

Gestion automatique d'une barrière de parking d'immeuble

Considérons l'automatisme de gestion de l'entrée d'un parking d'immeuble décrit par la figure 1, qui est automatisé selon le grafset de fonctionnement de la figure 2, et son tableau des entrées-sorties est donné par la figure 3.

Une cellule photoélectrique à infrarouge de type barrage optique contrôle l'accès à l'entrée (cpe). Pour la sortie du garage on a besoin d'appuyer sur un bouton bps.

La barrière est actionnée par un moteur pneumatique à deux sens de marche : **MM** (montée) et **MD** (descente). Les fins de courses sont détectées par 2 contacts pneumatiques à galets : **bl** (barrière levée) et **bb** (barrière baissée). Un voyant pneumatique VOY indique la descente de la barrière.

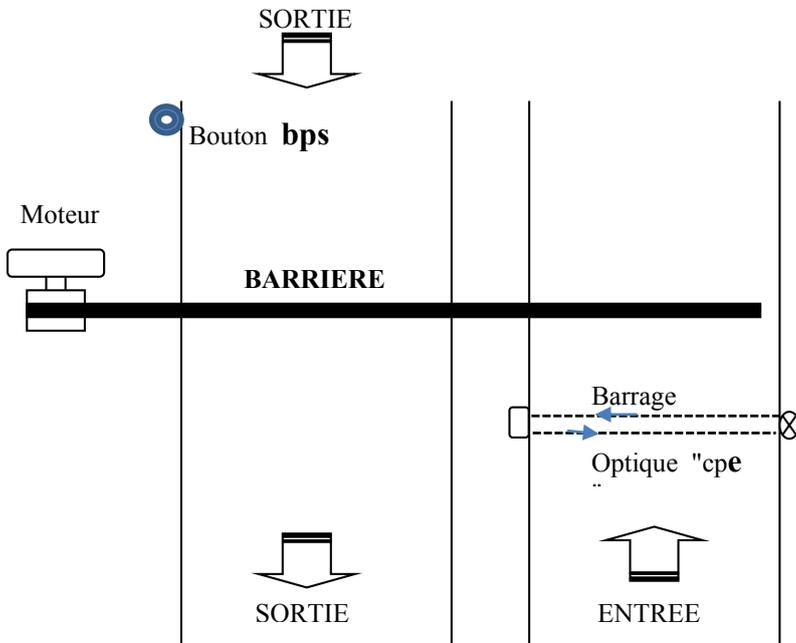


Figure 1 : schéma de principe de l'installation

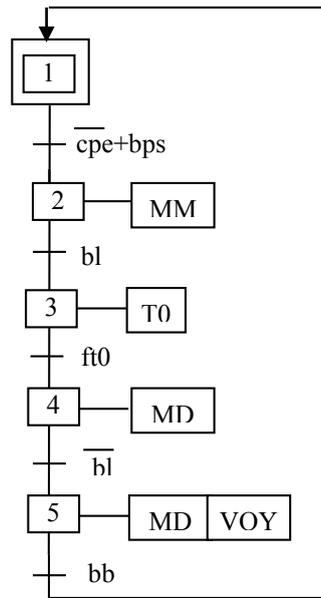
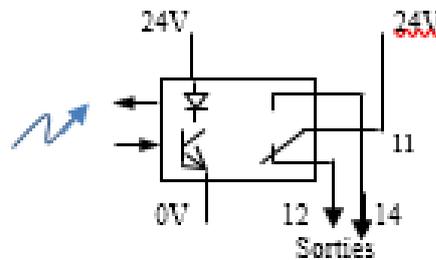


Figure 2 : grafset modélisant le fonctionnement

Variable Entrée	Adresse	Variable Sortie	Adresse
cpe	I0.1	MM	O0.1
cpe/	I0.2	MD	O0.2
bps	I0.3	VOY	O0.3
bl	I0.4		
bb	I0.5		
ft0	I1.1	T0	O1.1

Figure 3 : tableau des E/S



Cellule photoélectrique cpe

Partie 1 : câblage pneumatique

Pour la commande de l'installation on utilise un séquenceur pneumatique. Donner le schéma de câblage complet de l'installation en 100% pneumatique : commande, capteurs, transducteurs, préactionneurs, actionneurs (seule la cellule photo est électrique).

Partie 2 : dimensionnement de moteur électrique

On remplace le séquenceur par un API, et le moteur pneumatique par un moteur électrique à cage. Le moteur est alimenté en 400 V triphasé et possède sur sa plaque signalétique les indications suivantes: 230V/400 V ; puissance = 0,75 KW; $\cos\phi = 0,75$. La partie commande est alimentée par le biais d'un transformateur marqué 230V/24V- 44VA. (On donne $\sqrt{3}=1,73$; $1/(4 \times 1,73) = 1/6,92 = 0,144$).

- 1- Donner (en expliquant pourquoi) le couplage des enroulements du stator.
- 2- Donner (en expliquant pourquoi) le mode de démarrage choisi.
- 3- Calibrer les matériels choisis et faire un choix dans le catalogue de Télémécanique.
- 4- Donner dans un tableau (bon de commande) une description détaillée des matériels de protection et de commande utilisés.
- 5- Comment peut-on optimiser l'installation en diminuant le nombre de composants ?

(utilisation en catégorie AC3, d'après documentation 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-D1306	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	-

Partie 3 : dimensionnement pneumatique

On remplace le moteur par un vérin pneumatique simple effet, qui déplace un mécanisme *fixé sur la tige du vérin* et permet d'ouvrir et de fermer la barrière. Le mécanisme a une masse de 8kg.

La tige du vérin a une longueur de 50 cm et un diamètre de 12mm. Sachant que la pression de travail est de 6.28 bars, le taux de charge de 0.5, et que la durée du cycle est de 6 minutes, calculer :

- 1- la valeur minimale de la force du ressort du vérin,
- 2- le diamètre du piston du vérin (on prendra **Fressort = 100N**),
- 3- les forces **réelles** développées par le vérin : -a- en sortant, -b- en rentrant,
- 4- le volume d'air **réel** consommé par le vérin : -a- en sortant, -b- en rentrant,
- 5- le volume d'air global consommé par heure.

6- Si on remplace le vérin simple effet par un double effet, de même rendement et *de même tige*, calculer le diamètre du piston du vérin double effet, *nécessaire pour déplacer le mécanisme de la barrière en sortant et en rentrant*.

On fera les approximations suivantes : $g=10$; $\pi^2=10$; $\sqrt{320} = 17,89$; $\sqrt{464} = 21,5$; $\sqrt{520} = 22,8$

Diamètre du piston en mm	10	12	16	20	25	32	40	45	65	70	80	100	120	125	140	150
Diamètre de la tige	7	8	12	12	12	20	25	25								
Consommation en l/cm pour P=6à10bars	0.0025	0.003	0.005	0.01	0.015	0.02	0.04	0.06	0.1	0.125	0.16	0.24	0.3	0.4	0.5	0.6

Figure 4 : consommation du vérin en fonction du diamètre

Partie 2 : dimensionnement électrique

Question 1 : couplage du stator

Sur la plaque signalétique la petite tension est de 230V. Elle est différente de la tension du réseau (400 V). Par conséquent la règle « PTT » n'est pas vérifiée, donc on ne peut pas utiliser le couplage triangle. On va utiliser le **couplage étoile**.

Question 2 : mode de démarrage

La puissance étant faible (0.75KW), on peut donc utiliser un **démarrage direct**.

Sinon on peut à la limite utiliser le démarrage avec résistances au stator car, bien qu'il soit réservé aux puissances moyennes (ce qui n'est pas notre cas), il est également destiné aux applications ayant un faible couple résistant et nécessitant une mise en vitesse rapide (ce qui est exactement notre cas).

On ne peut pas utiliser le démarrage avec résistances au rotor car il est réservé aux moteurs à bagues c-à-d à rotor bobiné (qui sont surtout utilisés dans le cas de grandes puissances) alors que notre moteur est à cage.

On ne peut pas utiliser le démarrage étoile-triangle car nous avons utilisé un couplage du stator en étoile (pas le droit d'utiliser le couplage triangle).

Question 3 : dimensionnement pour le démarrage direct

-a- Choix des protections du circuit de commande

Il s'agit de protéger l'entrée et la sortie du transformateur.

Le rendement d'un transformateur étant proche de l'unité, la puissance mentionnée sur sa plaque signalétique (puissance apparente) permet de calculer les intensités primaire et secondaire. Cette puissance est choisie en fonction de l'appareillage constituant le circuit de commande.

Primaire du transformateur : c'est une protection contre les court-circuits

Puissance apparente: $S(va) = UI \rightarrow I = S / U = 44 / 230 = 0.19 \text{ A}$

Dans le catalogue le minimum est de 1 A \rightarrow on choisit 1 **cartouche fusible F3 de type aM calibrée au courant nominal primaire, soit 1A**.

Secondaire du transformateur : c'est une protection contre les surcharges

$S = UI \rightarrow I = S / U = 44 / 24 = 1.83 \text{ A}$ (la valeur normalisée est 2 A).

Fusible coupe-circuit F4 de type gG sera calibré au courant nominal du secondaire, soit 2A.

- b-Calcul du courant nominal I_n

$$P = UI \sqrt{3} * \cos \varphi \rightarrow I = P / (U \sqrt{3} * \cos \varphi) = 0,75.10^3 / (400. \sqrt{3} * 0,75)$$

$$I = 10 / (4 * 1,732) = 10 / 6,92 = \mathbf{1,44 \text{ A}}$$

-c- Choix des contacteurs de montée MRM et de descente MRD (ou contacteurs de ligne)

La puissance nominale est celle mentionnée par la plaque signalétique du moteur, elle correspond à la puissance mécanique utile disponible sur l'arbre du moteur en fonctionnement normal.

La catégorie d'emploi AC3, la tension 400 V, la puissance 0.75 kW, ainsi que le courant nominal (1,44A), nous amènent à choisir sur le catalogue le **type LCI-D09** (prévu pour supporter un I_n compris entre 0 et 9 A).

-d- Choix du relais thermique

La puissance, la tension d'alimentation et la catégorie d'emploi (AC3) déterminent directement (sur le catalogue) le courant d'emploi ou courant nominal I_n . Ce qui nous dicte alors le choix du relais thermique.

Consultation du catalogue: (AC3 & U= 400 V & Pn = 0.75 kw) → $I_n = 2 A$,

→ **Relais thermique LR1-D1307** de Zone de réglage : 1,6 à 2,5A.

Le calibre le plus faible de la zone (càd **1,6A**) est supérieur au courant nominal calculé. Donc on ne peut pas régler ce relais sur I_n .

→ Par conséquent on doit choisir le relais thermique **LR1-D1306** dont la plage de réglage (1,25 à 2A) comprend notre valeur nominale de 1,44 A. Ce relais sera réglé sur la valeur de I_n .

-e- Choix du sectionneur et du calibre des cartouches fusibles associées

Ce choix est directement dicté par le choix du contacteur et du relais thermique

Contacteur LC1-D09 tripolaire

Relais thermique LR1-D1306 tripolaire

associées :

sectionneur tripolaire LS1-D2531

→→ **avec cartouches fusibles F1**

de type aM de calibre 4A

On peut remplacer l'ensemble sectionneur + cartouches fusibles par un sectionneur-disjoncteur, de référence **GK2-CF07**.

Question 4 : bon de commande pour le démarrage direct

Code	Désignation	Référence	Quantité	Caractéristiques
Q1	Sectionneur tripolaire triphasé	LS1D2531	1	3 pôles principaux porte-fusibles + 2 contacts de précoupure F (ou NO) : 13-14 & 23-24
MRD et MRG	Contacteur tripolaire (<i>de montée ou descente</i>)	LC1D09	2	3 pôles principaux + 2 contacts auxiliaires : un contact NO (13-14) & un contact NC (21-22)
F2	Relais thermique tripolaire (<i>de protection contre les surcharges</i>)	LR1D1306	1	3 pôles principaux + 2 contacts auxiliaires : NC : 95-96 NO : 97-98
cp	Cellule photoélectrique émetteur-récepteur		1	2 bornes d'alimentation : 24v et 0v, 3bornes d'utilisation numérotées: 11, 12 et 14
pb	Fin de course électromécanique <i>descente</i>		1	1 contact NO
ph	Fin de course électromécanique <i>montée</i>		1	1 contact NC
F1	Cartouche fusible type aM (<i>protection du circuit de puissance contre les C.C.</i>)	13016	3	calibre 4A.
F4	Cartouche fusible type gG (<i>protection du secondaire du transformateur contre les surcharges</i>)	13301	1	calibre 2A
F3	Cartouche fusible type aM (<i>protection du primaire du transformateur contre les C.C.</i>)	13001	1	calibre 1A

Question 5 : optimisation du montage

S'agissant d'une simple installation de commande de moteur, on peut l'optimiser en remplaçant l'ensemble sectionneur + fusibles + relais thermique par un seul dispositif qui assure les trois fonctions : un disjoncteur-moteur.

Partie 3 : dimensionnement pneumatique*(toutes les parties en italique de la question n°6 ne sont pas notées)*1-Valeur min du ressort

$$F_{\text{utile}} = \text{Poids} = m \times g = 8 \times 10 = 80\text{N}$$

La valeur min de F_{res} doit être telle que le ressort puisse vaincre le poids du mécanisme pour ramener la barrière : donc $F_{\text{res}} \geq F_{\text{ut}}$

2- Diamètre du piston du vérin simple effet

$$F_{\text{utile}} = m \times g = 8 \times 10 = 80\text{N}$$

$$F_{\text{théorique}} = F_{\text{ut}}/\tau = 80/0.5 = 160\text{N}$$

$$F_{\text{th}} = P \times S - F_{\text{ress}} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{\text{ress}} \Rightarrow D^2 = 4 (F_{\text{th}} + F_{\text{ress}}) / P \times \pi$$

$$P = 6.28 \text{ bars} = 0.628 \text{ N/mm}^2 = 2 \times \pi / 10 \text{ N/mm}^2$$

$$D^2 = 4 \times (160+100) / \pi \times 2 \times \pi / 10 = 520 \Rightarrow \mathbf{D = \sqrt{520} = 22,8 \text{ mm.}}$$

⇒ Cette valeur n'étant pas dans le tableau, on va prendre la valeur normalisée immédiatement supérieure **soit 25mm**

3-Forces réelles développées par le vérin

$$\text{en sortant : } \mathbf{F_{\text{sort}}} = P \times S - F_{\text{ress}} = P \times \pi \times D^2 / 4 - F_{\text{ress}} =$$

$$= 2 \times \pi / 10 \times \pi \times 625 / 4 - 100 = 312,5 - 100 = \mathbf{212,5 \text{ N}}$$

$$\text{en rentrant : } \mathbf{F_{\text{rent}}} = \mathbf{F_{\text{ress}}} = \mathbf{100 \text{ N}}$$

4-Volume d'air consommé

$$D = 25\text{mm}, P = 6.28 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.015 \text{ l/cm}$$

$$\mathbf{V_{\text{sortie}}} = C \times L \text{ (Course du vérin ou longueur de tige)} = 0.015 \text{ l/cm} \times 50 \text{ cm} = \mathbf{0.75 \text{ litres}}$$

$V_{\text{rentrée}} = 0$ car vérin simple effet et retour par ressort de rappel

$$\Rightarrow V_{\text{total}} = V_{\text{sort}} + V_{\text{rent}} = 0.75 \text{ litres}$$

5- Volume global horaire

Cadence 1 aller/retour en 6 minutes \Rightarrow 10 allers/retours en 1 heure.

$$\mathbf{V_{\text{tot/h}}} = \mathbf{0.75 \times 10 = 7.5 \text{ litres.}}$$

Remarque On observe que la consommation horaire n'est pas trop élevée. Cette installation ne nécessite donc pas une centrale de production d'air comprimé. Un simple compresseur avec une cuve de 30 litres suffit. Le compresseur se déclenche environ toutes les quatre heures pour remplir la cuve.

6- utilisation d'un vérin double effet de même tige-a- Diamètre du piston double effet

Calcul du diamètre en sortant : Pour un vérin de taux de charge 0,5 on a besoin d'une force théorique de 160N (correspondant à une force utile de 80N) pour sortir le vérin et pousser le mécanisme de 8 kg pour remonter la barrière.

$$\text{S'agissant d'un vérin double effet on a : } F_{\text{sort}} = P \times S = P \times \pi \times D^2 / 4 \rightarrow D^2 = 4 (F_{\text{ths}}) / P \times \pi$$

$$D^2 = 4 \times 160 / 0.628 \times 3,14 = 4 \times 160 / 2 = 320 \rightarrow \mathbf{D = \sqrt{320} = 17,89 \text{ mm}}$$

Cette valeur n'étant pas dans le tableau, on va prendre la valeur normalisée immédiatement supérieure de **20mm**.

Un vérin avec ce diamètre développerait en rentrant une force de :

$$F_{\text{rent}} = P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) = P \times \pi / 4 (D^2 - d^2) = 0.628 \times 3,14 / 4 \times (20^2 - 12^2) =$$

$$= 1/2 \times (400 - 144) = 256/2 = 128 \text{ N}$$

Calcul du diamètre en rentrant : on a besoin également d'une force théorique de 160N pour tirer le mécanisme de 8 kg en rentrant le vérin pour descendre la barrière.

S'agissant d'un vérin double effet on a :

$$F_{rent} = P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) = P \times \pi / 4 (D^2 - d^2)$$

$$D^2 = 4 (F_{thr}) / P \times \pi + d^2 = 320 + 12 \times 12 = 464 \rightarrow D = \sqrt{464} = 21,5 \text{ mm}$$

⇒ Cette valeur n'étant pas dans le tableau, on va prendre la valeur normalisée immédiatement supérieure soit **25mm**.

Un vérin avec ce diamètre développerait en sortant une force de :

$$F_{sort} = P S = P \times (\pi \times D^2 / 4) = P \times \pi / 4 D^2 = 0.628 \times 3,14 / 4 \times 25^2 = \\ = 1/2 \times 625 = 312,5 \text{ N}$$

⇒ On a donc le choix entre deux diamètres (20 et 25 mm). Les deux sont suffisants pour vaincre le poids du mécanisme : le pousser en sortant et le tirer en rentrant. Mais le plus gros diamètre applique une force plus élevée et ramène le mécanisme plus vite.

Par conséquent on prend **le diamètre du piston le plus élevé, qui est toujours celui calculé sur la rentrée du vérin** (car parfois celui calculé sur la sortie du vérin est insuffisant pour exercer la force nécessaire en rentrant).

Remarque : on a pris en fin de compte le même diamètre que pour le vérin simple effet (25mm).

b- Forces réelles exercées pour le diamètre de 25 mm

$$\text{En sortant : } F_{sort} = P \times S = P \times \pi \times D^2 / 4 = 0.628 \text{ N/mm}^2 \times 3.14 \times 25^2 \text{ mm}^2 / 4 = 312,5 \text{ N}$$

$$\text{En rentrant : } F_{rent} = P (S - s) = P \times (\pi \times D^2 / 4 - \pi \times d^2 / 4) = P \times \pi / 4 (D^2 - d^2) \\ = 1/2 (25 \times 25 - 12 \times 12) = 1/2 \times (625 - 144) = 240,5 \text{ N}$$

c- Consommation en air comprimé

$$\phi_{piston} = D = 25 \text{ mm}, P = 6.28 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation } C = 0.015 \text{ l/cm}$$

$$\phi_{tige} = d = 12 \text{ mm}, P = 6.28 \text{ bars} \Rightarrow \text{consommation tige } c = 0.003 \text{ l/cm}$$

1^o méthode :

$$V_{sort} = C \times L = 0.015 \text{ l/cm} \times 50 \text{ cm} = 0.75 \text{ litre}$$

$$V_{tige} = c \times L = 0.003 \times 50 = 0.15 \text{ litre}$$

$$V_{rent} = V_{sort} - V_{tige} = 0.75 \text{ l} - 0.15 \text{ l} = 0.6 \text{ litre}$$

$$V_{tot} = V_{sort} + V_{rent} = 0.75 \text{ l} + 0.6 \text{ l} = 1,35 \text{ litres}$$

2^o méthode

$$C_{sort} = C = 0.015 \text{ l/cm}$$

$$C_{rent} = C_{sort} - C_{tige} = C - c = 0.015 \text{ l/cm} - 0.003 \text{ l/cm} = 0.012 \text{ l/cm}$$

$$C_{tot} = C_{sort} + C_{rent} = 0.027 \text{ l/cm}$$

$$V_{tot/cycle} = C_{tot} \times L = 0.027 \times 50 = 1,35 \text{ litres}$$

$$\text{Cadence 1 aller/retour en 6 minutes} \Rightarrow V_{tot/h} \text{ pour un vérin} = 10 \times 1,35 = 13,5 \text{ litres}$$

Conclusions

Si on prend deux vérins de même diamètre, les forces développées par le vérin double effet sont nettement supérieures à celles du vérin simple effet, aussi bien en sortant qu'en rentrant.

Par contre la consommation par cycle en air comprimé du vérin double effet est presque le double de celle du vérin simple effet.

CE QUI DICTE FINALEMENT LE CHOIX DANS CETTE APPLICATION TRES SIMPLE EST LE COUT