

## Exercice 1 : Dimensionnement d'une petite installation électrique de restaurant

La cuisine d'un petit restaurant (« Fast-Food ») possède un four, un ventilateur à deux sens de marche (fonctionnement en extraction ou en ventilation). Les caractéristiques sont les suivantes :

**Alimentation** du réseau : 400V / 50 HZ

des bobines des contacteurs : 48 volts AC

**Four :** triphasé à résistances de puissance  $P_n = 25\text{kw}$

**Ventilateur :** moteur triphasé  $P_n = 11\text{ Kw}$   $\cos \varphi = 0,8$  Rendement  $\eta_m = 80\%$

1° Choix des contacteurs

Calculer dans chacun des cas le courant d'emploi le ou courant absorbé du réseau  $I_a$  (Attention, ce courant est différent de  $I_n$ ), puis en déduire les références complètes des contacteurs :

1.1 four 1.2 moteur du ventilateur

2° Dimensionner les installations

3° Donner les schémas de puissance et de commande

4° Donner dans un tableau le bon de commande du matériel

## Exercice2 : dimensionnement d'un moteur pour bande transporteuse

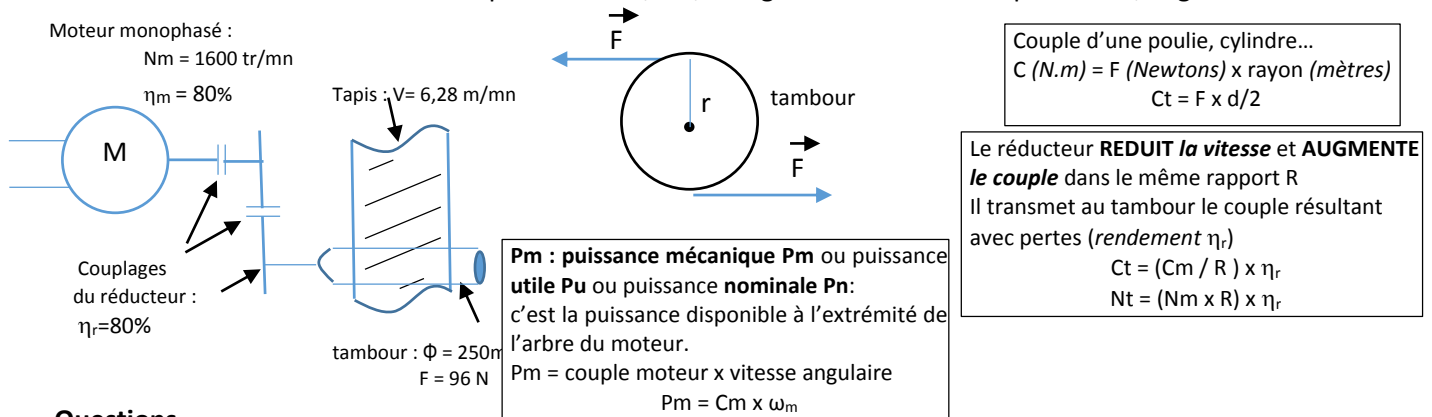
On veut doter la cuisine du restaurant précédent d'un tapis roulant pour servir les plats (la charge maximale du tapis est de 9,6 kilogrammes). Un motoréducteur **monophasé** entraîne un tambour cylindrique qui à son tour déplace linéairement le tapis roulant (ou bande transporteuse). Les caractéristiques de l'installation sont les suivantes :

vitesse de rotation du moteur  $N_m = 1600\text{ tr/mn}$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ , rendement du moteur:  $\eta_m = 80\%$

Rendement du réducteur:  $\eta_r = 80\%$ ,

diamètre du tambour  $d = 0.25\text{m}$ ,  $N_t$  : vitesse de rotation du tambour,  $C_t$  : couple du tambour

vitesse linéaire du tapis:  $V = 6.28\text{m/mn}$ , charge maximale sur le tapis :  $m = 9,6\text{ kg}$



### Questions

1° Il s'agit de dimensionner le moteur **monophasé** du tapis roulant. On calculera dans l'ordre : le rapport de réduction R du réducteur, le couple du tambour  $C_t$  (en sortie du réducteur), le couple moteur  $C_m$  (disponible à l'extrémité de l'arbre du moteur  $\equiv$  l'entrée du réducteur), les puissances mécanique  $P_m$  ( $\equiv$  utile  $P_u \equiv$  nominale  $P_n$ ) et électrique  $P_e$  ( $\equiv$  absorbée ou active  $P_a$ ) du moteur, puis le courant d'emploi ou absorbé  $I_a$  ( $\equiv I_e$ ).

2° Que suggérez-vous comme appareils de commande et de protection ?

3° Au démarrage de l'installation, le tapis a été surchargé et le système d'engrenages du réducteur s'est cassé. On a alors décidé de garder le moteur et de remplacer le système, soit par des roues dentées (dont la première est montée sur l'axe du moteur et la dernière sur l'axe du tambour) soit par un système de vis sans fin, avec le **même rapport d'engrenage R**.

3.1 Dans le cas de roues dentées, choisir les roues dans le tableau pour constituer un train d'engrenages de rapport  $R = 1/150$ .

Nom de l'engrenage	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K							
Nombre de dents	8	10	18	42	24	10	48	12	50	10	50	12	60	28	60	40	80	15

3.2 Dans le cas de la vis sans fin, que doit-on choisir et comment disposer l'ensemble ?

### Contacteurs série D de Télémécanique

		LC1 D09	LC1 D12	LC1 D18	LC1 D25	LC1 D32	LC1 D40	LC1 D50	LC1 D65	LC1 D80	LC1 D95	
<b>CONTACTEURS</b> (alimentation du circuit de commande en courant alternatif)												
<b>Nombre de Pôles</b>		3	3-4	3	3-4	3	3-4	3	3-4	3-4	3	
<b>Courant assigné d'emploi (Ie)</b> (U≤440 v)	En AC-3, θ≤55°C	A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
	En AC-1, θ≤40°C	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
<b>Pouvoir assigné de fermeture</b>		A	250	250	300	450	550	800	900	1000	1100	1200

### Repères de la tension de commande pour contacteurs série D

courant alternatif													
volts ~	24	42	48	110	115	220	230	240	380	400	415	440	500
Contacteurs LC•D09... D150 et LC•DT20... DT40 (bobines antiparasitées d'origine sur D115 et D150)													
50/60 Hz	B7	D7	E7	F7	FE7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7	R7	-

### Schémas des contacteurs série D

		LC • - D09 •	LC • - D12 •	LC • - D16 •	LC • - D25 •	LC • - D40 •	LC • - D63 •
références contacteurs		LC • - D09 •	LC • - D12 •	LC • - D16 •	LC • - D25 •	LC • - D40 •	LC • - D63 •
références contacteurs en coffret		LE • - D09 •	LE • - D12 •	LE • - D16 •	LE • - D25 •	LE • - D40 •	LE • - D63 •
3P + F		D093	D123	D163	D253		
3P + O		D099	D129	D169	D259		
4P	* dans ces cas le 4 <sup>ème</sup> pôle est repéré 13-14	D093 *	D123 *	D163 *	D254	D404	D634
3P + F + O						D403	D633
2P + 2R			D128		D258		
						D408	D638

### Schémas des blocs de contacts auxiliaires pour contacteurs série D

<u>contacts instantanés</u>				<u>contacts temporisés</u>				
				travail (à l'action)	repos (au relâchement)			
LA1-D11	LA1-D22	LA1-D40	LA1-D04	LA2-D22 01 à 30 s	LA2-D24 10 à 180 s	LA3-D22 01 à 30 s	LA3-D24 10 à 180 s	

**Choix des matériels de protection et commande (catégorie AC3 – doc. Télémécanique)**

MOTEUR A CAGE				PROTECTION							
220 / 240V		380 / 400V		contacteur tripolaire	relais thermique tripolaire différentiel			3 fusibles classe aM		sectionneur	sectionneur disjoncteur
Kw	In(A)	Kw	In(A)	référence	référence	zone de réglage ( A )	calibre ( A )	taille	référence	référence	
-	-	0.37	1.03	LC1-D09	LR1-D1306	1 ÷1.6	2	10x38	LS1-D2531	GK2-CF06	
-	-	0.55	1.6	LC1-D09	LR1-D13x6	1.25÷2	4	10x38	LS1-D2531	GK2-CF07	
0.37	1.8	0.75	2	LC1-D09	LR1-D1307	1.6÷2.5	4	10x38	LS1-D2531	GK2-CF07	
0.55	2.75	1.1	2.6	LC1-D09	LR1-D1308	2.5÷4	6	10x38	LS1-D2531	GK2-CF08	
0.75	3.5	1.5	3.5	LC1-D09	LR1-D1308	2.5÷4	6	10x38	LS1-D2531	GK2-CF08	
1.1	4.4	2.2	5	LC1-D09	LR1-D1310	4÷6	8	10x38	LS1-D2531	GK2-CF10	
1.5	6.1	3	6.6	LC1-D09	LR1-D1312	5.5÷8	12	10x38	LS1-D2531	GK2-CF12	
2.2	8.7	4	8.5	LC1-D09	LR1-D1314	7÷10	12	10x38	LS1-D2531	GK2-CF14	
3	11.5	5.5	11.5	LC1-D12	LR1-D1316	9÷13	16	10x38	LS1-D2531	GK2-CF16	
4	14.5	7.5	15.5	LC1-D18	LR1-D1321	12÷18	20	10x38	LS1-D2531	GK2-CF21	
-	-	9	18.5	LC1-D25	LR1-D1322	17÷25	25	10x38	LS1-D2531	GK2-CF22	
5.5	20	11	22	LC1-D25	LR1-D1322	17÷25	25	10x38	LS1-D2531	GK2-CF22	
7.5	27	15	30	LC1-D32	LR1-D2353	23÷32	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF04	
-	-	15	30	LC1-D32	LR1-D2355	28÷36	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40	
10	35	18.5	37	LC1-D40	LR1-D3355	30÷40	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40	
11	39	-	-	LC1-D40	LR1-D3357	37÷50	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65	
-	-	22	44	LC1-D50	LR1-D3357	37÷50	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65	
15	52	25	52	LC1-D50	LR1-D3359	48÷65	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65	
18.5	64	30	60	LC1-D65	LR1-D3361	55÷70	80	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65	
22	75	37	72	LC1-D80	LR1-D3363	63÷80	80	22x58	DK1-FB23	GK3-EF80	
25	85	51	98	LC1-D95	LR1-D3365	80÷93	100	22x58	DK1-FB23	-	

**Bon de commande type**

Code	Désignation	Référence	Quantité	Caractéristiques
KM1 et KM2	Contacteur tripolaire ( <i>de montée ou descente</i> )	LC1D95V7	2	3 pôles principaux + 2 contacts auxiliaires : un contact NO (13-14) & un contact NC (21-22)  Alimentation bobine : 400V AC

## SOLUTIONS

### Exercice 1

**1.1° Pour le four à résistances** on calcule le courant.

$$P = UI \sqrt{3}$$

$$I = P / U \sqrt{3} = 25.10^3 / (400 \times 1,73) = 36 \text{ A}$$

Sur l'abaque catégorie AC1, cette valeur n'existe pas. On prend la valeur immédiatement supérieure soit 40A. Ce qui nous donne un contacteur LC1D25 pour KM1.

**1.2° Pour le ventilateur**

**On a un moteur de 11kW.** On calcule le courant d'utilisation ou courant absorbé du réseau.

$$P_a = U \cdot I_a \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \rightarrow I_a = P_a / (U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi)$$

$$P_n = P_a \times \eta_m \rightarrow P_a = P_n / \eta_m$$

$$I_a = P_n / (U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_m) = 24,8 \text{ A}$$

La puissance utile  $P_u$  est égale à la puissance nominale  $P_n$ .

La puissance active absorbée est supérieure à la puissance nominale. Elle égale à  $P_n / \text{rendement}$ .

Si on regarde l'abaque catégorie AC3, cette valeur n'existe pas. On prend la valeur immédiatement supérieure soit 25A. Pour  $U_n \leq 440V$  et 25A, on a LC1D25.

On complète la référence par la valeur de la bobine de commande : on a dit 48 V, donc réf E7.

**Au final on prend le contacteur LC1D25E7 pour KM2 (sens 1 : extraction) et KM3 (sens 2 : ventilation).**

**Remarque**

Au final on va donc prendre 3 contacteurs identiques : LC1D25E7.

## 2. Dimensionnement

### 2.1 Pour le four

Comme il s'agit d'une simple série de résistances, on n'a pas besoin de protection contre les surcharges. On utilisera une protection contre les CC et un démarrage direct. Un simple **sectionneur disjoncteur** de type **GK2CF22**, associé au contacteur LC1D25 sera suffisant. De plus il fera également office de bouton marche-arrêt.

### 2.2 Pour le ventilateur

Avec le contacteur LC1D25 on peut utiliser un relais thermique LR1D1322 dont la plage est comprise entre 23 et 25A. Comme  $I_a = 25A$ , on est sur le calibre max. Il va disjoncter souvent. De même le sectionneur LS1D2531 qui va avec ce relais aura des fusibles aM de 25A égaux directement à  $I_a$ , il n'y a aucune marge de sécurité.

Par conséquent on suggère le relais thermique LR1D2353 de plage 23-32A, qui sera réglé sur  $I_a = 25A$  qui est au milieu de la plage. On prend avec ce relais un contacteur LC1D32, et soit un sectionneur GK1-EK avec 3 fusibles de 40A, soit un sectionneur disjoncteur GK3-EF04.

On peut optimiser l'installation dès le départ et utiliser un **disjoncteur moteur** associé au contacteur LC1D32. Il assure les fonctions du sectionneur, des fusibles (ou disjoncteur) de protection contre les C.C., du relais thermique de protection contre les surcharges. Il ne faut pas oublier de régler son calibre sur la valeur du courant absorbé.

Pour assurer le démarrage à résistances statoriques, on utilise une série de **3 résistances** associée à un contacteur KM4 qui va les court-circuiter. KM4 sera identique aux contacteurs de ligne (LC1D32). De plus on utilise soit un contacteur-auxiliaire avec des contacts temporisés, soit monter sur les contacteurs de ligne KM2 et KM3 un **bloc additif de contacts temporisés** qui va alimenter KM4 en retard par rapport aux contacteurs de ligne : KM2 ou KM3.

### **3°Schémas de puissance et de commande**

#### 4° Bon de commande

Code	Désignation	Référence	Quantité	Caractéristiques
KM1 et KM2	Contacteur tripolaire ( <i>de montée ou descente</i> )	LC1D95V7	2	3 pôles principaux + 2 contacts auxiliaires : un contact NO (13-14) & un contact NC (21-22)  Alimentation bobine : 400V AC

## Exercice 2 : bande transporteuse

### 1. Dimensionnement moteur

#### Vitesse de rotation du tambour $N_t$

$V$  linéaire en (m/mn) = vitesse rotation (tr/mn) x longueur de 1 tr (m)  
 $= N (tr/mn) \times 2 \times \pi \times r (m) = N (tr/mn) \times \pi \times d (m)$

$$N_t (tr/mn) = V (m/mn) / \pi \times d (m) = 2 \times 3,14 / (3,14 \times 1/4) = 8 \text{ tr/mn}$$

#### Rapport de réduction $R$

$$N_t = N_m \times R \rightarrow R = N_t / N_m = 8 / 1600 = 1 / 200$$

#### Couple moteur $C_m$

$C_m$  : couple moteur (entrée réducteur)  $C_t$  : couple du tambour (en sortie

$$C_t = F \times d/2 = 96 \times 0,25 / 2 = 12 \text{ N.m} \quad \text{du réducteur)}$$

$$C_t = (C_m / R) \times \eta_r \rightarrow C_m = C_t \times R / \eta_r \\ = 12 / (200 \times 0,8) = 0,3/4 = 0,075 \text{ N.m}$$

#### Puissance mécanique $P_m$

Pour un mouvement circulaire : vitesse linéaire = vitesse angulaire x rayon

$$V \text{ linéaire (m/s)} = \omega (\text{rad/s}) \times \text{rayon (m)} \rightarrow \omega = V / r$$

On a vu tout à l'heure que  $V (m/s) = \pi \times d (m) \times N (tr/mn) / 60$

$$\text{Donc } \omega_m = V / r = \pi \times 2 \times N_m / 60 \times r \\ = \pi \times N_m / 30$$

$$P_m = C_m \times \omega_m = C_m \times \pi \times N_m / 30 = 0,3/4 \times 3,14 \times 1600 / 30 = 12,56 \text{ w} \\ \Rightarrow P_m = 12,56 \text{ W}$$

#### Puissance électrique $P_e$

$$P_m = P_e \times \eta_m \rightarrow P_e = P_m / \eta_m$$

$$P_e = 12,56 / 0,80 = 15,7 \text{ w} \quad P_e = 15,7 \text{ w}$$

On doit donc choisir un moteur de 16 watts

#### Courant absorbé $I_a$

Comme on est en monophasé :  $P_a = U \cdot I_a \cdot \cos \varphi \rightarrow I_a = P_a / U \cdot \cos \varphi$

$$I_a = 15,7 / 230 \cdot 0,8 = 15,7 / 184 = 0,085 \text{ A} = 85 \text{ mA}$$

## 2° Appareils de commande et de protection

On remarque que la puissance et le courant sont très faibles. On utilisera donc un démarrage direct. L'utilisation d'un **contacteur tripolaire** avec le calibre minimum pour une utilisation en catégorie AC3 est suffisante. On prendra donc un contacteur LC1D09. On complète la référence par la valeur de la bobine de commande : on a dit 48 V, donc réf E7, soit **LC1D09E7**.

On utilisera un **disjoncteur moteur** associé au contacteur LC1D09 (cf. question 2 exo précédent), dont le calibre sera réglé sur celui du courant absorbé.

On rajoutera un **transformateur 230-48VAC** pour l'alimentation de la partie commande (et de la bobine du contacteur).

## 3° Train d'engrenages et vis sans fin

3.1 On suggère 2 trains différents pour obtenir le rapport de réduction de 1/150

$$\text{Train 1 : BHFID soit } R = 10/50 \times 12/48 \times 12/60 \times 28/42 = 1/5 \times 1/4 \times 1/5 \times 1/1,5 = 1/150$$

$$\text{Train 2 : AEGJKC : } R = 8/24 \times 10/50 \times 10/60 \times 40/80 \times 15/18 = 1/3 \times 1/5 \times 1/6 \times 1/2 \times 1/1,2 = 1/150$$

3.2 Système de vis sans fin

On utilise une vis sans fin et une roue dentée ayant 150 dents ( $R=1/150$ ).

La vis est fixée sur l'axe du moteur, et la roue dentée sur un axe perpendiculaire à l'axe du moteur.

Couple = Force x distance  
Couple d'une poulie, cylindre...  
 $C (N.m) = F (Newtons) \times \text{rayon (mètres)}$   
 $C_t = F \times d/2$   
Le réducteur **REDUIT la vitesse** et **AUGMENTE le couple** dans le même rapport  $R$ , et transmet au tambour le couple résultant avec pertes (rendement  $\eta_r$ )  
 $C_t = (C_m / R) \times \eta_r$

**$P_m$  : puissance mécanique  $P_m$**  ou puissance **utile  $P_u$**  ou puissance **nominale  $P_n$** : c'est la puissance disponible à l'extrémité de l'arbre du moteur. Elle est égale au produit du couple par la vitesse angulaire :  
 $P_m = C_m \times \omega_m$

**$P_e$  : puissance électrique  $P_e$**  ou absorbée  $P_a$  : c'est la puissance active  $P_a$  extraite du réseau.  
 $P_m = P_e \times \eta_m$