

# COURS DU SOIR COLLÈGE & LYCÉE

CPAV "Centre Pratique Audio-Visuel"

11, place de 16 novembre (Immeuble GOETH Institut) - Casablanca - 20000

Tél : 05 22 22 15 17 EZZ@FR@OUJ

علوم المهندس (ناقل الطاقة) ل: "ت.ك"؛ "ت.م" و "ع.ر"

## SYSTEME DE FABRICATION DU SAVON

### 1- INTRODUCTION :

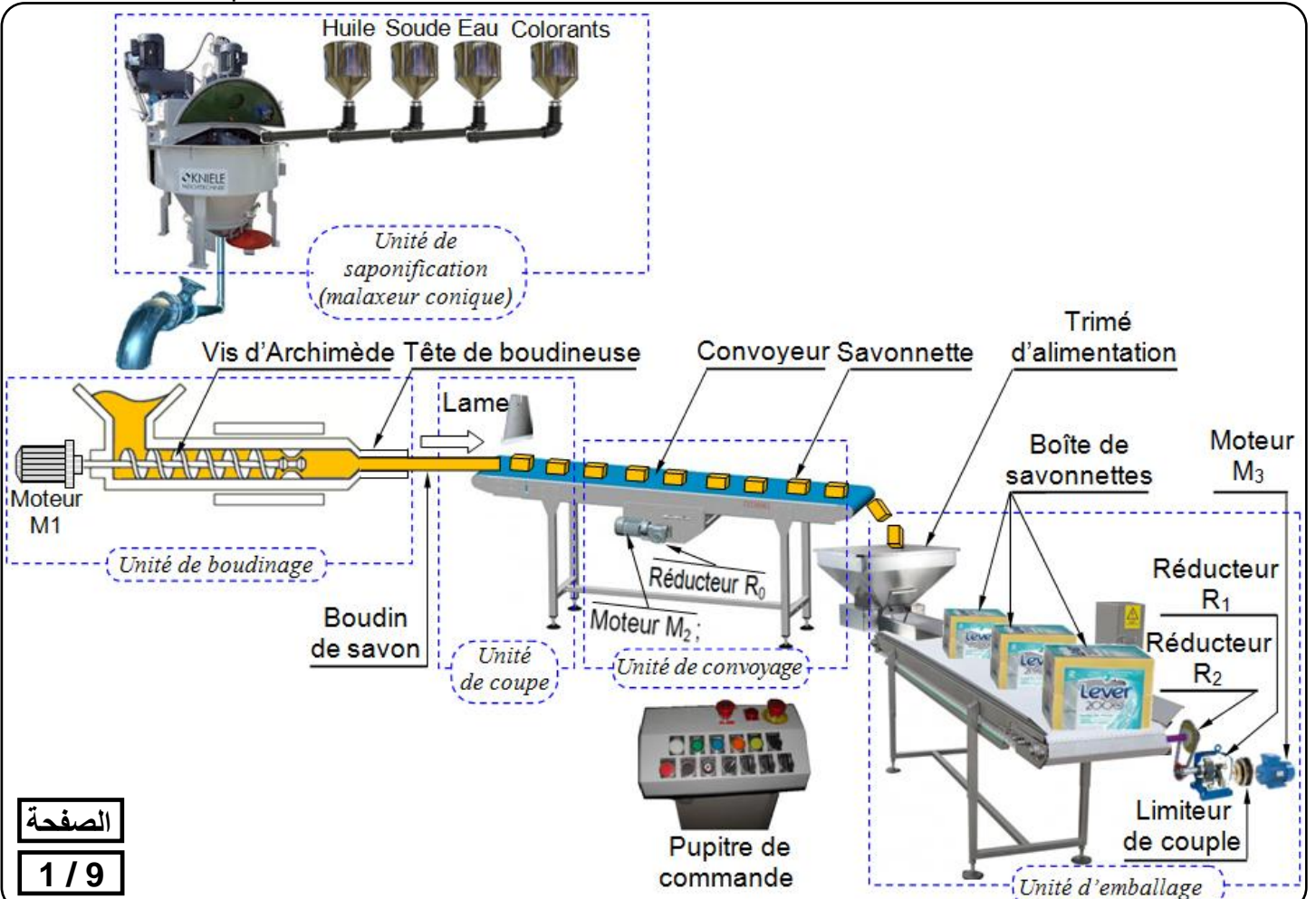
Le savon est un produit à large consommation utilisé pour le nettoyage en général et pour l'hygiène en particulier. Sa fabrication nécessite quatre ingrédients principaux : l'huile, la soude, l'eau et le colorant. Le procédé de fabrication du savon le plus fréquent est celui de la saponification à chaud, où ces ingrédients sont cuits à plus de 100°C et transformés principalement en pâte de savon. Cette pâte est alors lavée à l'eau salée et séchée, puis conditionnée.

**Le système à étudier est un dispositif de fabrication et de conditionnement du savon.**

### 2- DESCRIPTION :

Le système, alimenté par un réseau électrique triphasé, comporte 6 unités et un pupitre de commande :

- ♦ Unité de **saponification** à chaud : elle permet de produire une pâte à base d'huile, de soude, d'eau et de colorant.
- ♦ Unité de **boudinage** : elle affine et fabrique un boudin de savon en continu.
- ♦ Unité de **coupe** : elle permet de découper le boudin en morceaux de savon.
- ♦ Unité de **formage** : elle assure la forme finale des savonnettes (*non représentée*).
- ♦ Unité de **convoyage** : elle permet d'évacuer les savonnettes vers l'unité d'emballage.
- ♦ Unité d'**emballage** : permet d'emballer les savonnettes dans des boîtes.
- ♦ Pupitre de commande.



**3- FONCTIONNEMENT :**

La pâte issue de l'unité de saponification arrive dans l'unité de boudinage. Dans cette unité, une vis d'Archimède, animée par un moteur M1, comprime le savon et l'achemine jusqu'à la tête d'extrusion (tête de boudineuse). Le boudinage nécessite une bonne fluidité de la pâte qui est assurée par un chauffage de la tête d'extrusion à une température régulée de 60 °C. Cette température est obtenue en chauffant une résistance commandée par un microcontrôleur (µC) de type PIC 16F876. La capture de la température est assurée par un capteur de température de type PT 1000. Le boudin ainsi formé avance jusqu'à l'unité de coupe qui le découpe en morceaux de savon ; ensuite, l'unité de formage assure la forme finale des savonnettes. Enfin, un convoyeur à bande, entraîné par un motoréducteur (Moteur asynchrone triphasé M<sub>2</sub> + Réducteur) permet d'acheminer les savonnettes vers une unité d'emballage qui rassemble les savonnettes dans des boîtes et les évacue vers le magasin de stockage. La cadence d'évacuation des savonnettes est réglable par un variateur de vitesse.

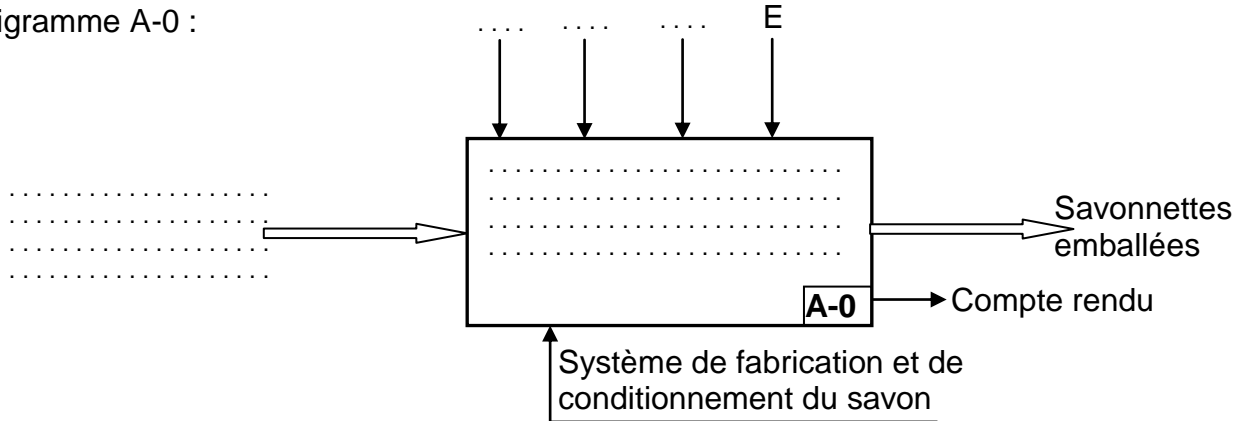
**4-QUESTIONS :**

**4.1- ANALYSE FONCTIONNELLE :**

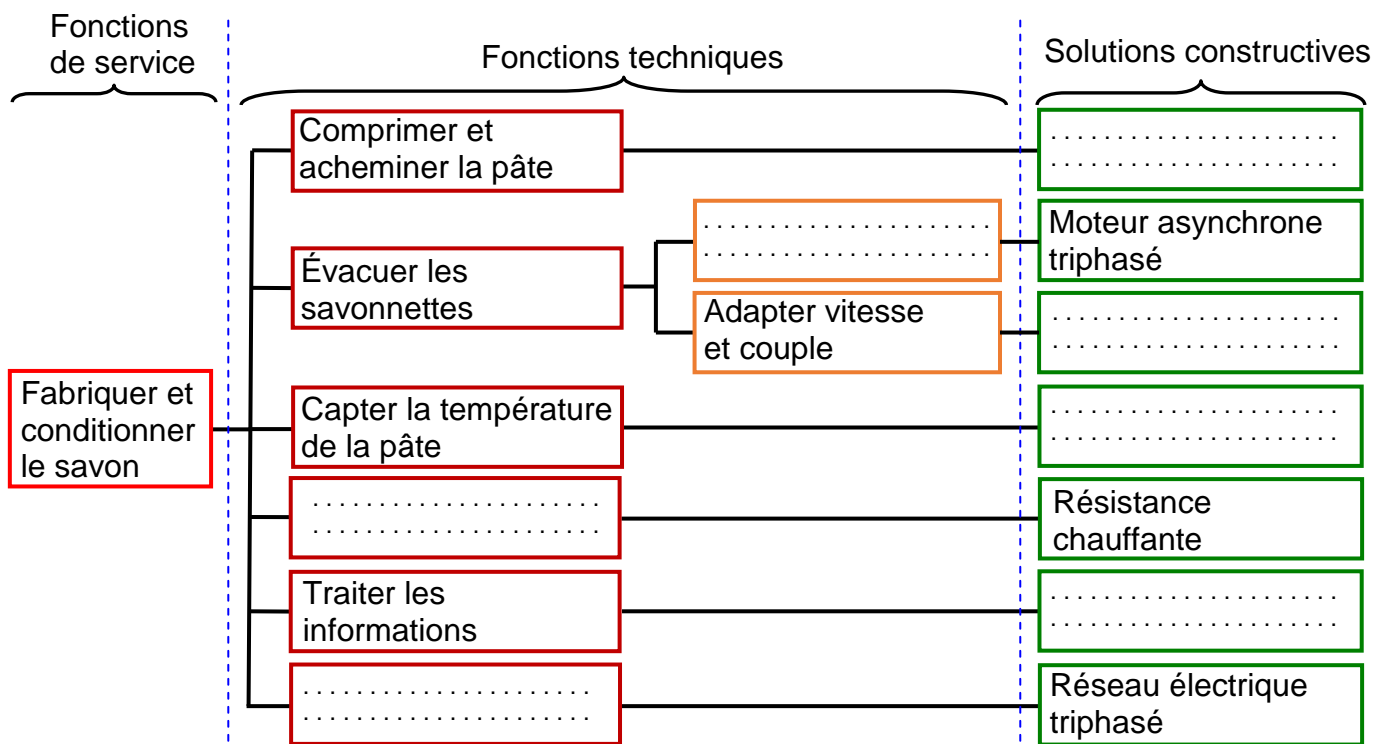
**FONCTION GLOBALE ET SOLUTIONS CONSTRUCTIVES**

A partir de l'introduction, de la description et du fonctionnement du système, **compléter** :

1- Actigramme A-0 :

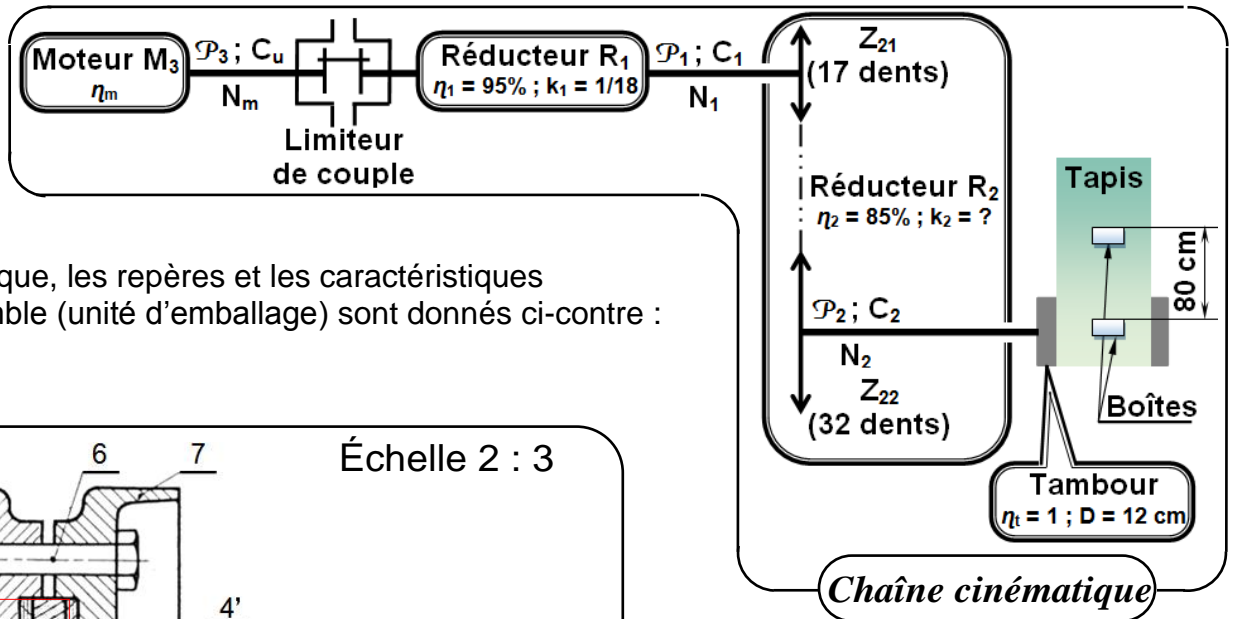
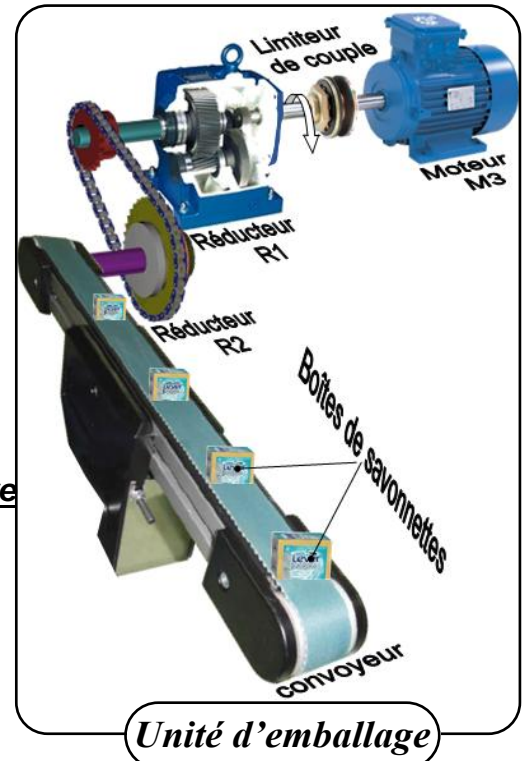


2- Le FAST partiel :

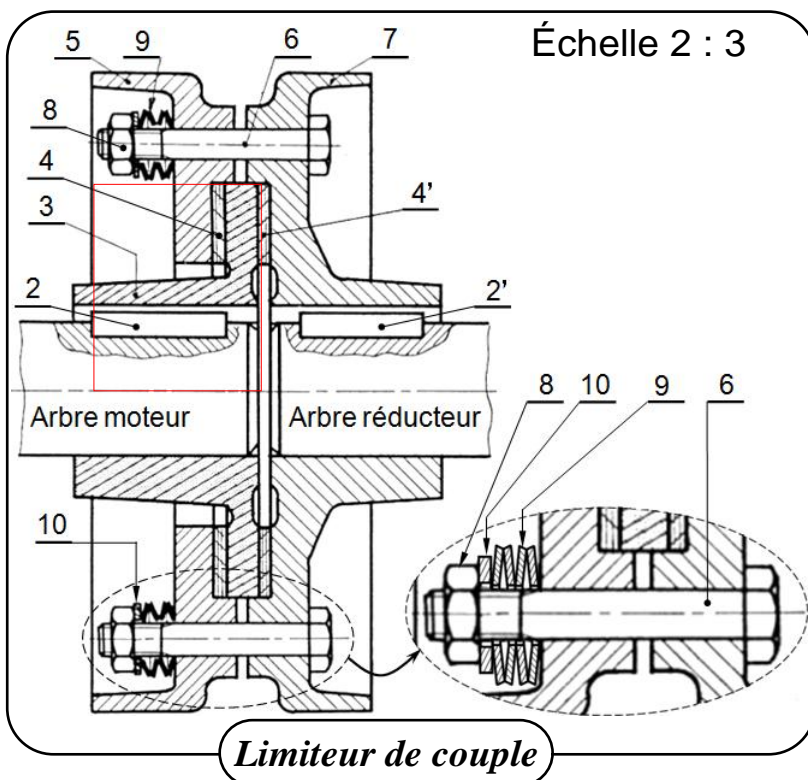


**4.2- ÉTUDE DE TRANSMISSION DE MOUVEMENT :**

Le convoyeur de l'**unité d'emballage** est entraîné par un moteur asynchrone triphasé **M<sub>3</sub>** associé à deux réducteurs (**R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>**), transfère les boîtes de savonnettes et les évacue vers le magasin de stockage.  
Cette unité d'emballage est prévue pour évacuer les boîtes à une **cadence** maximale de **1200 boîtes par heure**



Le synoptique, les repères et les caractéristiques de l'ensemble (unité d'emballage) sont donnés ci-contre :



Le limiteur de couple ci-contre, permet la transmission d'un mouvement de rotation, de l'arbre moteur à l'arbre réducteur et inversement.  
Les pièces 4 et 4' sont des garnitures (Ferrodo), ils sont assemblés par rivetage sur la pièce 3.

### ÉTUDE DE LIMITEUR DE COUPLE

3- Le limiteur de couple est considéré comme ; **cocher** la bonne réponse ?

Un accouplement	Un embrayage à friction
Un accouplement permanent	Un embrayage progressif
Un accouplement temporaire	Un embrayage à débrayage automatique
Un embrayage instantané	Un embrayage à débrayage mécanique

4- La liaison entre 3 et l'ensemble 5+7 **est-elle** obtenue par obstacle ou par adhérence ?

.....

.....

5- **Quels sont** les éléments qui créent la force pressante nécessaire à l'adhérence ?

.....

.....

6- En cours de fonctionnement, **que se passe-t-il** si l'arbre du réducteur se trouve accidentellement bloqué ?

.....

.....

7- **Comment peut-on faire** varier la valeur limite du couple à transmettre ?

.....

.....

8- En cas de blocage de l'arbre du réducteur, **quel est** le mouvement des pièces suivantes : 3 ; 5 et 7 ?

.....

.....

9- **Quel est** le rôle de la pièce 2 ?

.....

.....

10- D'après le dessin du limiteur de couple, **relever** les rayons "r" et "R" de la surface de friction de la garniture (4 et 4') avec l'ensemble 5+7. r = ..... R = .....

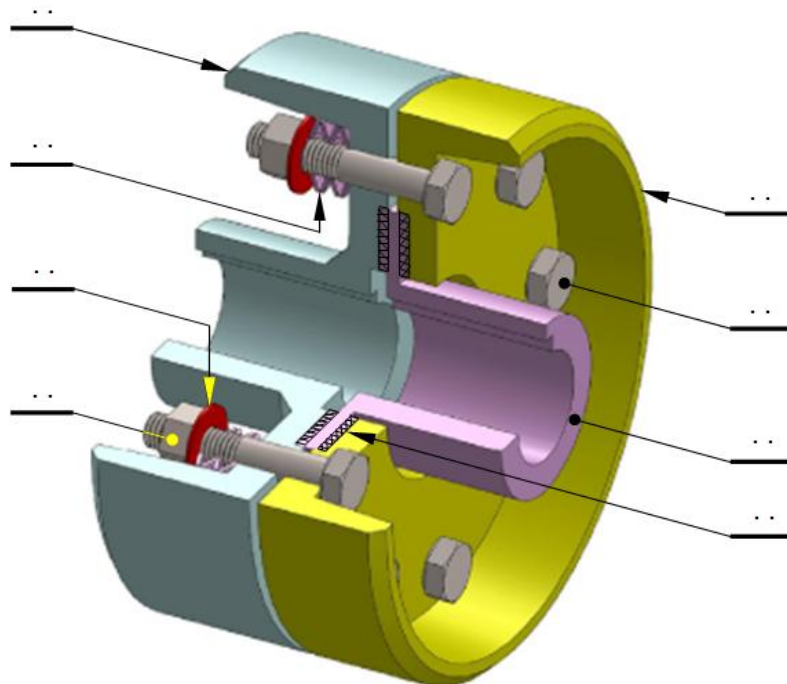
11- **Calculer** l'effort presseur de limiteur de couple si le couple à transmettre est de 9 Nm et  $f = 0,8$  ?

.....

.....

.....

12- D'après le dessin du limiteur de couple, **repérer** les pièces de la représentation 3d ?





**DETERMINATION DES FREQUENCES DE ROTATION**

Lorsque la cadence de la machine est maximale, les boîtes sortent à intervalle régulier, distant de 80 cm (voir la chaîne cinématique).

13- **Déterminer** le temps  $t_1$  nécessaire pour l'évacuation d'une boîte.

14- **Calculer** la vitesse linéaire  $V_t$  du tapis en m/s.

15- En prenant la vitesse linéaire du tapis  $V_t = 27.10^2$  m/s, **calculer** la vitesse angulaire  $\omega_2$  du tambour et en déduire sa fréquence de rotation  $N_2$ .

16- **Calculer** le rapport de réduction  $k_2$  du réducteur  $R_2$ .

17- **En déduire** la fréquence de rotation  $N_1$  en sortie du réducteur  $R_1$ .

18- **Calculer** la fréquence de rotation  $N_m$  du moteur  $M_3$ .

**DETERMINATION DES PUISSANCES MECANIQUES**

La force tangentielle développée sur le rouleau du tapis est équilibrée par une masse de 400 Kg.

On donne :  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

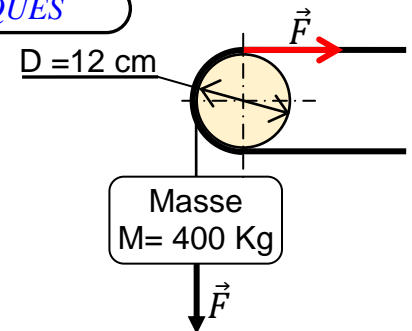
19- **Calculer** l'effort tangentiel  $\vec{F}$  sur le rouleau du tapis.

20- **Calculer** le moment du couple  $C_2$  sur le rouleau du tapis.

21- En prenant  $\omega_2 = 4,5$  rad/s, **calculer** la puissance  $\mathcal{P}_2$  développée sur le rouleau du tapis.

22- **Calculer** la puissance  $\mathcal{P}_u$  développée par le moteur  $M_3$ .

23- En considérant que le moteur tourne à 1460 tr/min, **calculer** le couple utile  $C_u$  du moteur  $M_3$ .

**ETUDE DU SYSTEME PIGNONS-CHAINE**

24- Parmi les propositions ci-dessous, **choisir** trois avantages (A) et trois inconvénients (I) du système pignons-chaîne par rapport au système poulies-courroie : (**Mettre** la lettre A ou I)

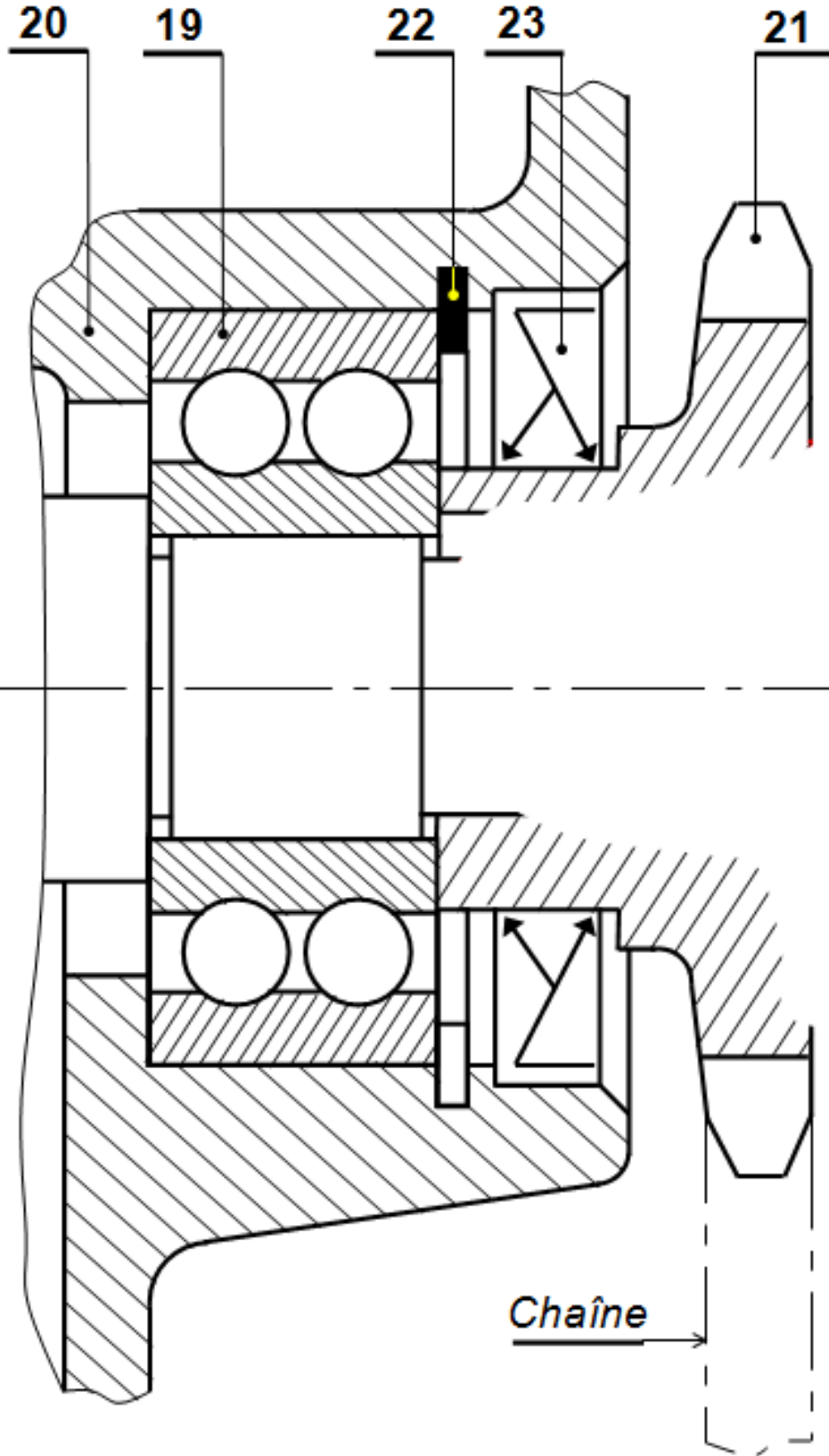
Longue durée de vie	Le système pignons-chaîne est réversible
Le coût est plus élevé	Pas de modification du couple transmissible
Nécessite une lubrification	Pas de modification de la vitesse de rotation
La transmission est bruyante	Supporte des conditions de travail plus rudes
La transmission est silencieuse	La transmission de puissance s'effectue par obstacle
Nécessite une surveillance périodique	Permet de lier l'arbre moteur à l'arbre récepteur sans changement des caractéristiques mécaniques

**4.3- TRAVAIL GRAPHIQUE :**

**25- Compléter** la liaison encastrement du pignon 21 sur son arbre en utilisant :

- Une clavette parallèle ;
- Une rondelle Plate ;
- Une rondelle Grower ;
- Un écrou Hexagonal ;

*Nota : il sera tenu compte de la présentation et du respect des règles du dessin.*



**4.4-MOTORISATION DU CONVOYEUR :**

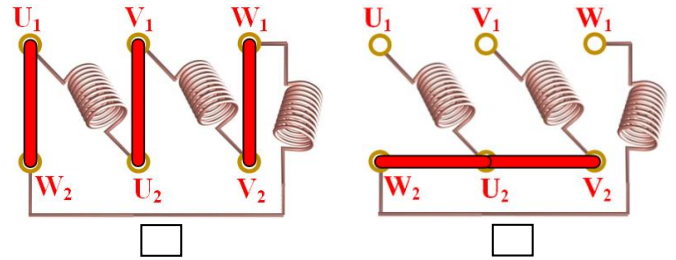
**ETUDE DU BILAN DES PUISSANCES DU MOTEUR M<sub>2</sub>**

Les caractéristiques du moteur M<sub>2</sub> sont : - Tension : 230 / 400 V – 50 Hz ; - Rotor à cage ;  
 - n<sub>N</sub> = 1430 tr/min – 4 pôles ; - C<sub>N</sub> = 10 Nm ;  
 - I<sub>N</sub> = 3,6 A ; - Cos(φ) = 0,81.

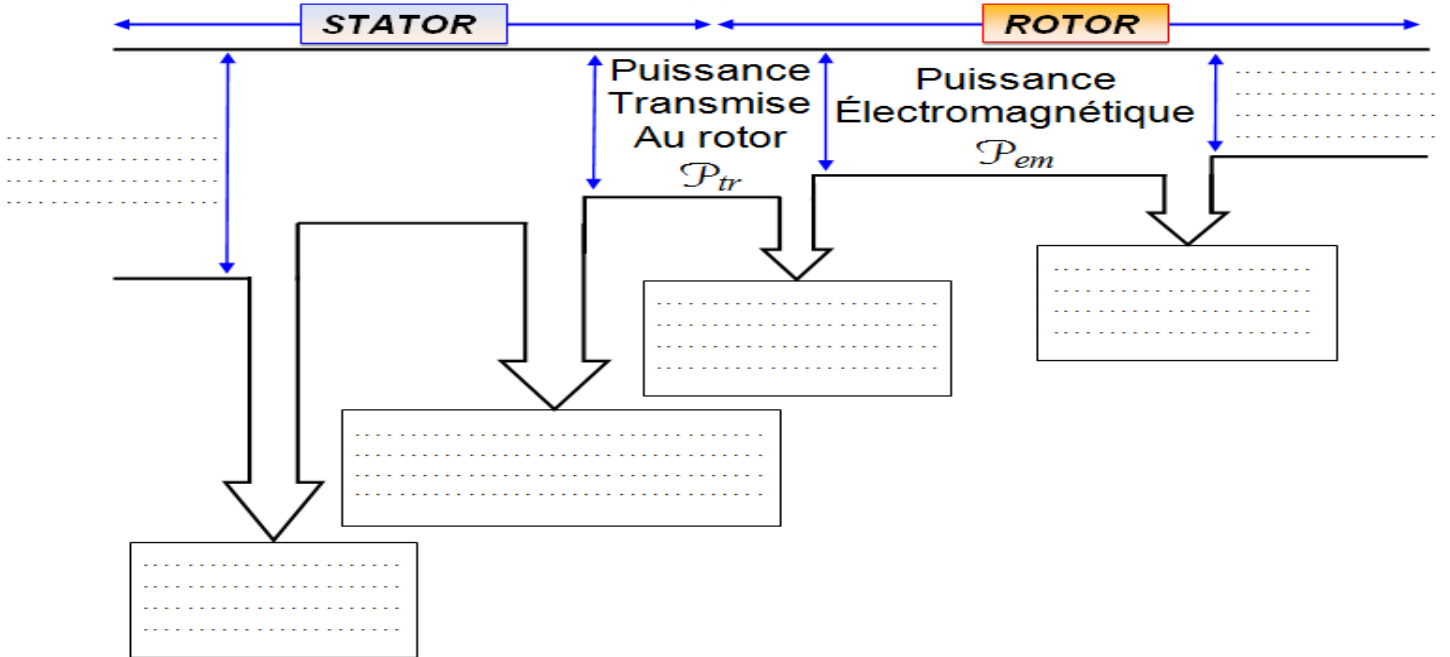
26- Le moteur est alimenté à partir d'un réseau triphasé de tension U = 400 V – 50 Hz.

**Préciser** le couplage des enroulements statoriques : .....

et **Choisir** alors le schéma de raccordement de la plaque à bornes. (**Cocher** la réponse juste)



27- **Compléter** le schéma illustrant le bilan des puissances du moteur (les pertes fer rotoriques sont supposées négligeables).



28- **Calculer** la puissance absorbée P<sub>a</sub> par le moteur.

29- **Déterminer** les pertes Joule statoriques P<sub>js</sub> sachant que la résistance d'une phase est R=3,5 Ω

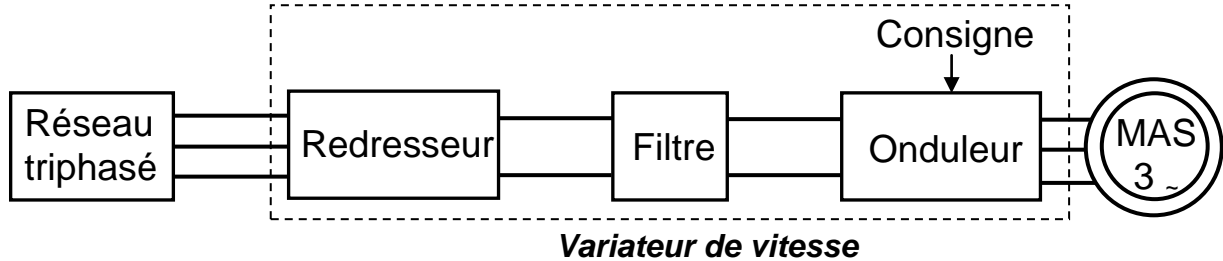
30- **Calculer** la puissance transmise P<sub>tr</sub> sachant que les pertes fer P<sub>fs</sub> dans le stator sont de 151 W (on admet que les pertes mécaniques P<sub>mec</sub> et les pertes fer P<sub>fs</sub> dans le stator sont égales).

31- **Calculer** la valeur des pertes Joule P<sub>jr</sub> dans le rotor et **donner** alors la valeur des pertes totales P<sub>tot</sub> dans le moteur.

32- **Quelle est** alors la valeur du rendement η<sub>m2</sub> du moteur ?

**ETUDE DU VARIATEUR DE VITESSE**

Pour ajuster la cadence (nombre de savonnettes par heure), un opérateur fait varier la vitesse du moteur  $M_2$  du convoyeur à bande en agissant sur un potentiomètre de référence  $Pr$  (consigne). En plus, pour assurer les performances optimales du moteur  $M_2$ , il s'impose que le rapport  $U/f$  soit constant. Le schéma synoptique du variateur est le suivant :



**33-** En utilisant le document **Références** et les caractéristiques du moteur  $M_2$ .  
(Prendre la puissance utile du moteur  $\mathcal{P}_u = 1,5 \text{ kW}$ ).

Références	Variateurs de vitesse (Altivar 71) (Variateurs UL Type 12/IP 54 avec Vario)											
	Variateurs UL Type 12/IP 54 avec Vario et filtre CEM classe A intégré Tension d'alimentation triphasée : 380...480 V 50/60 Hz											
Moteur	Réseau					Altivar 71					Référence (3)	Masse
	Puissance indiquée sur plaque (l)	courant de ligne maxi (2)		Puissance apparente	Icc ligne présumé maxi	Courant maximal permanent $I_n$ (l)		Courant transitoire maxi pendant				
	380 V	480 V	380 V		380 V	460 V	60 s	2 s				
	kW	HP	A	A	kVA	kA	A	A	A	A		kg
	0,75	1	3,7	3	2,4	5	2,3	2,1	3,5	3,8	ATV71E5075N4	12,400
	1,5	2	5,8	5,3	3,8	5	4,1	3,4	6,2	6,8	ATV71E5U15N4	12,400
	2,2	3	8,2	7,1	5,4	5	5,8	4,8	8,7	9,6	ATV71E5U22N4	12,400
	3	-	10,7	9	7	5	7,8	6,2	11,7	12,9	ATV71E5U30N4	13,400
	4	5	14,1	11,5	9,3	5	10,5	7,6	15,8	17,3	ATV71E5U40N4	13,400
	5,5	7,5	20,3	17	13,4	22	14,3	11	21,5	23,6	ATV71E5U55N4	16,400
	7,5	10	27	22,2	17,8	22	17,6	14	26,4	29	ATV71E5U75N4	16,400
	11	15	36,6	30	24,1	22	27,7	21	41,6	45,7	ATV71E5D11N4	18,700
	15	20	48	39	31,6	22	33	27	49,5	54,5	ATV71E5D15N4	29,400
	18,5	25	45,5	37,5	29,9	22	41	34	61,5	67,7	ATV71E5D18N4	29,400
	22	30	50	42	32,9	22	48	40	72	79,2	ATV71E5D22N4	33,700
	30	40	66	56	43,4	22	66	52	99	109	ATV71E5D30N4	44,800
	37	50	84	69	55,3	22	79	65	118,5	130	ATV71E5D37N4	44,800
	45	60	104	85	68,5	22	94	77	141	155	ATV71E5D45N4	67,400
	55	75	120	101	79	22	116	96	174	191	ATV71E5D55N4	67,400
	75	100	167	137	109,9	22	160	124	240	264	ATV71E5D75N4	67,400

107541

ATV71E5  
D11N4

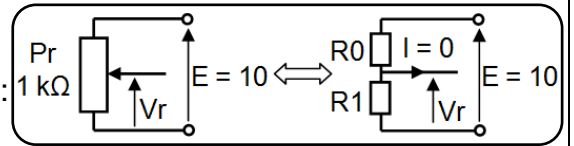
**Donner** la référence du variateur de vitesse qui convient.



34- La tension  $V_r$  de consigne de vitesse est réglée par le potentiomètre de référence  $Pr$ .

On admet que la vitesse du moteur  $n_r$  est **proportionnelle** à la tension  $V_r$  :

- Pour une vitesse **nulle** :  $V_r = 0$  V ;
- Pour la vitesse nominale de **1430 tr/min** :  $V_r = 10$  V.
- Le schéma équivalent du potentiomètre  $Pr$  est le suivant :



Sachant que la tension  $V_r = 6$  V.

34.1- **Calculer** les valeurs des résistances  $R_0$  et  $R_1$ .

34.2 - **Quelle est** alors la vitesse de rotation  $n_r$  (en tr/min) du moteur ?

35- **Compléter** le schéma du circuit de puissance en utilisant un **sectionneur**  $Q_1$ , **contacteur**  $KM$ , et en **raccordant** le variateur de vitesse au moteur.

36- **Compléter** le schéma du circuit de commande simplifié qui doit être alimenté sous une tension monophasée de 230 V – 50 Hz, sachant que l'équation logique de la sortie  $KM1$  est :

$$KM1 = Q2 \cdot Q3 \cdot \overline{Ar} \cdot (Ma + a.Km1)$$

**NB** : le contact "a" est une sortie de relais de sécurité dont l'état est fermé à la mise sous tension, et ouvert en cas de défaut.

