

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique.

Concours nationaux d'entrée aux cycles
de formation d'ingénieurs
Session 2010



الجمهورية التونسية
وزارة التعليم العالي
والبحوث العلمية

المناظرات الوطنية للدخول إلى
مراحل تكوين المهندسين
دورة 2010

Concours Technologie

Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Date : Vendredi 04 Juin 2010

Heure : 8 H

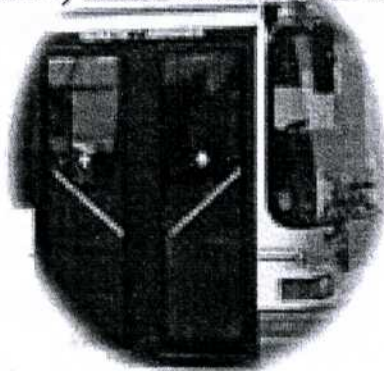
Durée : 5 H

Barème : Partie A : 7 points ; Partie B : 4 points ; Partie C : 5 points ; Partie D : 4 points.

- L'épreuve comporte quatre parties :
A-Technologie de Conception B-Technologie de Production C-Mécanique & RDM D-Automatique.
- Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte :
 - ✓ Deux dossiers : « **Présentation, Données et Hypothèses** » et « **Document réponses** ».
 - ✓ Deux documents techniques : **Dessin d'ensemble (A3)** et **Dessin de définition (A3)**.
- Aucun autre document n'est autorisé.
- L'utilisation des calculatrices de poche non programmables est autorisée.
- Les différentes parties sont indépendantes et doivent être traitées sur le document réponses.
- Un seul dossier document réponses est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, même sans réponses, à la fin de l'épreuve. Le renouvellement de ce dossier est interdit.

DOSSIER

PRESENTATION, DONNEES ET HYPOTHESES



Ce dossier comporte 13 pages numérotées de 1 à 13 :

- Présentation : pages 1 à 3 ;
 - Données et hypothèses Partie A : pages 4 et 5
 - Données et hypothèses Partie B : pages 6 à 8;
 - Données et hypothèses Partie C : pages 9 et 10
 - Données et hypothèses Partie D : pages 11 à 13
-

PORTES MOTORISEES D'AUTOBUS

MISE EN SITUATION

Les portes motorisées d'autobus, point d'entrée et de sortie des passagers et organes de sécurité, s'intègrent dans un cadre humain et matériel (Figure 1). Elles permettent principalement **d'ouvrir ou de fermer l'accès de l'autobus aux passagers et d'éviter l'intrusion d'éléments extérieurs à l'autobus** (air, eau, poussières, etc.). Les portes d'autobus doivent être :

- **Commandées par le conducteur de l'autobus** à partir du poste de conduite ;
- **Adaptées à la géométrie des ouvertures des bus ;**
- **Accessibles en cas d'urgence ou pour la maintenance** moyennant un bouton d'ouverture de secours (Figure 1-b).

En plus, ces portes **ne doivent pas mettre en danger les passagers** à travers un équilibre de sécurité et de flexibilité (ne pas écraser les passagers et ne pas s'ouvrir pendant le trajet).



(a)



(b)

Figure 1 : (a) portes motorisées d'autobus (b) bouton extérieur d'ouverture de secours.

L'ouverture ou la fermeture des portes d'autobus, pour autoriser l'accès ou la descente des passagers, nécessite :

- Le guidage des portes ;
- La manœuvre des portes par production, adaptation et transmission de l'énergie mécanique ;
- La détection de l'état des portes ;
- La possibilité d'effectuer le débrayage de la motorisation.

Le débrayage de la motorisation, nécessite :

- Le développement de l'énergie ;
- La transmission de cette énergie ;
- L'action sur l'accouplement.

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

L'étude portera sur le **mécanisme de motorisation d'une porte d'autobus** défini par le dessin d'ensemble (**Document 1** et sa **nomenclature** page 3). Chacune des deux portes de l'autobus est commandée par un **mécanisme de motorisation** logé dans un caisson en dessus de la porte (Figure 2).

Le **mécanisme de motorisation** est actionné par un motoréducteur électrique (22-23) qui assure, à travers un système roue (37) et vis sans fin (5), l'entraînement en rotation du bras (1) qui permet l'ouverture ou la fermeture de la porte.

Le réducteur roue (37) et vis-sans-fin (5) étant irréversible, alors, un dispositif de sécurité est utilisé pour libérer la porte de la motorisation. Ce dispositif est activé par un bouton de secours (Figure 1.b) qui coupe l'alimentation pneumatique du vérin (16, 18, 19). Le ressort (14) assure alors la sortie de la tige du piston (16) et par suite la rotation de la came (8a) par rapport à la came (8b) ce qui entraîne la montée de l'axe de blocage (35). La forme conique du bout de cet axe permet de faire dégager les trois billes (43) logées entre la roue (37) et le bras (1) et par suite de les débrayer (Document 1 - coupe C-C) ; Le bras (1) devient alors libre et les portes de l'autobus peuvent être ouvertes manuellement.

Pour reprendre le fonctionnement normal du mécanisme (position embrayée), Il suffit d'alimenter le vérin pneumatique ce qui engendre la rotation de la came (8a) par rapport à la came (8b) en sens inverse. Le ressort (10), qui permet de plaquer les deux comes l'une contre l'autre, assure alors la descente de l'axe de blocage (35). La forme conique du bout de cet axe permet alors de loger les trois billes (43) entre la roue (37) et le bras (1) (position embrayée).

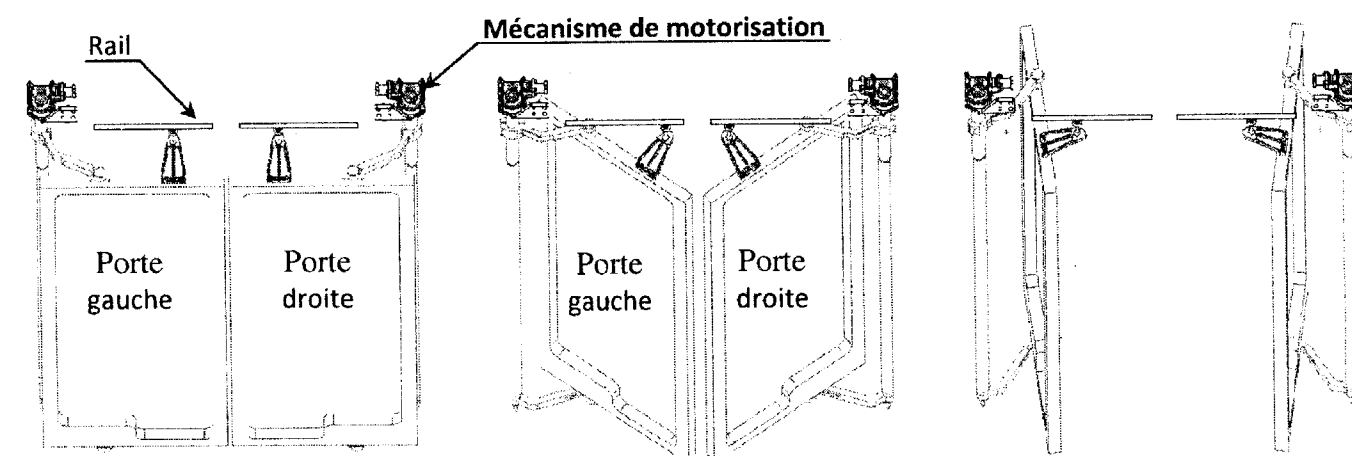


Figure 2 : Principe d'ouverture et de fermeture des portes d'autobus (vues extérieures).

NOMENCLATURE

23	1	Réducteur épicycloïdal			
22	1	Moteur électrique	45	1	Tête du vérin
21	1	Rotule	44	2	Vis CHC
20	1	Entretoise	43	3	Bille
19	1	Piston	42	2	Anneau élastique
18	1	Corps du vérin	41	2	Rondelle
17	1	Support du vérin	40	2	Douille
16	1	Tige	39	2	Palier autolubrifié
15	1	Support moteur	38	2	Bague
14	1	Ressort	37	1	Roue
13	1	Contre-écrou	36	1	Insert levier
12	1	Rotule	35	1	Axe de blocage
11	1	Vis CHC	34	1	Anneau élastique
10	1	Ressort de la came	33	1	Support de potentiomètre
9	1	Levier	32	1	Rondelle d'appui
8	2	Came	31	2	Rondelle élastomère
7	1	Demi carter haut	30	2	Roulement à contact oblique
6	1	Roulement	29	1	Rondelle
5	1	Vis sans fin à un filet	28	1	Ecrou
4	1	Anneau élastique	27	2	Goupille
3	1	Demi-carter bas	26	1	Douille d'accouplement
2	1	Support de fixation	25	1	Axe du motoréducteur
1	1	Bras	24	1	Plaque d'adaptation
Rep.	Nbre	Désignation	Rep.	Nbre	Désignation

PARTIE A : TECHNOLOGIE DE CONCEPTION**DONNEES ET HYPOTHESES**

- **Moteur électrique (22) :** Voir caractéristiques figure A.1
- **Réducteur épicycloïdal (23) :** (Figure A.2)
 - Rapport de réduction : $r_1 = \frac{N_{25}}{N_{22}} = \frac{1}{18}$;
 - Rendement : $\eta_1 = 0,72$;
 - Nombre de dents des pignons : $Z_{22} = 9, Z_{23a} = 36, Z_{23b} = 12$.
- **Réducteur roue (37) et vis sans fin (5) :**
 - Rapport de réduction : $r_2 = \frac{N_{37}}{N_5} = \frac{1}{37}$;
 - Rendement : $\eta_2 = 0,5$.
- **Bras (1) :**
 - Vitesse de rotation supposée constante (mouvement uniforme) ;
 - Angle balayé en phase d'ouverture : 87° en 3s (d'après le cahier de charges).

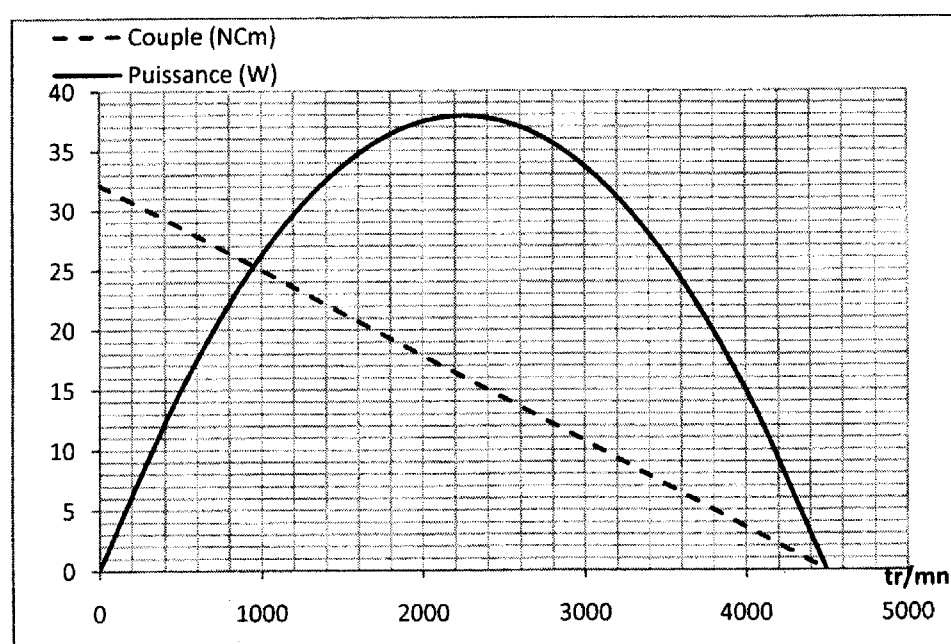


Figure A.1 : Caractéristiques du moteur électrique (22).

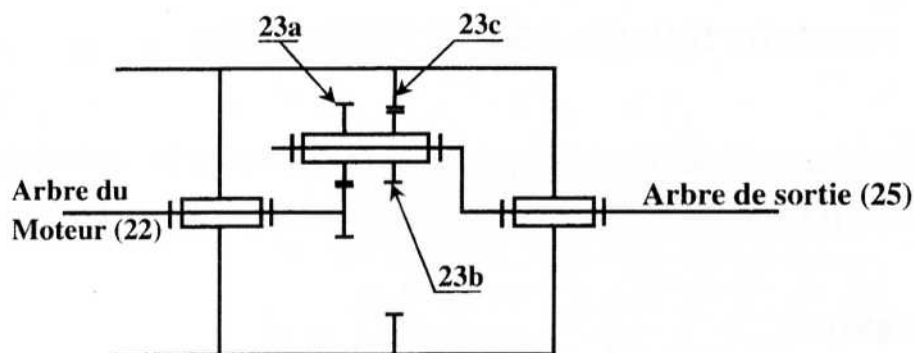


Figure A.2 : Schéma cinématique minimal du réducteur épicycloïdal (23).

AIDE MEMOIRE : Transmission par cannelures :

La condition de non-matage est définie par l'expression suivante :

$$\frac{C}{S' \cdot L \cdot R_{moy}} \leq p_{adm}$$

- ✓ C : couple à transmettre (Nmm).
- ✓ S' : surface réelle d'appui par mm de longueur de contact (mm^2/mm).
- ✓ L : longueur de contact arbre-alésage (mm).
- ✓ $S = S' \cdot L$: surface totale réelle d'appui.
- ✓ $R_{moy} = \frac{D+d}{4}$: rayon moyen à mi-hauteur d'une cannelure (mm).
- ✓ p_{adm} : pression admissible sur les flancs des cannelures (MPa).

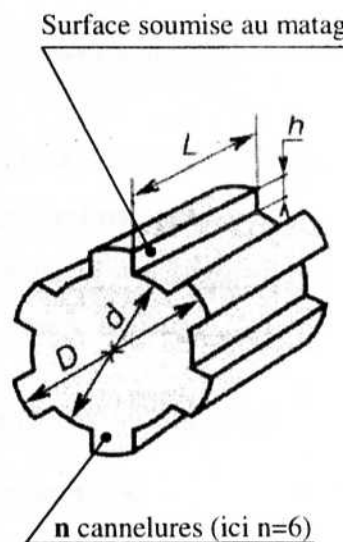
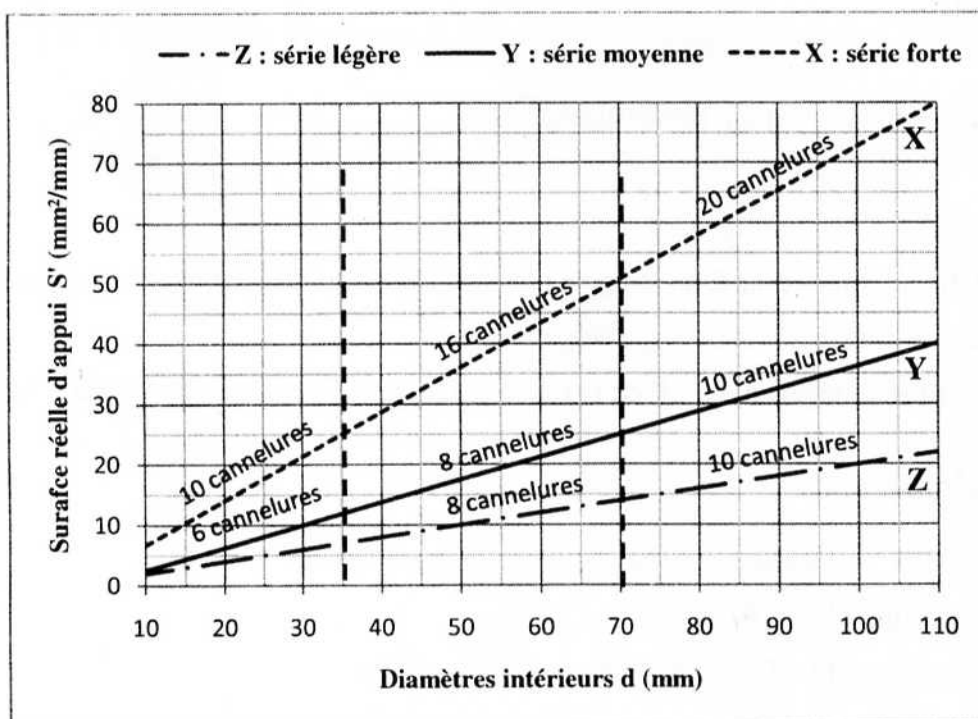


Figure A.2 : Détermination de la surface réelle d'appui (S') dans une transmission par cannelures.

PARTIE B : TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

On se propose d'étudier la fabrication du support moteur (15) dont le dessin de définition est représenté dans le document B.1.

B.1. OBTENTION DU BRUT

L'obtention du brut de la pièce (15) est assurée par moulage en coquille par gravité noyauté (voir annexe page 8). Le matériau utilisé pour le moulage est le GE 295 qui présente **un coefficient de retrait de 1,1%**. Le moulage est réalisé avec une **surépaisseur d'usinage de 1,5 mm**. Les surfaces à usiner sont numérotées de 1 à 14 et toutes les autres surfaces resteront brutes (Document B.1).

B.2. ETUDE DE FABRICATION : Rédaction du projet d'usinage

Pour l'usinage du support moteur (15), on utilisera des machines outils à Commande Numériques (CN). La gamme prévisionnelle proposée prévoit les phases suivantes :

Phases	Opérations	Procédés
10	Contrôle du brut	
20	Usinage des surfaces 1, 2, 3, 4 et 8.	Fraisage en CN
30	Usinage des surfaces : 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13 et 14.	Fraisage en CN
40	Contrôle final	

La série prévue est de 400 pièces par an, renouvelable.

B.3. ETUDE DE LA COUPE

L'usinage en fraisage des surfaces 5 et 6 du support moteur (15) est réalisé simultanément, sur une fraiseuse à commande numérique, par contournage (Figure B.1).

La longueur d'approche (a) et le dégagement (d) de la fraise par rapport à la pièce sont : $a = d = 5\text{ mm}$

Les données de coupe choisies sont :

- Fraise en ARS : Diamètre : $\varnothing 32$; Nombre de dents : $z = 8$
- Vitesse de coupe : $V_c = 34 \text{ m/mn}$
- Avance par dent : $f_z = 0,06 \text{ mm/dent}$

a : approche = 5mm

d : dégagement = 5mm

RT : rayon du trajet de la fraise lors du contournage

RF : Rayon de la fraise = 16 mm

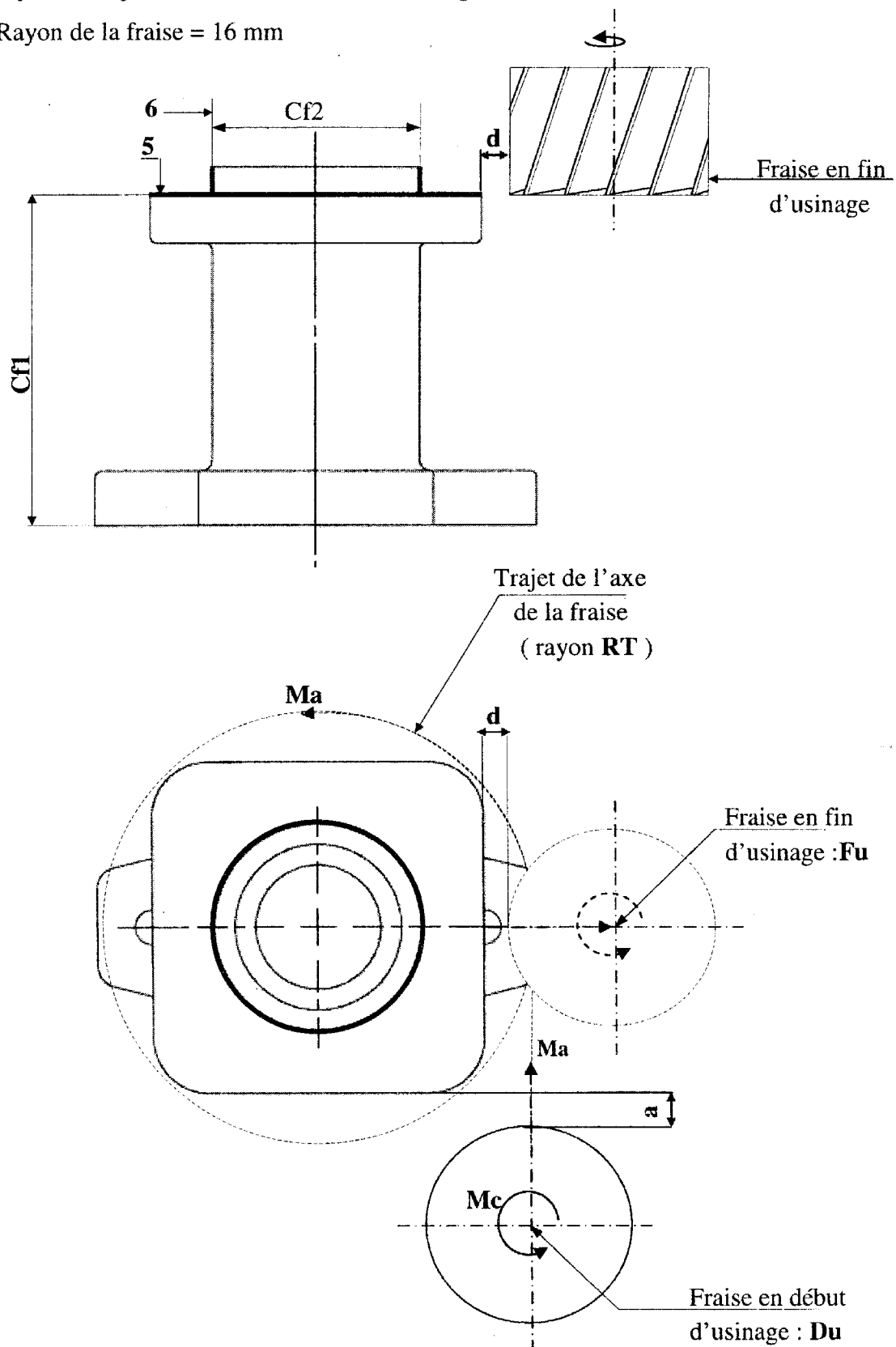


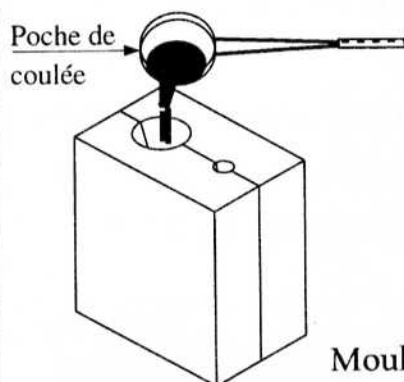
Figure B.1 : Usinage des surfaces 5 et 6 par contournage.

ANNEXE : Moulage en coquille par gravité

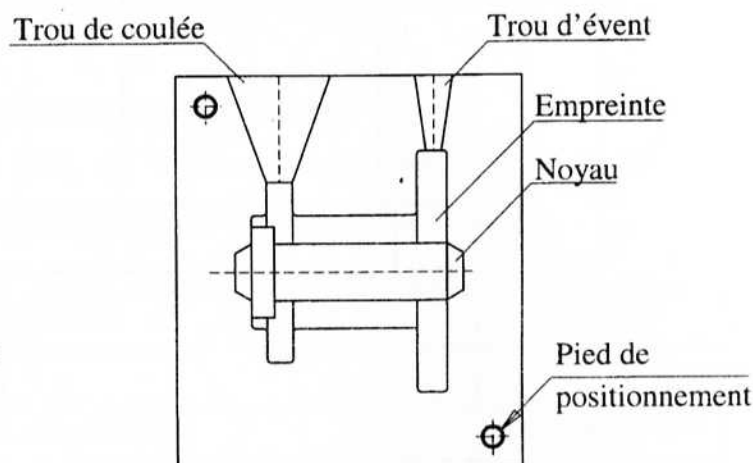
C'est un moulage permanent en moule métallique. Il peut supporter plusieurs coulées successives avant sa mise hors service. Le remplissage et l'alimentation sont assurés par gravité. Le moule étant appelé coquille d'où la désignation courante de ce procédé de moulage : coulée en coquille par gravité.

Champ d'application :

Ce procédé de moulage permet de réaliser des pièces ayant de bonnes caractéristiques géométriques et dimensionnelles, de précision allant jusqu'à 0,1 mm. Les moules en fonte ou en acier permettent de réaliser une production en séries.

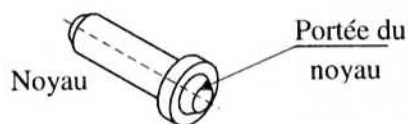
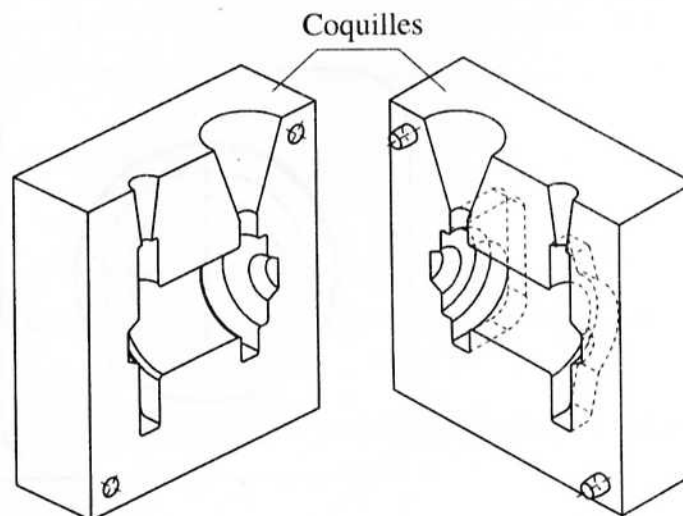


Moule Fermé



Verrouillage des coquilles :

Pendant la coulée du métal en fusion, il est nécessaire de maintenir les coquilles en position fermée. Les mécanismes utilisés sont actionnés manuellement ou mécaniquement.



Noyaux et Broches :

Permettent de réaliser des formes en creux dans les pièces moulées, ceux-ci sont réalisés en acier ou en sable.

Poteyage :

La coulée du métal liquide en fusion entraîne une oxydation de l'empreinte et une dissolution possible des éléments de la composition chimique du matériau des coquilles, des noyaux et des broches. Pour remédier à cet inconvénient, un revêtement est déposé dans le moule avant la coulée, ce revêtement est appelé poteyage.

PARTIE C – MÉCANIQUE & RDM

C.1. MÉCANIQUE :

Le mécanisme de la porte d'autobus, modélisé par le schéma cinématique de la figure C.1, est composé de :

- Un châssis d'autobus (0), auquel on attache le repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z})$ supposé galiléen ;
- Un bras (1), en liaison pivot d'axe (O, \vec{z}) avec le châssis (0), auquel on attache le repère $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z})$ tel que $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$ et $\overrightarrow{OA} = a\vec{x}_1$;
- Une porte (2), en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}) avec le bras (1) d'une part et en liaison linéaire annulaire d'axe (C, \vec{y}_0) avec le châssis (0) d'autre part. A la porte (2) on attache le repère $R_2(O, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z})$ tel que $\beta = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$ et $\overrightarrow{OC} = b\vec{x}_0 + y\vec{y}_0$;

Le bras (1) est assimilé à une tige de longueur a , de masse m et de centre d'inertie G_1 . La porte est assimilée à une plaque rectangulaire ($c \times h$) infiniment mince, homogène, de masse M et de centre d'inertie G_2 (Figure C.2).

Toutes les liaisons sont supposées parfaites.

Le bras (1) est entraîné en rotation par un couple : $\vec{C}_1 = C_1\vec{z}$.

Le champ de pesanteur est définie par : $\vec{g} = -g\vec{z}$.

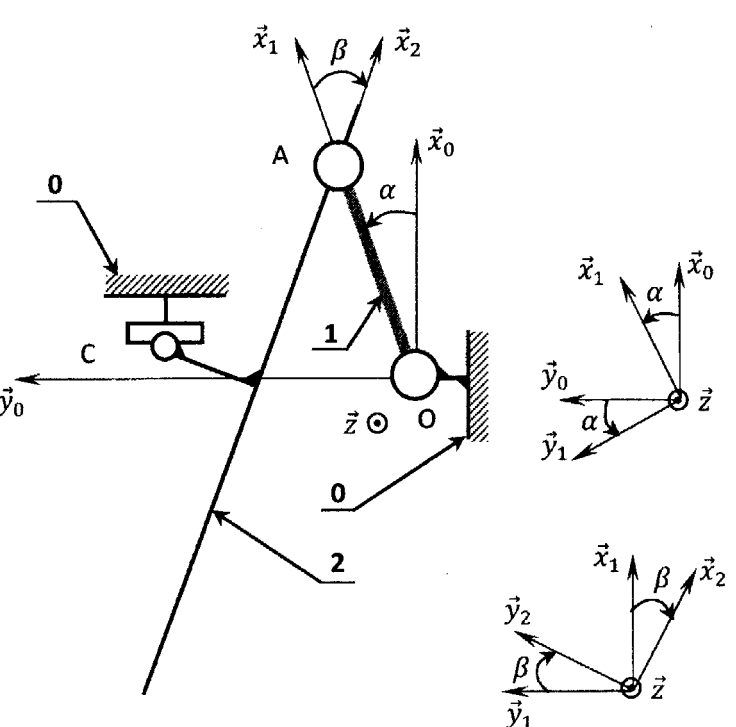


Figure C.1 : Schéma cinématique minimal du mécanisme de la porte d'autobus.

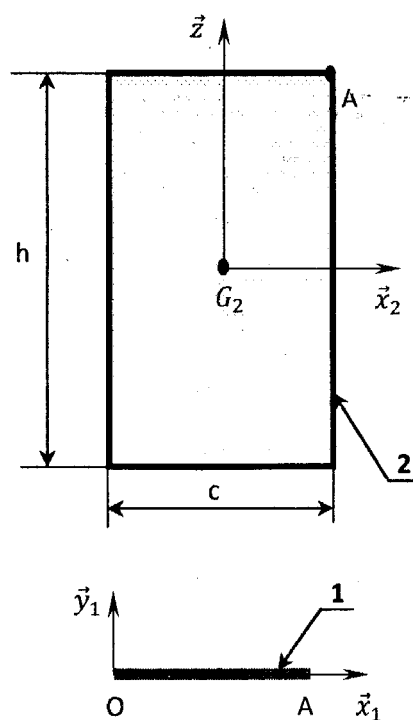
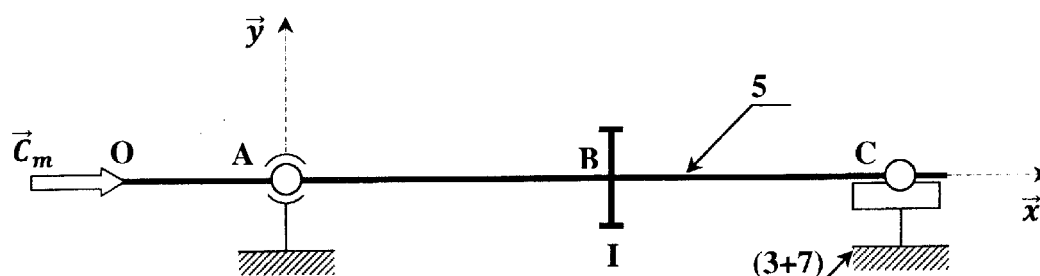


Figure C.2 : Modèles adoptés dans l'étude dynamique du bras (1) et de la porte (2).

C.2. STATIQUE ET RESISTANCE DES MATERIAUX

La vis sans fin (5) et sa classe d'équivalence sont modélisées par la figure C.3 suivante.



$$OA = a = 27 \text{ mm}, AB = b = 45 \text{ mm}, AC = c = 81 \text{ mm}, BI = r = 12 \text{ mm}$$

Figure C.3: Modèle adopté dans l'étude statique et RDM de la vis sans fin (5).

- L'action d'engrènement de la roue (37) sur la vis sans fin (5) est définie au point I, dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$, par le torseur suivant :

$$\{T_3\}_I = \left\{ \begin{array}{c|c} X_I & 0 \\ Y_I & 0 \\ Z_I & 0 \end{array} \right\}_I \quad \text{où } X_I = Z_I \cdot \tan(\beta) ; Y_I = \frac{Z_I}{\cos(\beta)} \cdot \tan(\alpha)$$

avec $\alpha = 20^\circ$: angle de pression et $\beta = 85^\circ$: angle d'hélice de la vis sans fin (5).

- Le couple exercé par le motoréducteur sur la vis sans fin (5) est défini par :

$$\vec{C}_m = C_m \vec{x} \quad \text{avec } C_m = 1,35 \text{ Nm.}$$

- La vis sans fin (5) est en acier de caractéristiques :

$$Re = \sigma_e = 360 \text{ MPa}, Rpg = \tau_p = 80 \text{ MPa}, E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa}, G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa.}$$

- La goupille (27) est en acier de caractéristiques :

$$Re = \sigma_e = 260 \text{ MPa}, Rpg = \tau_p = 65 \text{ MPa.}$$

- On prendra, en cas de besoin, un coefficient de sécurité : $s = 2$.

PARTIE D – AUTOMATIQUE

La présente étude est composée de deux parties (**D.1** et **D.2**) indépendantes :

- **D.1** : traite la commande séquentielle des portes motorisées d'autobus ;
- **D.2** : est axée sur l'asservissement des vitesses des moteurs en vue d'assurer l'ouverture ou la fermeture des portes.

D.1. COMMANDE SEQUENTIELLE

L'objectif de cette partie est d'établir une commande séquentielle du système d'ouverture et de fermeture des portes. Les deux portes P_1 et P_2 , qui permettent de gérer l'accès à l'autobus, peuvent se déplacer entre les contacts de fin de course a_1 et b_1 , respectivement a_2 et b_2 . Ces déplacements sont assurés par deux moteurs, à double sens de marche, commandés par les actions D_1 et G_1 , respectivement D_2 et G_2 (Figure D.1).

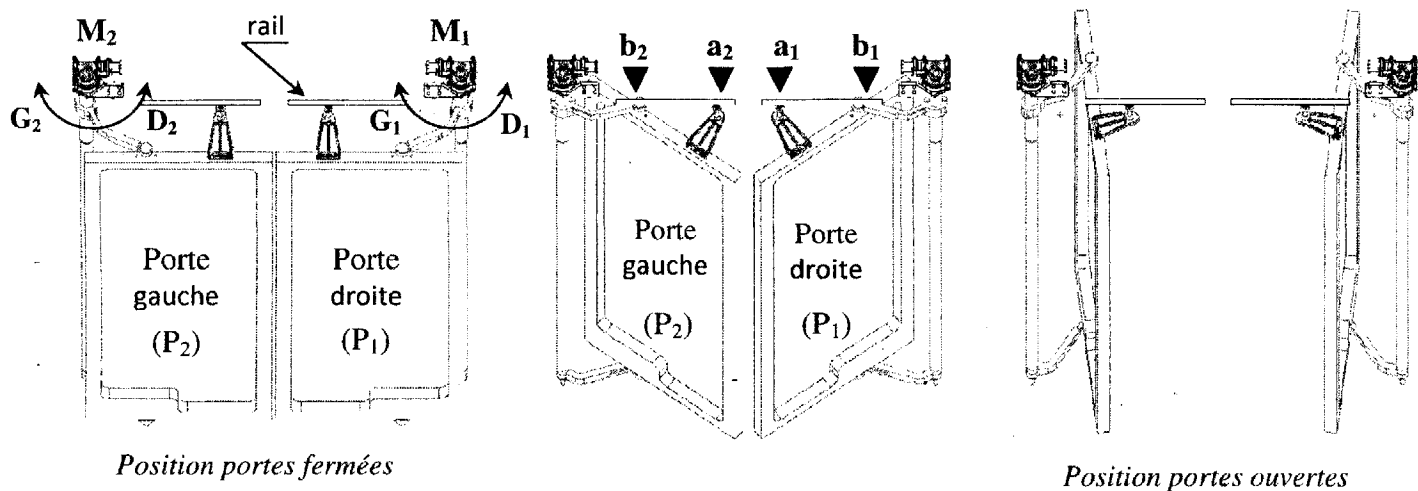


Figure D.1 : Principe de fonctionnement des portes motorisées d'autobus.

Les notations utilisées sont les suivantes :

Abréviation	Description
D_1	Action de rotation à droite du moteur M_1
G_1	Action de rotation à gauche du moteur M_1
D_2	Action de rotation à droite du moteur M_2
G_2	Action de rotation à gauche du moteur M_2
a_1	Contact de fin de course gauche du moteur M_1
b_1	Contact de fin de course droite du moteur M_1
a_2	Contact de fin de course droite du moteur M_2
b_2	Contact de fin de course gauche du moteur M_2

Initialement, les deux portes sont fermées et les contacts a_1 et a_2 sont actionnés ($a_1=1$ et $a_2=1$).

Cycle de fonctionnement :**➤ Séquence d'ouverture des portes :**

- Lorsque l'opérateur appuie sur le bouton poussoir (\mathbf{m}_1), le moteur M_1 tourne à droite (\mathbf{D}_1) tandis que le moteur M_2 tourne à gauche (\mathbf{G}_2).
- La porte qui atteint sa butée de fin de course s'arrête.

La fermeture des portes P_1 et P_2 ne peut commencer que lorsque P_1 arrive en \mathbf{b}_1 et P_2 en \mathbf{b}_2 .

➤ Séquence de fermeture des portes :

- Lorsque les portes sont ouvertes et l'opérateur appuie sur le bouton poussoir (\mathbf{m}_2), le moteur M_1 tourne à gauche (\mathbf{G}_1) tandis que le moteur M_2 tourne à droite (\mathbf{D}_2).
- Le cycle se termine lorsque les portes P_1 et P_2 sont arrivées respectivement en \mathbf{a}_1 et \mathbf{a}_2 .
- Un nouveau cycle ne peut commencer que si les deux portes sont en position de fermeture (P_1 en \mathbf{a}_1 et P_2 en \mathbf{a}_2) et si l'opérateur appuie de nouveau sur (\mathbf{m}_1).
- Pour des raisons de sécurité, l'appui sur le bouton poussoir (\mathbf{m}_1) au cours de la séquence de fermeture provoque instantanément l'ouverture des portes P_1 et P_2 .

Les vitesses de déplacement des portes sont quelconques et les longueurs des rails à parcourir sont identiques.

D.2. ASSERVISSEMENT

Les deux moteurs à courant continu M_1 et M_2 , supposés identiques, sont commandés chacun par son induit. On s'intéresse, dans cette partie, à l'étude de l'asservissement de la vitesse du moteur M_1 . Le comportement électromécanique de ce moteur est défini par les équations suivantes :

$$u(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + e(t) \quad (1)$$

$$e(t) = K_e \omega(t) \quad (2)$$

$$C_m(t) = K_t i(t) \quad (3)$$

$$C_m(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} + f\omega(t) + C_r(t) \quad (4)$$

Liste des variables	
$u(t)$	Tension d'alimentation du moteur
$i(t)$	Courant d'induit du moteur
$e(t)$	Force contre-électromotrice du moteur
$\omega(t)$	Vitesse de rotation du moteur
$C_m(t)$	Couple moteur
$C_r(t)$	Couple résistant équivalent ramené sur l'arbre du moteur

Liste des paramètres	
L	Inductance de l'induit
R	Résistance de l'induit
J	Inertie totale rapportée à l'arbre du moteur
f	Coefficient des frottements visqueux
K_t	Coefficient du couple moteur
K_e	Coefficient de la force contre-électromotrice du moteur

On suppose que :

- Les conditions initiales de toutes les grandeurs sont nulles ;
- p représente l'opérateur de Laplace ;
- $X(p)$ représente la transformée de Laplace de $x(t)$ notée par : $X(p) = \mathcal{L}[x(t)]$;
- $\Omega(p)$ représente la transformée de Laplace de $\omega(t)$ notée par : $\Omega(p) = \mathcal{L}[\omega(t)]$.

Le schéma fonctionnel du moteur est donné par la figure D.2 ci-dessous.

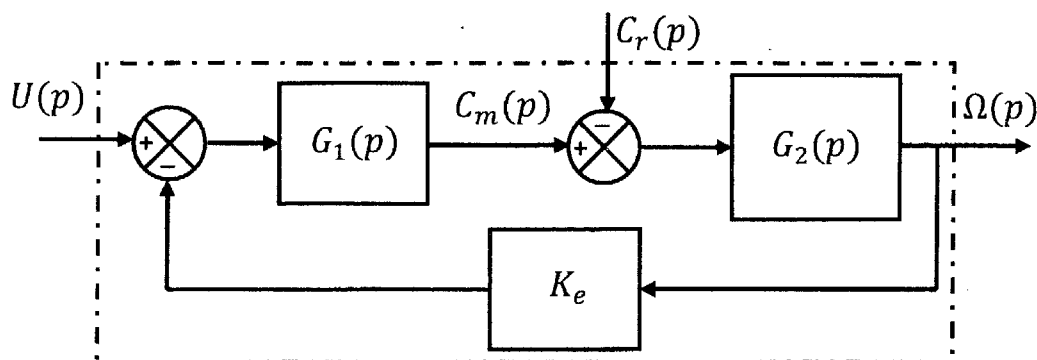


Figure D.2 : Schéma fonctionnel du moteur.

Le schéma fonctionnel du système en boucle fermée est donné par la figure D.3. Un amplificateur de puissance, de gain $A = 5$, est inséré dans la chaîne de régulation afin d'amplifier le signal délivré par le correcteur. La génératrice tachymétrique, de gain $Kg = 0.1 \text{ v/rad/s}$, délivre une tension proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur $\omega(t)$. On désigne par $C(p)$ la fonction de transfert du correcteur et par $G(p)$ celle du moteur.

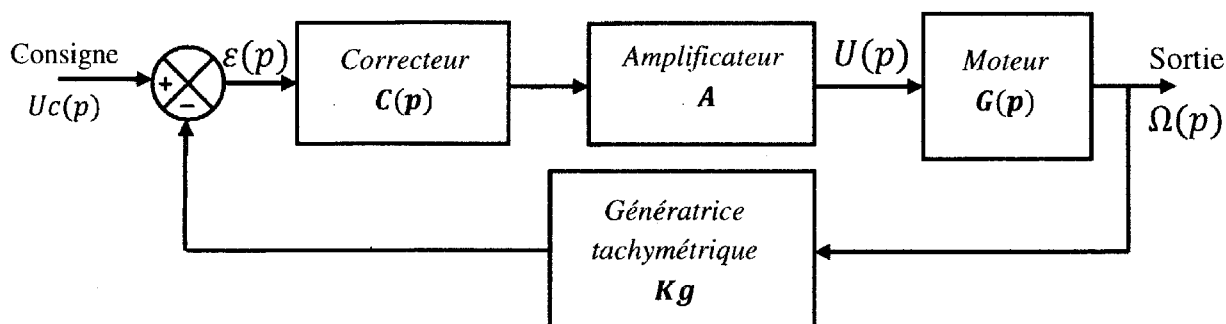
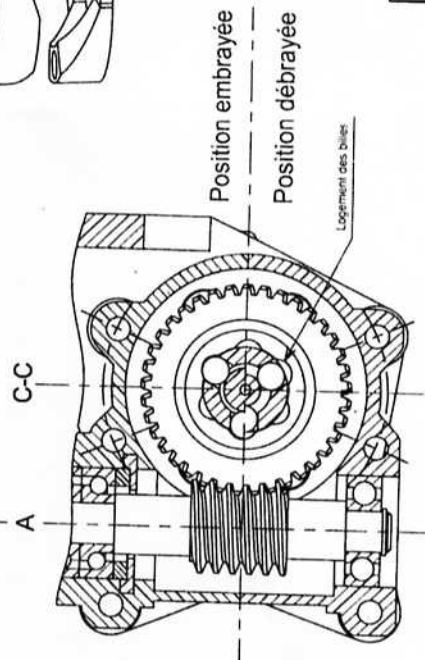
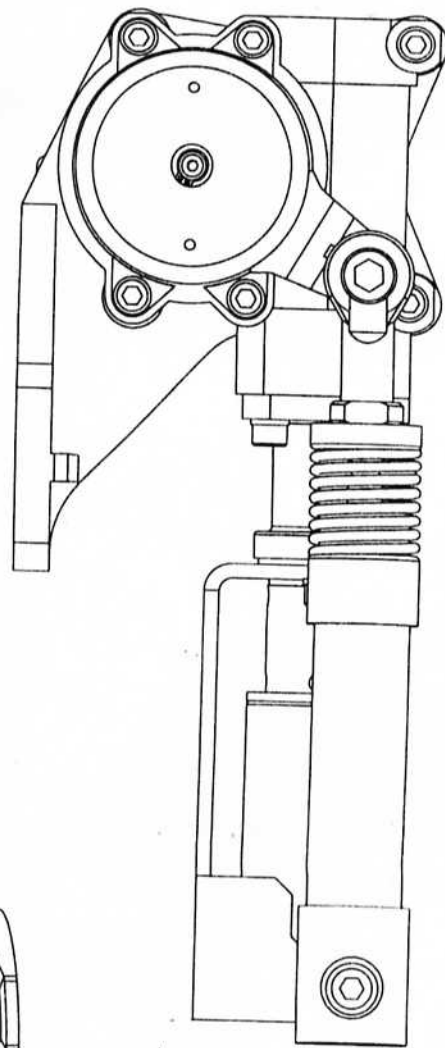
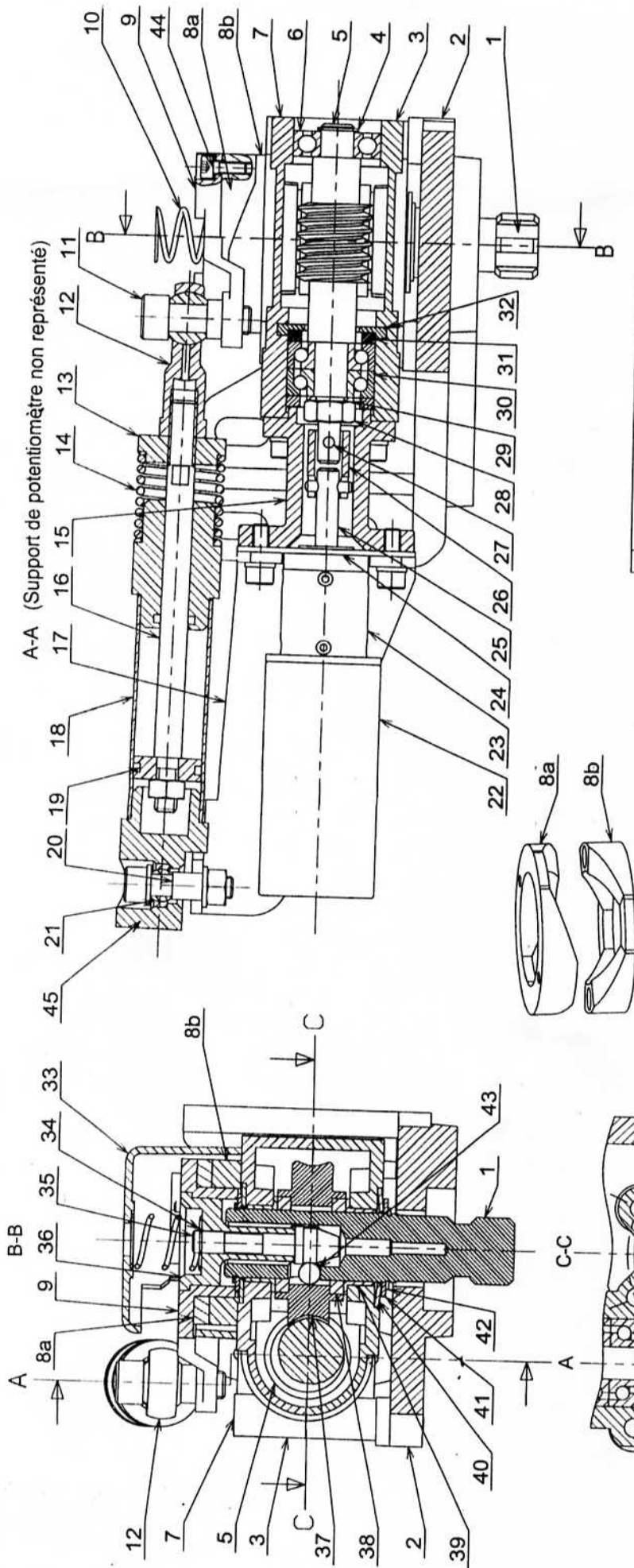


Figure D.3 : Schéma fonctionnel du système en boucle fermée.



Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Session 2010

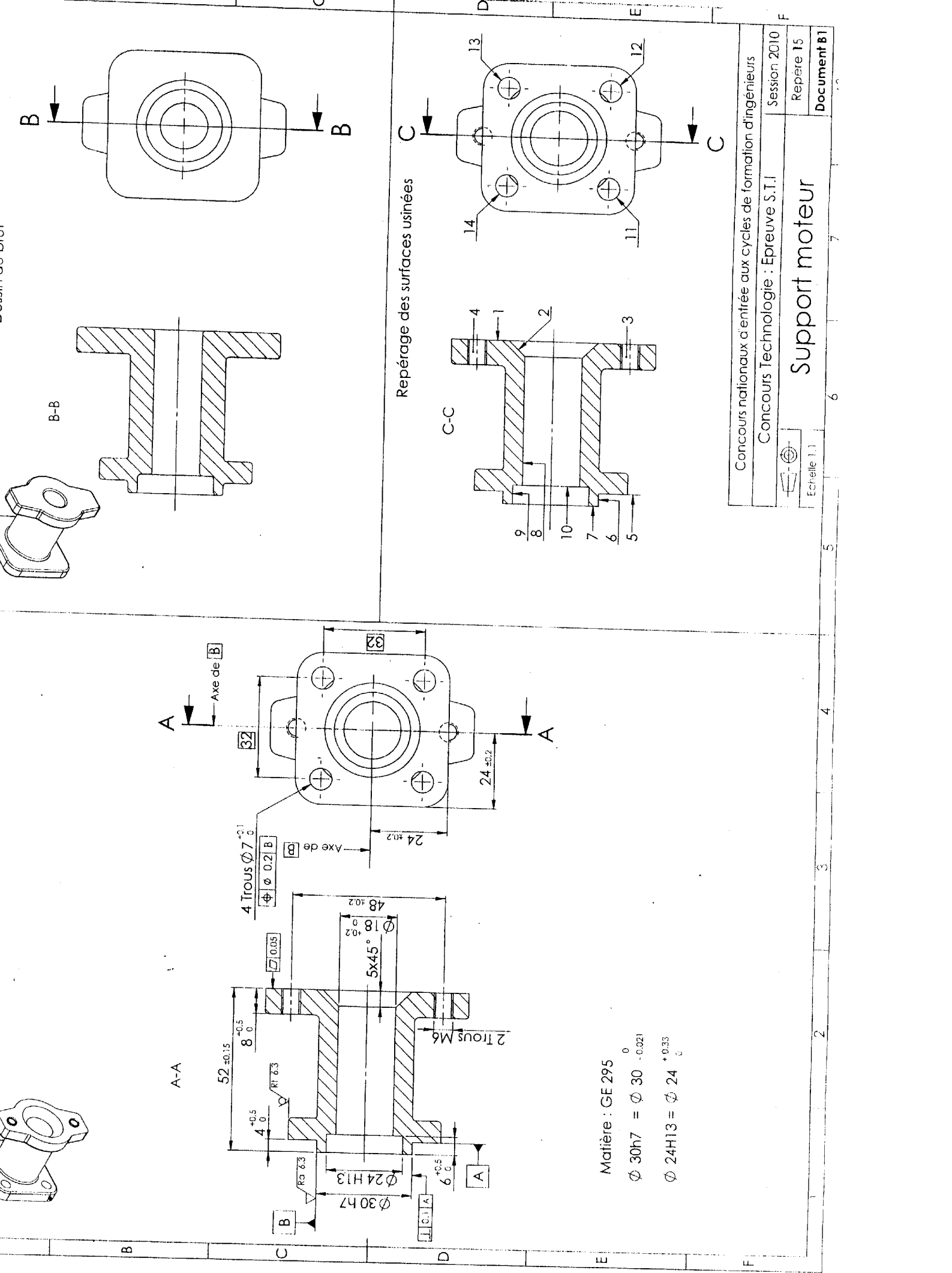
MECANISME DE MOTORISATION

Ech 2 : 3

Le 04 / 06 / 2010

D'UNE PORTE D'AUTOBUS

Document 1



Matière : GE 295

$\Phi 30_{-0.021}^{+0} = \Phi 30$

$\Phi 24_{+0.33}^{+0} = \Phi 24$

Repérage des surfaces usinées

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Technologie : Epreuve S.T.I.

Session 2010

Repère 15

Document B1

Support moteur

Echelle 1:1

Echelle 1:1