V**

Type	Puissance		V t/mn	J kgm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	η %	Cos φ	In A	Cn Nm	R	Rmax Cmax Cn	
	kW	cv									
M50L2	0.06	0.08	2740	0.3	48	0.78	0.25	0.25	3.2	2.6	3.4
M56a2	0.09	0.12	2830	0.074	52	0.66	0.42	0.31	4.1	3.7	3.9
M56b2	0.13	0.18	2720	0.074	55	0.76	0.46	0.46	3.3	3.3	2.7
M56c2	0.18	0.25	2760	0.074	57	0.60	0.81	0.65	3.8	3.1	4
M63a2	0.18	0.25	2820	0.12	57	0.70	0.71	0.66	3.2	3.6	3.8
M63b2	0.26	0.35	2860	0.175	71	0.74	0.74	0.88	3.2	4.9	3.6
M71a2	0.37	0.50	2880	0.29	67	0.7	1.2	1.1	3.4	4.8	3.8
M71b2	0.56	0.75	2890	0.363	70	0.64	1.9	1.8	4	5.6	4.3
M71c2	0.75	1	2890	0.58	76	0.73	2	2.5	3.9	6.1	4.5
M80a2	0.75	1	2800	0.565	70	0.87	2	2.6	3.1	4.6	3.4
M80b2	1.1	1.5	2840	0.857	70	0.84	3	3.7	3.7	5.7	4
M90s2	1.5	2	2800	0.958	74	0.86	3.9	5.2	2.9	5	3.2
M90L2	2.2	3	2860	0.135	76	0.82	5.4	7.5	4.1	6.6	4.4
M100a2	3	4	2860	0.246	78	0.88	7.2	11	2.6	5.6	2.9
M100b2	4	5.5	2860	0.284	78	0.80	8.2	13.7	2.8	6.3	2.9
M112a2	4	5.5	2920	0.429	79	0.79	9.9	13.5	2.8	6.2	3
M112b2	5.5	7.5	2920	0.547	79	0.80	10.5	16.7	2.6	7.3	3
M132s2	5.5	7.5	2870	9.26	75	0.87	12.8	18.5	1.9	4.4	2.4
M132L2	7.5	10	2920	11.7	86	0.83	17	25	2	5	2.5
M132Lm2	9.3	12.5	2900	11.7	86	0.85	20	31	2	4	2.7
M160s2	11	15	2900	31	84	0.82	24	36	2	6	2.9
M160sm2	15	20	2930	36	87	0.9	28	49	4	7.8	4.3
M160L2	18.7	25	2970	41	90	0.82	45	61	4.9	7.2	3

Type	Puissance		V t/mn	J kgm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	η %	Cos φ	In A	Cn Nm	R	Rmax Cmax Cn	
	kW	cv									
M50L4	0.04	0.06	1340	0.3	35	0.62	0.32	0.3	2.3	1.7	2.1
M56b4	0.09	0.12	1380	0.167	57	0.63	0.45	0.66	2.8	2.8	3
M63a4	0.13	0.18	1390	0.285	52	0.62	0.64	0.90	2.9	3	3
M63b4	0.18	0.25	1400	0.318	60	0.62	0.80	1.29	3	2.7	3.1
M63m4	0.26	0.35	1400	0.318	60	0.60	1.2	1.78	3	2.9	3.2
M71a4	0.26	0.35	1400	0.673	65	0.68	0.85	2.6	2.7	4.3	3
M71b4	0.37	0.50	1400	0.69	67	0.70	1.2	2.56	2.5	4	2.8
M80a4	0.56	0.75	1410	1.59	68	0.76	1.7	3.8	2.3	3.9	2.5
M80b4	0.75	1	1420	2.09	74	0.76	2	5	2.5	4.7	2.8
M80c4	1.1	1.5	1400	3.08	73	0.80	3	7.7	2.7	4.6	3
M90s4	1.1	1.5	1400	1.73	70	0.80	3.2	7.5	2.3	4.2	3.2
M90L4	1.5	2	1400	2.36	72	0.78	4.2	10	2.2	4	2.3
M90Lm4	1.9	2.5	1400	2.57	76	0.80	4.8	12.5	2.5	1.3	2.8
M100a4	2.2	4	1430	3.90	75	0.77	5.9	14.9	2.4	5	2.5
M100b4	4	5.5	1440	5.35	81	0.79	7.2	20.4	2.7	5.6	2.9
M112a4	4	5.5	1430	8.49	81	0.83	9.3	27.2	2.7	6	2.9
M112b4	5.5	7.5	1400	12.6	80	0.85	11	35.5	1.8	4.3	2
M132s4	5.5	7.5	1440	19.3	82	0.80	13.5	37.6	2.3	4.6	2.7
M132L4	7.5	10	1440	26.9	86	0.80	16	49.3	3.3	6	3.4
M132Lm4	9.3	12.5	1450	29.5	84	0.77	21.5	61.5	3.4	5.8	3.6
M160s4	11	15	1450	62.5	86	0.80	24	71	2	5.5	2.1
M160L4	15	20	1460	75	89	0.81	31	98	2.8	6	3