

Exercice 1 : Gestion automatique d'une barrière de parking d'immeuble

Deux barrages optiques à infra-rouge **be** et **bs**, un bouton poussoir **bp**, un clavier à code (qui ferme un contact **cc** de type NO) contrôlent les accès à l'entrée (**be.cc**) et à la sortie (**bs.bp**).

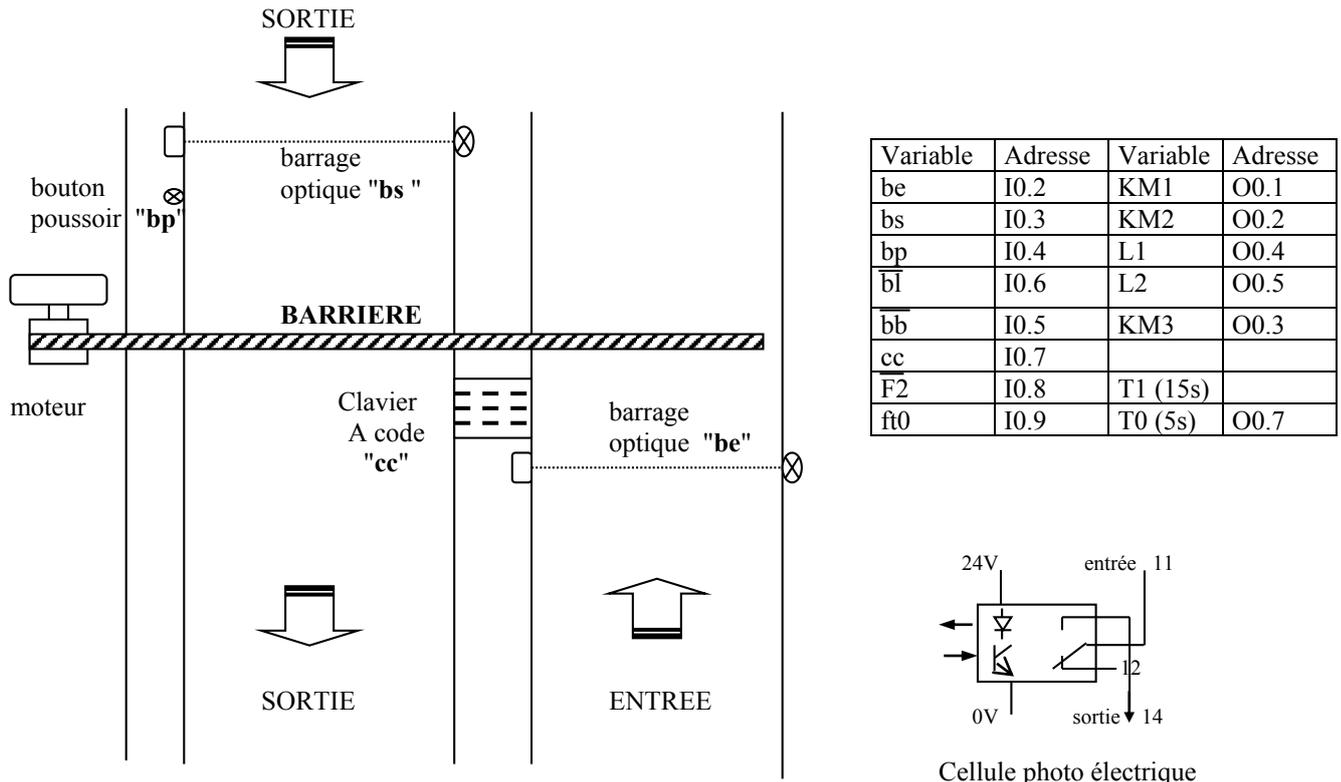
La barrière est actionnée par un moteur à *deux sens de marche*, commandé par deux contacteurs : **KM1** (ouverture) et **KM2** (fermeture). Les fins de courses sont détectées par 2 contacts électromécaniques : **b1** (barrière levée) de type NC et **bb** (barrière baissée) de type NC.

Après détection de la barrière levée **bb**, la barrière se ferme automatiquement après une temporisation T1 de 10s.

Pendant la descente (fermeture) de la barrière, si **be** ou **bs** détecte une voiture, la descente s'arrête.

Une lampe **L1** indique la descente de la barrière, et une lampe **L2** indique la surcharge du moteur.

Le moteur à cage alimenté en 400V utilise un **démarrage à résistances statoriques 2 temps**. La partie commande est alimentée en alternatif par le biais d'un transformateur monophasé marqué 230V/24V- 44VA.



Partie 1 : démarrage-moteur en triphasé

1.1- Donner les schémas électriques de puissance et de commande, pour une commande électromécanique.

Partie 2 : hydraulique et bilan des puissances

On remplace la barrière par une porte métallique à 2 battants (pesant chacun 800kg), commandés par deux vérins hydrauliques identiques (selon le schéma de la figure 2) de rendement $\eta_{vh} = 0,8$ (pour simplifier, le rendement du vérin η_{vh} est assimilé à son taux de charge τ). La pompe est entraînée par un moteur monophasé possédant sur sa plaque les indications suivantes : $S = 10,94 \text{ Kw}$, $\cos\phi = 0,8$, $\eta = 0,8$. Calculer :

- 2.1- la puissance utile P_{um} fournie par le moteur à la pompe,
- 2.2- la force théorique F_{th} exercée par le vérin en sortant,
- 2.3- la pression P_2 qui s'exerce sur le piston du vérin,
- 2.4- le débit Q_{ld} en sortie du limiteur de débit nécessaire pour déplacer les 2 vérins à une vitesse de 0,2 m/s,
- 2.5- la puissance P_{tv} transmise au vérin, et la puissance utile P_{uv} disponible en sortie à l'extrémité du vérin,
- 2.6- Calculer les puissances dissipées par laminage dans le limiteur de pression (P_{dLp}) et dans le limiteur de débit (P_{dLd}),
- 2.7- En supposant qu'il n'y a pas de perte de puissance dans la canalisation (tubulures), calculer la puissance hydraulique en sortie de la pompe. Vérifier ce résultat en calculant cette puissance d'une autre méthode.
- 2.8- En déduire le rendement de la pompe η_p .
- 2.9- Calculer le rendement η_g global de l'installation de 2 méthodes différentes. Expliquez la différence de résultat.

Partie 3 : motoréducteur

Un motoréducteur assure les déplacements d'une cabine d'ascenseur (cf. figure 3) qui peut transporter au maximum 10 personnes de 80kg chacune, à une vitesse moyenne de 0,314m/s. La poulie a un diamètre de 60cm, le moteur tourne à une vitesse de 3000tr/mn et possède un rendement de 0,8. Calculer :

- 3.1 la vitesse de rotation en tr/mn de la poulie (en sortie du réducteur),
- 3.2 le rapport de réduction R du réducteur,
- 3.3 le couple Cp de la poulie nécessaire pour vaincre le poids (en sortie du réducteur),
- 3.4 le couple moteur Cm (à l'extrémité de l'arbre du moteur ≡ à l'entrée du réducteur) et la vitesse angulaire ω_m du moteur,
- 3.5 la puissance mécanique Pm (ou utile Pu) disponible à l'extrémité de l'arbre du moteur,
- 3.6 la puissance électrique Pe (ou active Pa) absorbée par le moteur.
- 3.7 En déduire le courant absorbé Ia
- 3.8 Que suggérez-vous comme appareils de commande et de protection ?
- 3.9 Dimensionnement du réducteur

Il sera constitué soit par des roues dentées (dont la première est montée sur l'axe du moteur et la dernière sur l'axe de la poulie) soit par un système de vis sans fin, avec le **même rapport d'engrenage R**.

9.a Dans le cas de roues dentées, choisir les roues dans le tableau pour constituer un train d'engrenages de rapport $R = 1/300$.

Nom de l'engrenage	A	B	C	D	L	E	F	G	H	I	J	K							
Nombre de dents	8	10	18	42	15	24	10	48	12	56	10	50	12	60	28	60	40	80	15

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

Couple d'un cylindre / d'une poulie
 $C (N.m) = F (Newtons) \times \text{rayon} (mètres)$

Le réducteur
REDUIT la vitesse et AUGMENTE le couple
dans le même rapport R

Pm : puissance **mécanique Pm** ou puissance **utile Pu** ou puissance **nominale Pn** : disponible à l'extrémité de l'arbre du moteur :

$$P_m = \text{couple moteur} \times \text{vitesse angulaire} \quad P_m (\text{watts}) = C_m (N.m) \times \omega_m (\text{rad/s})$$

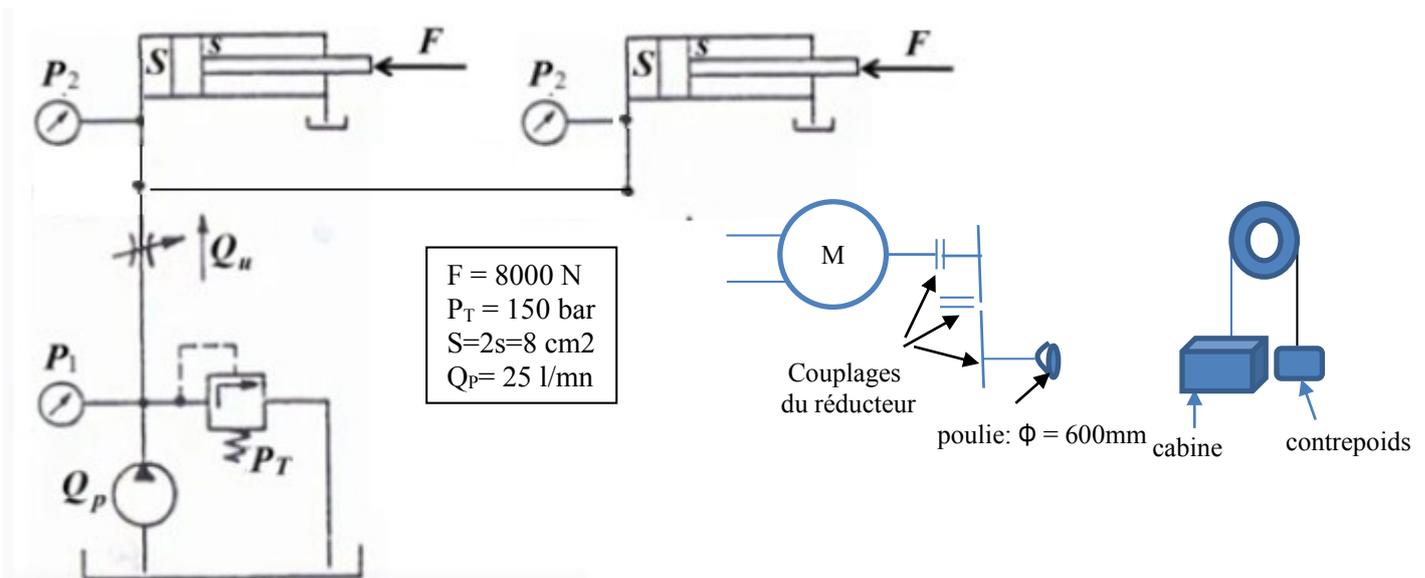
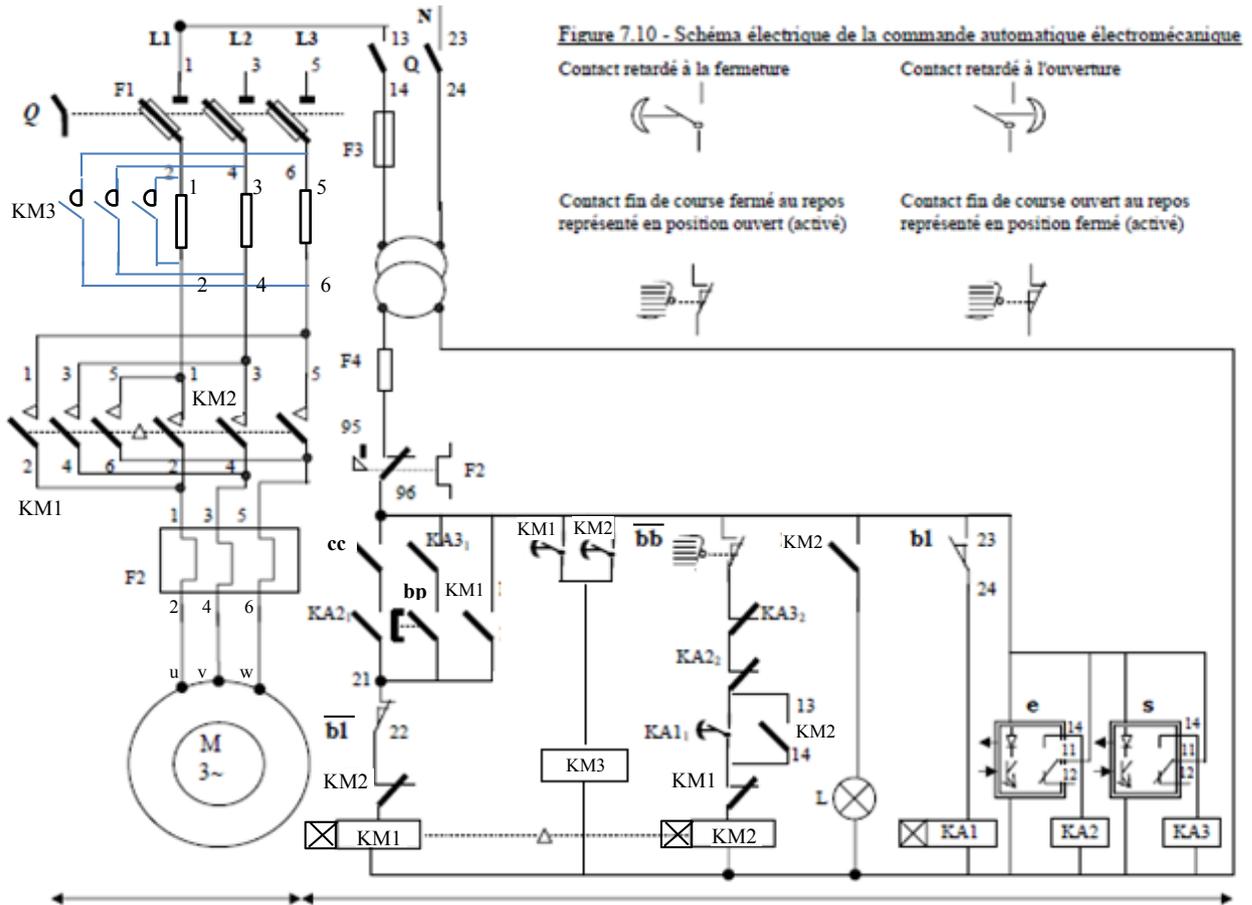


Figure 2 : installation hydraulique

Figure 3 : schématisation ascenseur

Solution partie 1 : 1.1 schéma de la commande électromécanique



Autre solution de réalisation :

On peut supprimer les contacteurs auxiliaires KA2 et KA3, et câbler directement les cellules dans la commande.

Pour cela :

- **on remplacera les contacts NO (ouverts au repos) de KA2 et KA3, situés dans le circuit d'alimentation de la bobine KM1, par les contacts NO 13-14 des cellules photoélectriques correspondantes.** Dès que la cellule détecte quelque chose, les contacts 13-14 se ferment (et 11-12 s'ouvrent). Par conséquent si en plus on détecte bp ou cc, la bobine KM1 est alimentée (le contact bl 21-22 étant actif), ce qui provoque l'ouverture de la barrière ;
- **de même les contacts NC de KA2 et KA3 situés dans le circuit d'alimentation de KM2 (qui commande la descente/fermeture de la barrière) seront remplacés par les contacts NC 11-12 des cellules photoélectriques.** Par conséquent dès que la cellule détecte quelque chose, les contacts 11-12 s'ouvrent (et 11-14 se ferment) et la bobine KM2 n'est plus alimentée. La fermeture de la barrière s'arrête, c'est exactement le but recherché.

Pour faire remonter la barrière il suffit d'appuyer sur bp ou entrer le code qui ferme cc, car les contacts 11-14 sont fermés et bl 21-22 est actif.

Solution partie 2

$$2.1 S = 10,94 \text{kw} \quad , \cos\Phi = 0,8 \quad , \eta_{\text{mot}} = 0,8$$

$$\text{Pa moteur} = S / \cos\Phi = 10,94 / 0,8 = \mathbf{8,75 \text{kw}}$$

$$\text{Pum} = \text{Pa pompe} = \text{Pa moteur} \times \eta_{\text{mot}} = 8,75 \text{kw} \times 0,8 = \mathbf{7 \text{kw}}$$

$$2.2 F \equiv \text{Fut} = \text{Fth} \times \tau \rightarrow \text{Fth} = \text{Fut} / \tau = F / \tau = 8000 / 0,8 = 10.000 \text{N} = \mathbf{1000 \text{daN}}$$

$$2.3 \text{P2} = \text{Fth} / S = 1000 \text{ daN} / 8 \text{cm}^2 = \mathbf{125 \text{bars}}$$

2.4 Débit utile à la sortie du limiteur de débit: chaque vérin reçoit le débit Qld divisé par deux

$$\text{Qld}/2 = V * S \rightarrow \mathbf{Qld} = 2 * V * S = 2 * 0,2 * 8 \cdot 10^{-4} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,32 \text{ dm}^3/\text{mn} =$$

$$0,32 \text{ l}/(1/60) \text{mn} = \mathbf{19,2 \text{ l/mn}}$$

2.5 Puissance délivrée transmise au vérin:

Le débit qui sort du limiteur de débit sera partagé entre les deux vérins. Par conséquent chaque vérin reçoit Qld / 2.

$$\text{Ptv} = \text{P2} * (\text{Qld}/2) (\equiv \text{Pa du vérin})$$

$$\text{Ptv watts} = \text{P2}_{\text{Pa}} * \text{Qld}/2_{\text{m}^3/\text{s}} = 125 \cdot 10^5 * 19,2/2 \cdot 10^{-3} / (60) = 12 / 6 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^3 \text{ w} = \mathbf{2 \text{ Kw}}$$

Puissance utile Puv disponible en sortie à l'extrémité du vérin

$$\text{Puv} = \text{Ptv} \times \eta_v = \text{Ptv} \times \tau = 2 * 0,8 = \mathbf{1,6 \text{ Kw}}$$

2.6 Puissance dissipée Pd

$\text{Pd} = \text{PdLp}$ (limiteur de pression) + PdLd (limiteur de débit)

$$\text{PdLp} = \text{P1}(\text{Qp} - \text{Qld}) = \text{Pt}(\text{Qp} - \text{Qld}) = 150 \cdot 10^5 * (25 \cdot 10^{-3}/60 - 19,2 \cdot 10^{-3}/60) = 15 \cdot 10^3 (25 - 19,2)/60 = 1,45 \cdot 10^3 \text{ w} = \mathbf{1,45 \text{ Kw}}$$

$$\text{PdLd} = \text{Qld}(\text{P1} - \text{P2}) = \text{Qld}(\text{Pt} - \text{P2}) = 19,2 \cdot 10^{-3}/60 (150 - 125) \cdot 10^5 = 19,2 * 2,5 \cdot 10^3/60 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ w} = \mathbf{0,8 \text{ Kw}}$$

$$\text{Pd} = \text{PdLp} + \text{PdLd} = 1,45 \text{ Kw} + 1,6 \text{ Kw} = \mathbf{3,05 \text{ Kw}}$$

2.7 Puissance hydraulique fournie par la pompe ($\equiv \text{Pu de pompe}$)

$$\text{Ph} = \text{P1} * \text{Qp} = \text{Pt} * \text{Qp} = 150 \cdot 10^5 * 25 \cdot 10^{-3}/60 = 15 * 25 \cdot 10^3 / 60 = 6,25 \cdot 10^3 \text{ w} = \mathbf{6,25 \text{ Kw}}$$

Vérification du résultat : On peut aussi écrire $\text{Ph} = 2 \text{Ptv} + \text{Pd} = 2 * 2 \text{ Kw} + 2,25 \text{ Kw} = 6,25 \text{ Kw}$

2.8 Rendement de la pompe

$$\eta_p = \text{Pu pompe} / \text{Pa pompe} = \text{Ph} / \text{Pum} = 6,25 / 7 = \mathbf{0,89}$$

2.9 Rendement de l'installation

$$\eta_g = 2 * \text{Puv} / \text{Pam} = 2 * 1,6 / 8,75 = \mathbf{0,3657 \approx 0,37}$$

On peut aussi le calculer par $\eta_g = \eta_{\text{mot}} \times \eta_p \times \eta_v = 0,8 * 0,89 * 0,8 = \mathbf{0,57}$

Remarque

La valeur correcte est 0,37. Elle est calculée par un rapport direct des puissances réelles. Le calcul par le produit des rendements ne tient pas compte des pertes dans la canalisation. En effet, en toute rigueur on devrait écrire:

$$\eta_g = \text{Pu (vérin)} / \text{Pa (moteur)} = \text{Pu (moteur)} / \text{Pa (moteur)} * \text{Pu (pompe)} / \text{Pa (pompe)} * \text{Pu (canalisation)} / \text{Pa (canalisation)} * \text{Pu (vérin)} / \text{Pa (vérin)}.$$

Si on a négligé les pertes dans les tubulures (conformément à l'énoncé), il reste cependant les pertes par laminage dans les limiteurs de débit et de pression. En effectuant le calcul par le produit des 3 rendements on n'en tient pas compte.

Solution partie 3

Vitesse de rotation de la poulie Np

$$\omega \text{ (rad/s)} = 2\pi N \text{ (tr/s)} \quad (1)$$

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

$$\omega \text{ (rad/s)} = V \text{ (m/s)} / r \text{ (m)} \quad (2)$$

$$(1) \text{ et } (2) \rightarrow N \text{ (tr/s)} = V \text{ (m/s)} / 2\pi r \text{ (m)} \rightarrow N \text{ (tr/mn)} = V \text{ (m/mn)} / \pi d \text{ (m)}$$

$$N_p \text{ (tr/mn)} = V \text{ (m/mn)} / \pi \times d \text{ (m)} = V \text{ (m/s)} \times 60 / \pi \times d \text{ (m)} = 0,314 \times 60 / 3,14 \times 0,6 = 10 \text{ tr/mn}$$

Rapport de réduction R

$$N_p = N_m \times R \rightarrow R = N_p / N_m = 10 / 3000 = 1 / 300$$

Couple moteur Cm

Cm : couple moteur (entrée réducteur) Cp : couple de la poulie (en sortie du réducteur)

$$C_p = F \times d/2 = 8000 \times 0,6 / 2 = 2400 \text{ N.m}$$

$$C_p = (C_m / R) \rightarrow C_m = C_p \times R = 2400 \times 1/300 = 8 \text{ N.m}$$

Puissance mécanique Pm

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 $V \text{ (m/s)} = \pi \times d \text{ (m)} \times N \text{ (tr/mn)} / 60$

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

$$= \pi \times N_m / 30$$

On aurait pu aussi écrire : $\omega \text{ (rad/s)} = 2\pi \times N \text{ (tr/s)} = 2\pi \times N \text{ (tr/mn)} / 60 = \pi \times N \text{ (tr/mn)} / 30$

$$P_m = C_m \times \omega_m = C_m \times \pi \times N_m / 30 = 8 \times 3,14 \times 3000 / 30 = 2512 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P_m = 2512 \text{ W}$$

Puissance électrique Pe ≡ Pa, Pm ≡ Pu ≡ Pn

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

$$P_e = 2512 / 0,80 = 3140 \text{ W} \quad P_e = 3140 \text{ W}$$

On doit donc choisir un moteur de 3,2 Kw

Courant absorbé Ia

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

$$I_a = 3140 / 230 \cdot 0,8 = 3140 / 184 = 17,06 \text{ A} \approx 17 \text{ A}$$

2° Appareils de commande et de protection

On remarque que la puissance et le courant sont 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 LC1D18 (ou LC1D25). On complète la référence par la valeur de la bobine de commande : on a dit 48V, donc réf E7, soit **LC1D18E7** (ou **LC1D25E7**).

On utilisera un **disjoncteur moteur** associé au contacteur LC1D18, dont le calibre sera réglé sur celui du courant absorbé, soit 17A.

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 pour obtenir le rapport de réduction de 1/300 le train suivant :

$$\text{BHFIGL soit } R = 10/50 \times 12/48 \times 12/60 \times 28/56 \times 10/15 = 1/5 \times 1/4 \times 1/5 \times 1/2 \times 1/1,5 = 1/300$$

3.2 Système de vis sans fin

On utilise une vis sans fin et une roue dentée ayant 300 dents (R=1/300).

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

Solution partie 1

Question 1.2 : Schémas de puissance et de commande de la commande par API

