

▪ Filière	⇒ Sciences et technologies électriques
▪ Discipline	⇒ Sciences de l'ingénieur
▪ Durée	⇒ 4h
▪ Coefficient	⇒ 8



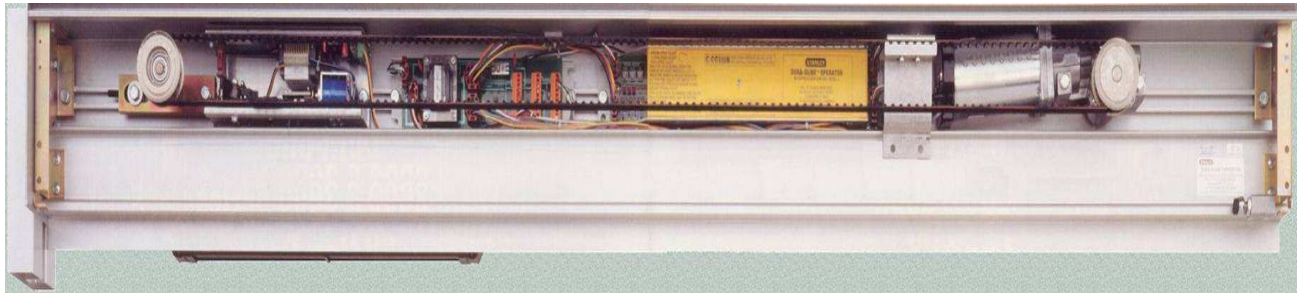
Dans le but d'assurer un accès aisé et conforme aux normes de sécurité des usagers des espaces publics très fréquentés, tels que les grands magasins, on équipe de plus en plus ces espaces de portes à ouverture et fermeture automatiques.

Cette épreuve traite le système de commande de ce type de portes automatisées.

Nota :

- Aucun document autorisé.
- Moyens de calcul autorisés : Calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique;
- Les réponses aux questions de l'épreuve doivent être rédigées sur les documents réponses prévus à cet effet.
- Le document réponse pour chaque groupe de questions est spécifié par DR1, DR2, ...

Le support illustre le sous-système composé des éléments matérialisant les différentes fonctions génériques de la chaîne fonctionnelle de la porte automatisée.



La figure ci-dessus montre la structure du support à étudier selon les solutions constructives établies et adoptées par le concepteur de ce système (**Voir aussi le croquis de la page 8/13**)

Le schéma sur "document **DT1**" (page 3/13) représente le circuit global de pilotage du système étudié.

III

Volet 3 : Substrat du sujet

3 1

Situation d'évaluation

Le cahier des charges de ce système fixe les paramètres caractérisant le fonctionnement et la sécurité et par conséquent la structure du système. L'ouverture et la fermeture des deux volets coulissants se font en deux vitesses pour satisfaire les contraintes liées aux besoins de souplesse d'utilisation. Le mécanisme utilisé permet de convertir l'énergie électrique fournie par le secteur en énergie mécanique. La fonction de conversion d'énergie se fait par l'intermédiaire d'un groupe motoréducteur. Cette énergie mécanique est transmise par le biais d'un ensemble poulie/courroie crantée afin d'éviter le glissement.

Ce système est commercialisé et est largement utilisé dans une large proportion des espaces fréquentés par le public.

Problème à résoudre :

En exploitant les ressources fournies, on se propose d'étudier et de valider certaines solutions constructives.

A- ETUDE FONCTIONNELLE DU SYSTEME

(REpondre sur le document réponse : DR1)

- 1/ Le système répond à un besoin. Enoncer alors ce besoin en complétant le digramme de bête à cornes.
- 2/ Compléter l'actigramme A-0 du système.
- 3/ On considère le diagramme Pieuvre simplifié du système, qui recense un certain nombre d'éléments principaux de son environnement et qui interagissent avec lui. Compléter alors ce diagramme.

B – ETUDE DU SYSTEME

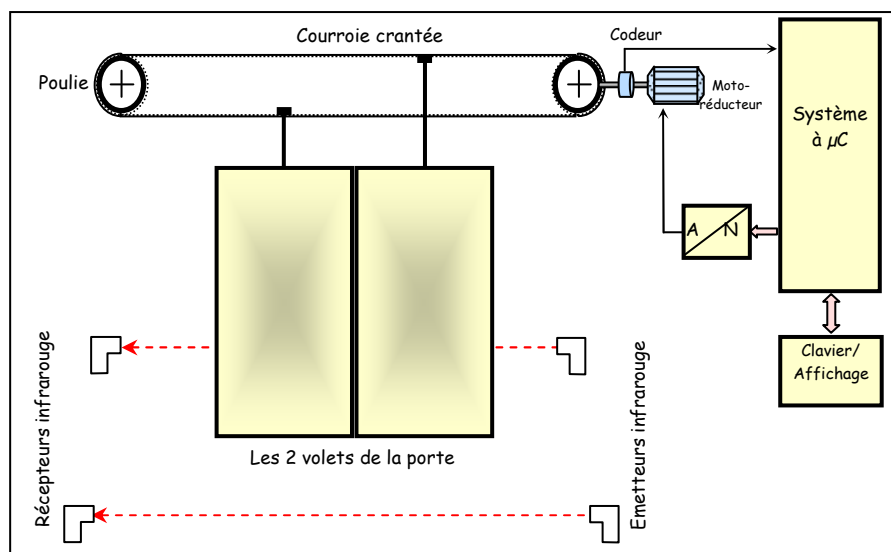
Première étude : ETUDE STRUCTURELLE DU SYSTEME

(REpondre sur le document réponse : DR2)

Le concepteur du système a adopté les solutions constructives, telles que :

- La commande du système est réalisée autour d'un système à base de microcontrôleur (μC) PIC16F84 ;
- Un bloc Clavier/Affichage (non étudié ici) permet de configurer et régler les paramètres du système ;
- La détection de présence de personnes est effectuée par deux capteurs infrarouges ; un capteur de chaque côté de la porte ;
- Le mouvement des volets est assuré grâce à un moteur à courant continu (MCC) associé à un réducteur mécanique: une courroie crantée portée par 2 poulies dont une est solidaire à l'axe du motoréducteur, supporte les deux volets coulissants de la porte ;
- La position de la porte est déterminée par un codeur optique monté sur l'axe du motoréducteur; ce qui permet au MCC de tourner à la vitesse Ω_2 ou Ω_1 ;
- En fonctionnement normal, le codeur optique est aussi utilisé pour détecter la fin de l'ouverture ou la fermeture de la porte. En effet, quand la porte bute en position finale, le moteur "cale" et s'arrête de tourner. le codeur ne fournit alors plus d'impulsions ;
- Etant complètement fermée ou ouverte, la porte commence l'ouverture ou la fermeture, avec une vitesse Ω_1 du moteur pendant les 3/4 de la course, puis ralentit à une vitesse Ω_2 ($\Omega_2 < \Omega_1$) pour terminer la course en douceur.

Le schéma suivant illustre les solutions constructives adoptées :



- 1/ Compléter le schéma de la chaîne fonctionnelle du système.

Deuxième étude : COMMANDE DU MOTEUR

Le moteur MCC est alimenté par une tension variant entre 0 et 10V, par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique/analogique (CNA) associé au microcontrôleur (μC) qui servent de variateur de la vitesse Ω du moteur, permettant ainsi le déplacement des deux volets à vitesse **rapide** puis à vitesse de **ralenti**.

1.1- En négligeant la chute de tension aux bornes de R_{lim} , donner le schéma d'alimentation du moteur, en indiquant le parcours du courant et le signe de la tension aux bornes du moteur, pour les états de sortie du port A (Voir document DT 1): (Répondre sur le document DR2)

1.1.1- $RA4=0$ et $RA3=1$ (**ouverture des volets**)

1.1.2- $RA4=1$ et $RA3=0$ (**fermeture des volets**)

1.2- Le blocage accidentel de la porte provoque un courant de surintensité qui ne doit pas dépasser I_{Mmax} , courant maximal admissible dans le MCC.

Afin de contrôler le courant I_M circulant dans le moteur, on branche en série avec ce dernier une résistance R_{lim} de faible valeur. La tension produite à ses bornes est l'image du courant I_M . Le bloc autour du comparateur C réalise donc un circuit de protection du moteur. L'entrée RB4 configurée en mode interruptible informe en temps réel le microcontrôleur de cette surintensité.

1.2.1- Pourquoi le blocage de la porte provoque-t-il une surintensité dans le MCC ?

1.2.2- Que représente la tension $V_{réf}$?

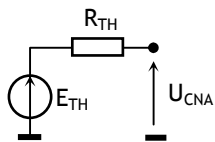
1.2.3- Compléter le tableau sur le document réponse DR2

	État de RB4	État du moteur
$I_M R_{lim} < V_{réf}$.		
$I_M R_{lim} \geq V_{réf}$.		

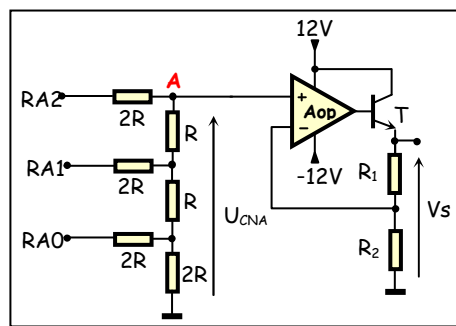
1.3- Le schéma du CNA est donné par la figure ci-contre.

1.3.1- Quel est le type de ce CNA ?

1.3.2- Vu du point A, le CNA peut être représenté par un modèle de Thevenin (E_{TH} , R_{TH}), avec :



$$\begin{cases} E_{TH} = \frac{V_{CC}}{8} (RA2 \cdot 2^2 + RA1 \cdot 2^1 + RA0 \cdot 2^0) \\ V_{CC} = 5 \text{ V.} \\ R_{TH} = R. \end{cases}$$



Mettre E_{TH} sous la forme $E_{TH} = K_1 \cdot N$ et donner l'expression de K_1 et N en précisant la signification de K_1 .

1.3.3- L'amplificateur opérationnel Aop est supposé idéal. Montrer que $V_s = (1 + R_1/R_2) \cdot U_{CNA}$.

1.3.4- Quel est le rôle du transistor T ?

1.3.5- Sachant que $\Omega = K_2 \cdot V_s$, donner l'expression qui lie Ω et N .

1.3.6- Quelle est alors l'influence de N sur la vitesse du moteur.

1.3.7- La vitesse rapide et la vitesse de ralenti de la porte correspondent respectivement aux tensions $V_s=10V$ et $V_s=4V$:

a) Calculer R_1 et R_2 sachant que la vitesse rapide est sélectionnée par la combinaison $RA2 \ RA1 \ RA0 = 111$ et que $(R_1 + R_2) = 10 \text{ K}\Omega$.

b) Donner alors la combinaison $RA2 \ RA1 \ RA0$ permettant de sélectionner la vitesse de ralenti.

Troisième étude : TRANSMISSION DE PUISSANCE MECANIQUE

(REPONDRE SUR LE DOCUMENT REPONSE : DR3)

Etude du Motoréducteur

Le dessin d'ensemble document DT2 représente la motorisation des deux volets coulissants. Le moteur équipé d'un réducteur à roue et vis sans fin, entraîne un ensemble constitué de poulies et courroie crantée. La poulie motrice est équipée d'un embrayage permettant de respecter les conditions de sécurité imposées par la législation en vigueur sur ce type de système.

Les éléments de l'embrayage sont représentés en considérant que la bobine (17) de l'électroaimant est excitée. L'angle d'hélice de la roue hélicoïdale est faible par rapport à l'angle de frottement, le système roue et vis sans fin est donc irréversible.

1 - A partir de la position des éléments définis sur le dessin, compléter dans l'ordre les repères des différentes pièces qui participent à la transmission du couple.

2 - Analyser la liaison entre (21) et (22) en rayant dans le tableau les caractères qui ne conviennent pas.

3- Quand on coupe l'alimentation de la bobine:

3 - 1 - Citer les repères des pièces qui se déplacent

3 - 2 - Préciser le type de mouvement de celles-ci :

4- Donner la fonction des éléments suivants : Clavette (4) ; Ressort (27) ; Rondelle (30) ; Joint (15)

5- Quel est le matériau des pièces suivantes : Le corps (1) ; La roue (3)

6- Quel est le procédé d'obtention des pièces suivantes : Le corps (1) ; L'arbre (2)

7- Pourquoi le constructeur a-t-il choisi le réducteur roue et vis sans fin ?

8- Etude cinématique:

Pour cette étude, on prend $N_{\text{moteur}} = 3\,000$ tr/min ; le nombre de dent de la roue $Z_r = 40$ dents ; la vis est à un seul filet et le diamètre de la poulie crantée (29) est $D_p = 84.89$ mm.

8-1- Compléter le schéma cinématique du réducteur roue et vis sans fin.

8-2 – Déterminer le rapport de réduction du réducteur roue et vis sans fin.

8-2- Déterminer la fréquence de rotation de la poulie motrice.

8- 4 - Déterminer la vitesse de translation d'un vantail.

9- Travail graphique :

Le guidage en rotation de l'arbre (37) par rapport au corps (1) est assuré par les roulements (39) et (40).

On demande de :

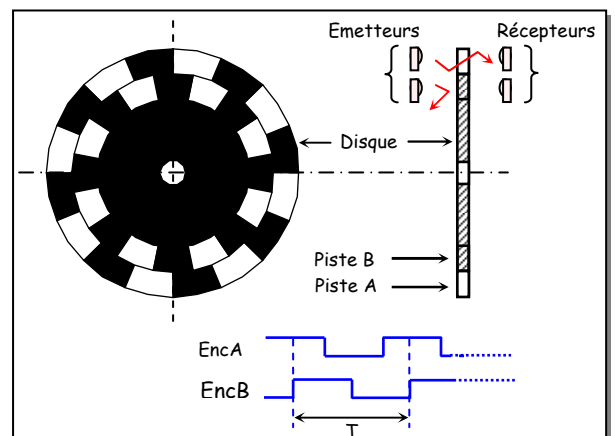
9-1-Compléter le montage des roulements ;

9-2-Indiquer les tolérances de montage des roulements.

Quatrième étude : ACQUISITION DE LA POSITION DE LA PORTE

La capture de la position se fait à l'aide d'un codeur incrémental constitué, comme le montre la figure ci-contre, de :

- Un disque comportant deux pistes A et B décalées et divisées chacune, en 16 secteurs équidistants et alternativement opaques et transparents ;
- Deux éléments optoélectroniques (une diode infrarouge et un phototransistor) disposés de part et d'autre de chaque piste.



Le codeur optique fournit alors deux signaux EncA et EncB déphasés entre eux de 1/4 de la période T ; ces deux signaux sont filtrés, mis en forme et compatible TTL.

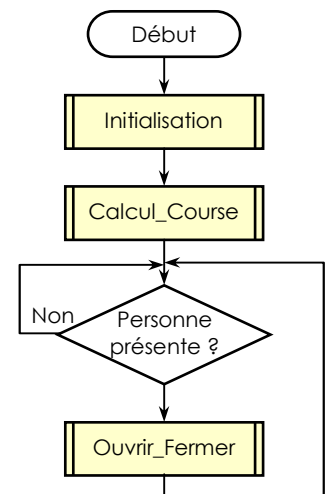
- 1- Calculer le déplacement minimal de la courroie détectable par ce capteur sachant qu'un tour de la poulie correspond à un déplacement linéaire de la courroie de 26,66 cm.
- 2- Le principe de la détermination de la position de la porte se base sur le comptage ou le décomptage des impulsions fournies par le signal EncA, suivant le sens de rotation donné par l'état du signal EncB.
 - 2.1- Combien de tours le disque fera-t-il, pour que chaque volet de la porte parcoure sa course maximale qui est de 1m ?
 - 2.2- En déduire le nombre de bits nécessaires pour représenter la position.

Cinquième étude : PROGRAMME DE FONCTIONNEMENT

(REPONDRE SUR LE DOCUMENT REPONSE : DR4)

La figure ci-contre représente l'organigramme de fonctionnement du système. Il est axé autour de 3 parties :

- **Initialisation** : elle configure l'état interne et externe du système ;
- **Calcul_Course** : elle s'exécute à chaque mise sous tension ; elle a pour rôle de déterminer et mémoriser la valeur de la course maximale de la porte ; on en déduit aussi les valeurs des positions à partir desquelles, on commande le ralenti aussi bien en ouverture qu'en fermeture ;
- **Ouvrir_Fermer** : partie principale du programme, elle s'exécute à chaque détection de présence.



Nb. : Seule la partie **Ouvrir_Fermer** fera l'objet de cette étude.

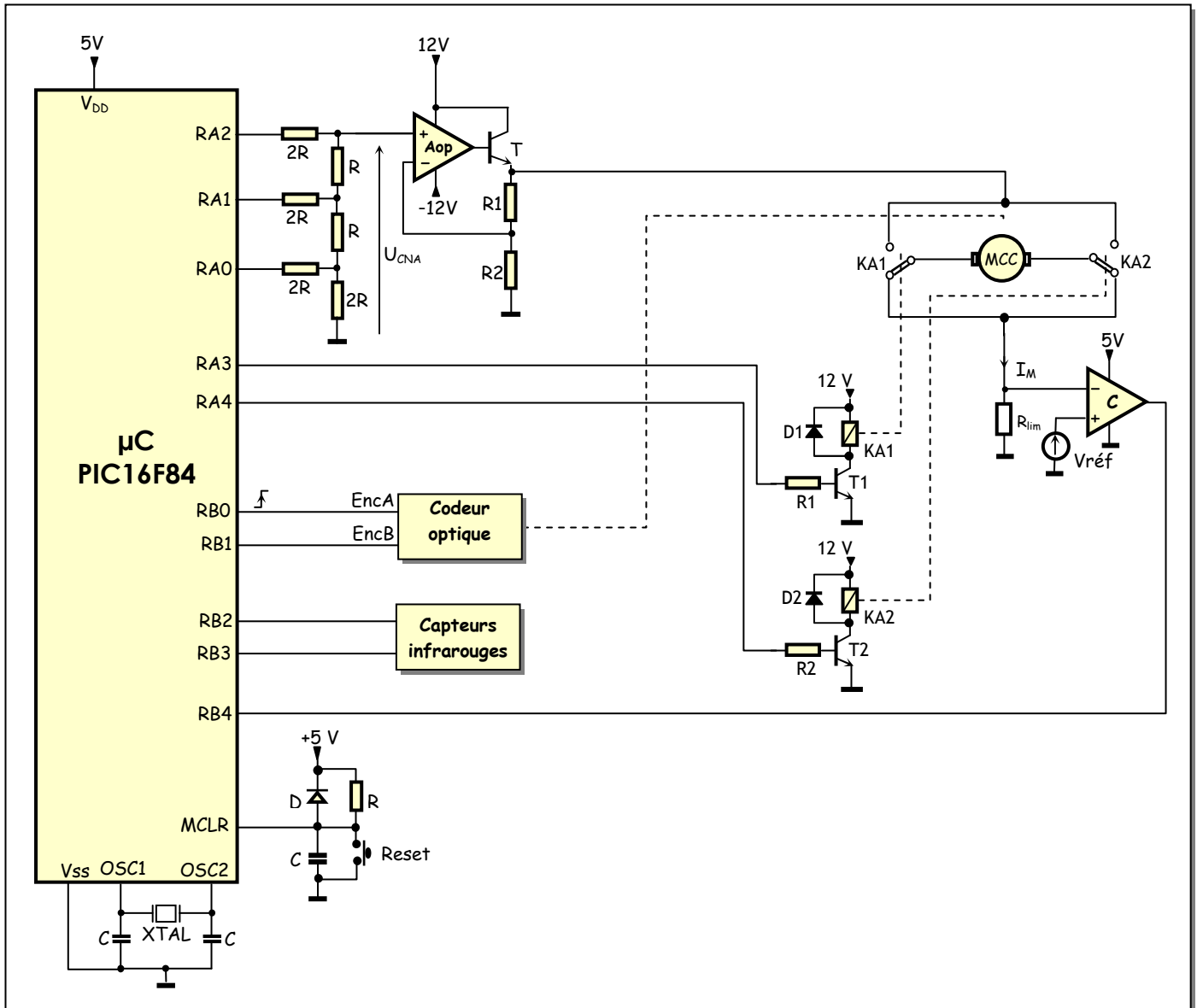
- 2.1- Le comptage et le décomptage sont assurés par le μ C. Le signal EncA est utilisé pour déclencher une interruption à chaque front montant sur RB0. La routine d'interruption consiste alors, à incrémenter ou à décrémenter le contenu de la case mémoire représentant la position, suivant l'état de la ligne EncB (RB1).

Compléter la partie du sous-programme d'interruption, en tenant compte des considérations suivantes :

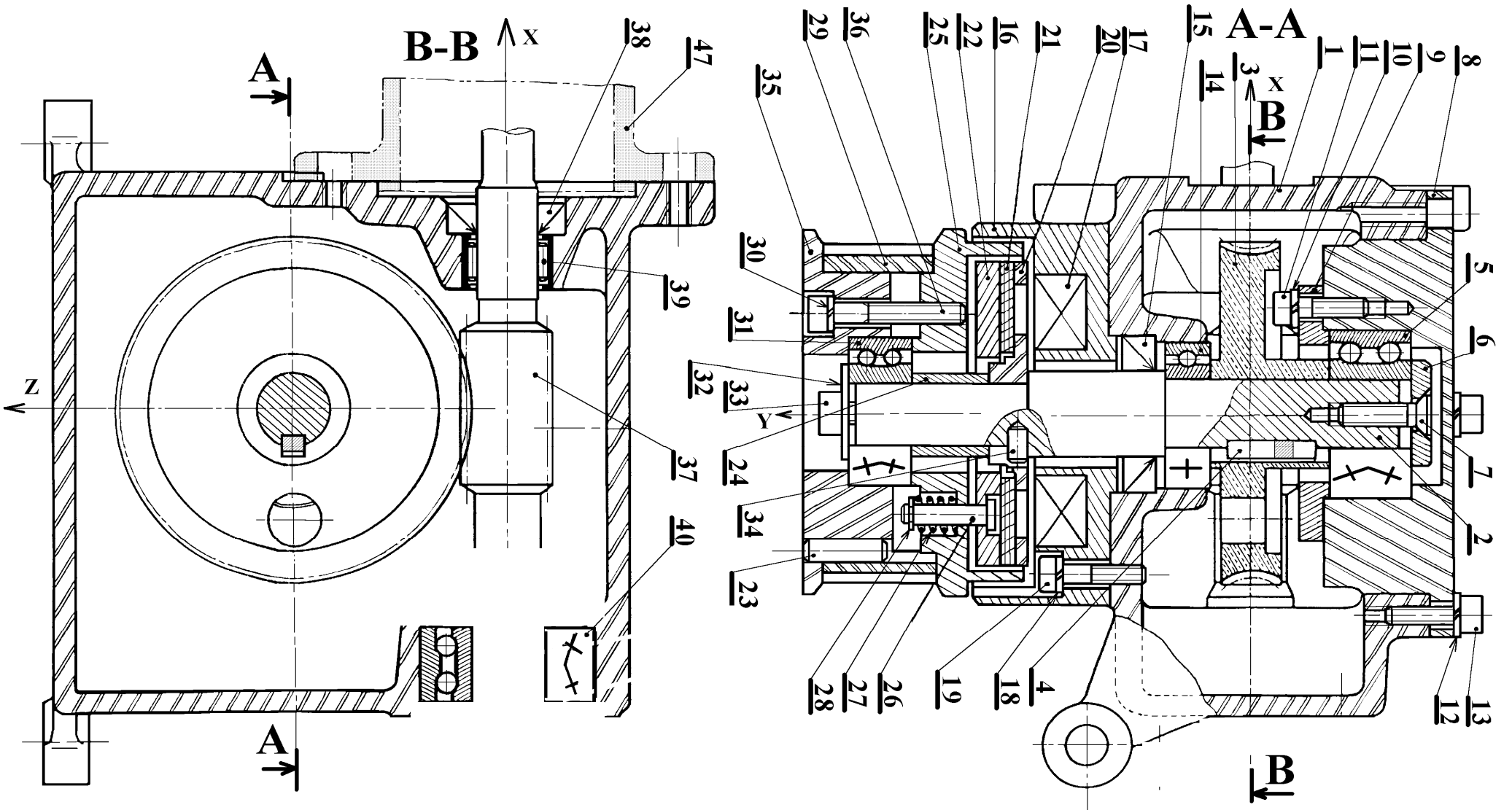
- On appelle **POS** la case-mémoire contenant la position de la porte ;
- L'incréméntation aura lieu si EncB (RB1) est au niveau haut.

- 2.2- Compléter l'organigramme du sous-programme "**Ouvrir_Fermer**" en tenant compte de ce qui suit :

- On appelle **L** la case-mémoire contenant la course maximale de la porte ;
- On appelle **P1** la case-mémoire contenant les 3/4 de la course ;
- On appelle **P2** la case-mémoire contenant le 1/4 de la course ;
- On appelle **Tempo** un sous programme de temporisation tenant compte du temps nécessaire au passage des usagers.



Document DT1



	REDUCTEUR PORTE AUTOMATISEE
--	------------------------------------

Document DT2

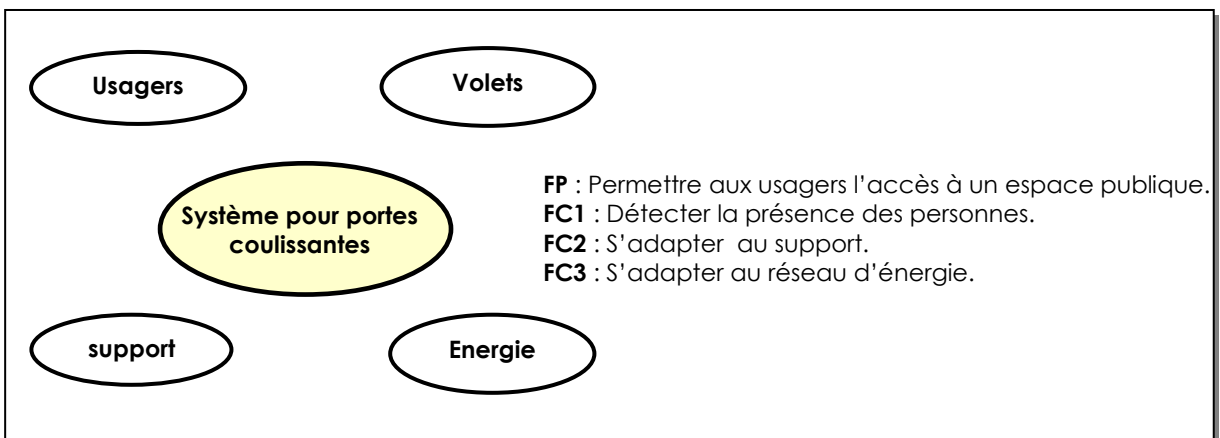
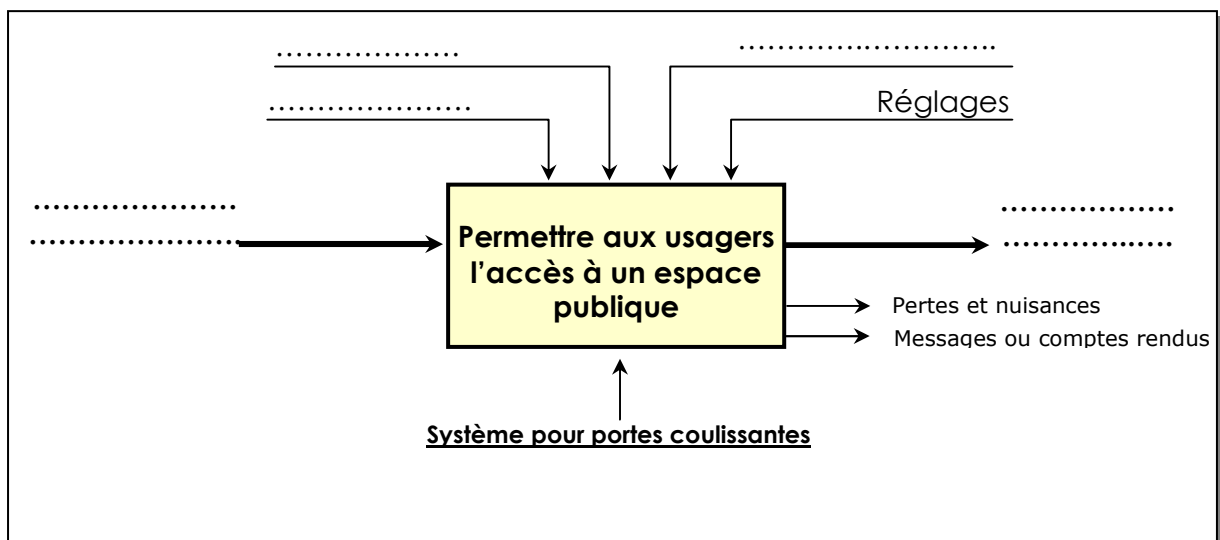
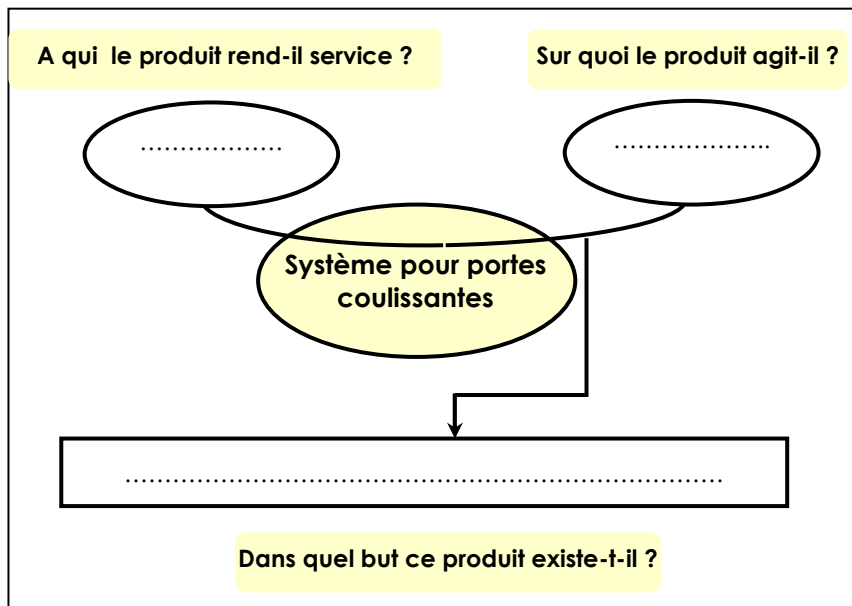
Document réponse **DR1**

schéma de la chaîne fonctionnelle du système

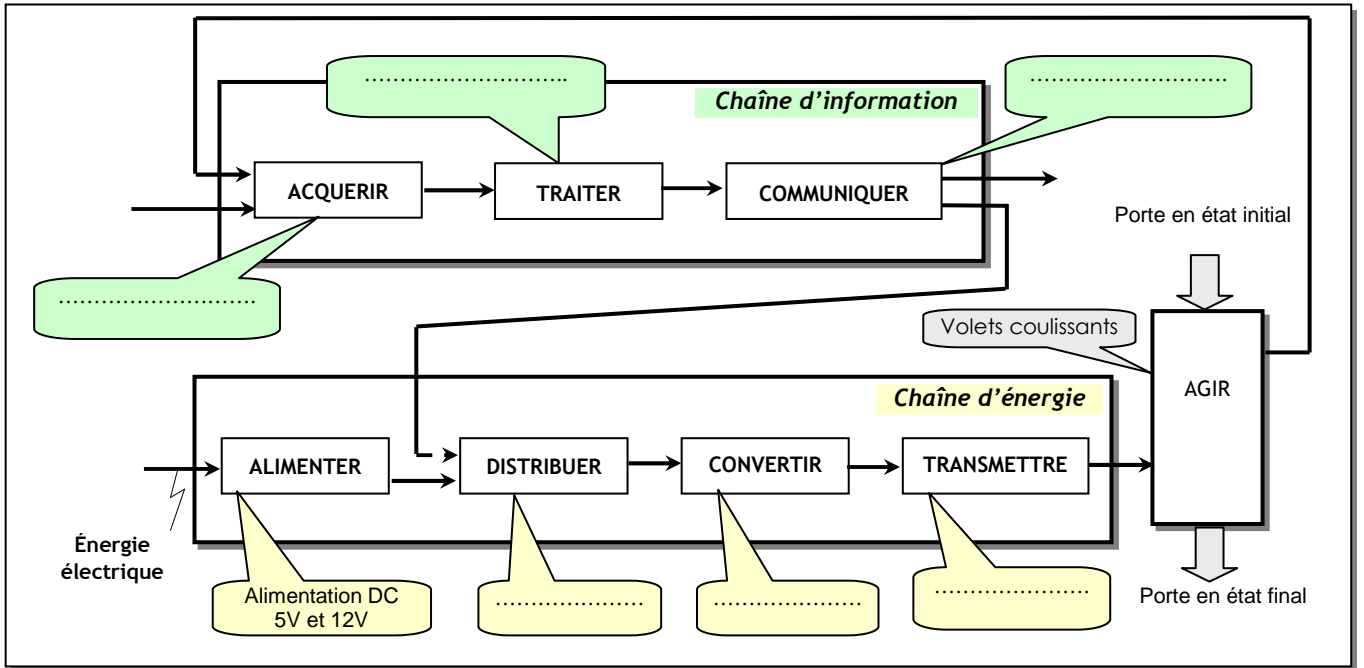


Schéma d'alimentation du moteur

Schéma d'alimentation du moteur OUVERTURE	Schéma d'alimentation du moteur FERMETURE

	État de RB4	État du moteur
$I_M R_{lim} < V_{réf.}$		
$I_M R_{lim} \geq V_{réf.}$		

Document réponse DR3

1 - A partir de la position des éléments définis sur le dessin, compléter dans l'ordre les repères des différentes pièces qui participent à la transmission du couple.



2 - Analyser la liaison entre (21) et (22) en rayant dans le tableau ci-dessous les caractères qui ne conviennent pas.

Partielle	Par adhérence	Elastique	démontable	Indirecte
Complète	Par obstacle	Rigide	non démontable	directe

3- Quand on coupe l'alimentation de la bobine:

3 - 1 - Citer les repères des pièces qui se déplacent :

.....

3 - 2 - Préciser le type de mouvement de celles-ci :

.....

4- Donner la fonction des éléments définis dans le tableau ci-dessous :

Eléments	Fonction
Clavette (4)
Ressort (27)
Rondelle (30)
Joint (15)

5- Quel est le matériau des pièces suivantes :

Le corps (1) :

La roue (3) :

6- Quel est le procédé d'obtention des pièces suivantes :

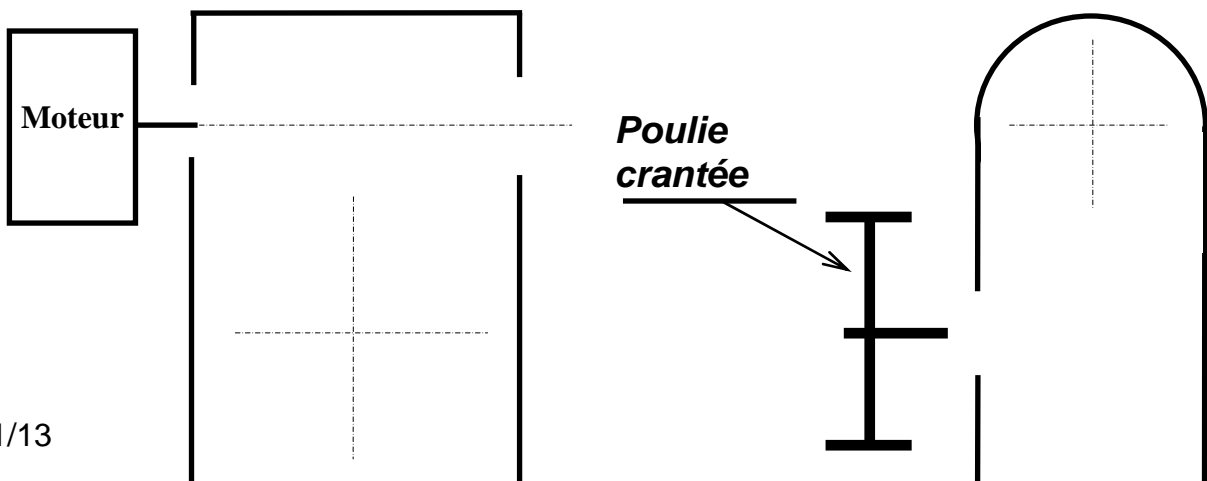
Le corps(1) :

L'arbre (2) :

7- Pourquoi le constructeur a-t-il choisi le réducteur roue et vis sans fin ?

.....

8-1- Compléter le schéma cinématique du réducteur roue et vis sans fin :



8-2- Déterminer la raison du réducteur roue et vis sans fin :

.....
.....

$r = \dots\dots\dots$

8-3- Déterminer la fréquence de rotation de la poulie motrice :

.....

8- 4 - Déterminer la vitesse de translation d'un vantail.....

.....

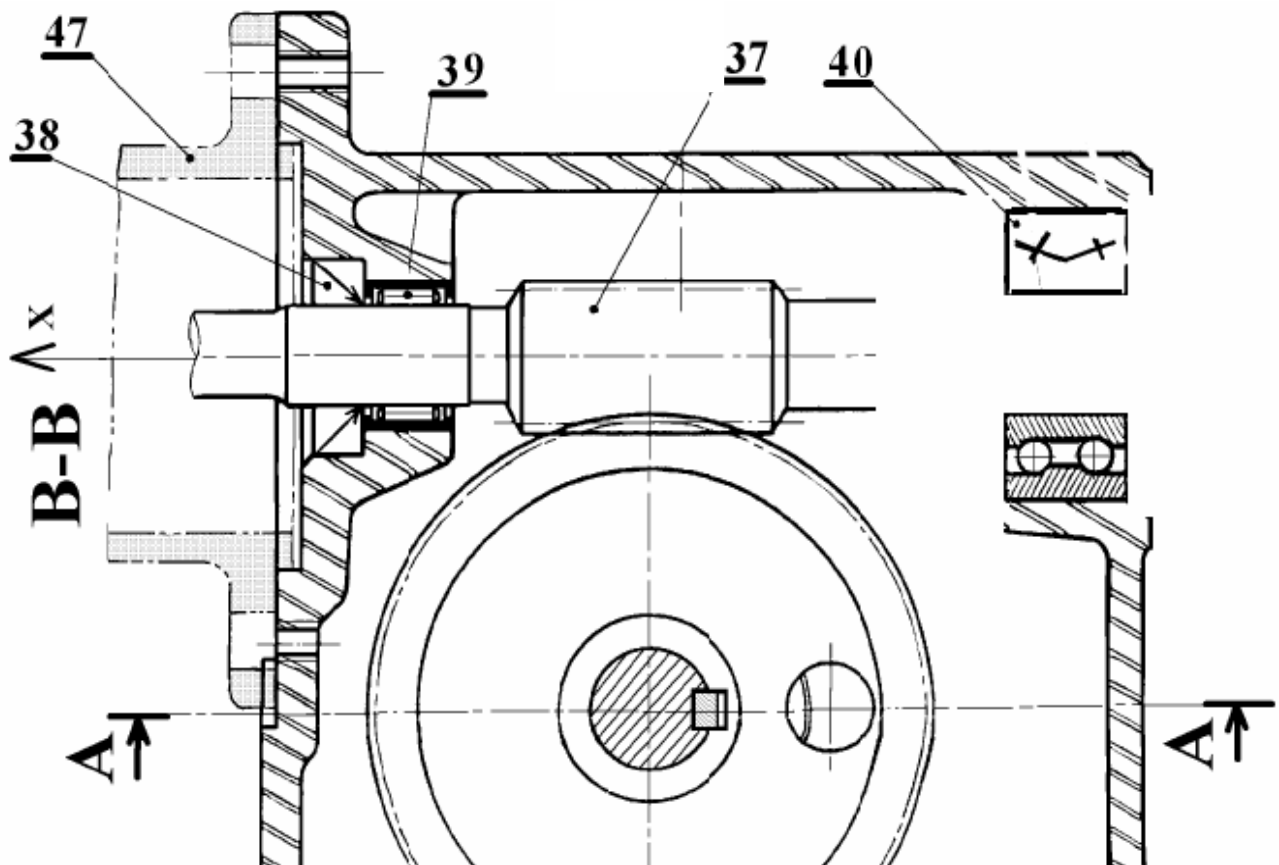
$v = \dots\dots\dots$

9- Travail graphique :

Le guidage en rotation de l'arbre (37) par rapport au corps (1) est assuré par les roulements (39) et (40).

On demande de :

- 9-1- Compléter le montage des roulements ;
- 9-2- Indiquer les tolérances de montage des roulements



Document réponse DR4

