

- Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses ;
- Les documents réponses doivent être obligatoirement joints à la copie du candidat même si ils ne comportent aucune réponse ;
- Aucun document n'est autorisé ;
- Sont autorisées les calculatrices non programmables.

1- MISE EN SITUATION

Le manipulateur industriel pour poche de coulée (figure 1) est un outil essentiel dans les fonderies et les installations de moulage des métaux, conçu et utilisé pour transporter un métal en fusion.

Le manipulateur, objet de l'étude, permet à un **mouliste** en toute sécurité de pouvoir **soulever, maintenir, déplacer et de basculer une poche de coulée** contenant l'aluminium liquide depuis une zone de fusion vers une zone de coulée.

Afin de remplir sa fonction ergonomique, le manipulateur doit assurer à la poche de coulée trois mouvements (figure 2) :

- Une translation verticale suivant la direction **Y** pour soulever la poche de coulée à la hauteur du moule ;
- Une translation horizontale suivant la direction **X** pour déplacer la poche de coulée vers la zone de coulée ;
- Une rotation d'axe **Z** pour basculer la poche de coulée versant ainsi l'aluminium fondu dans le moule.

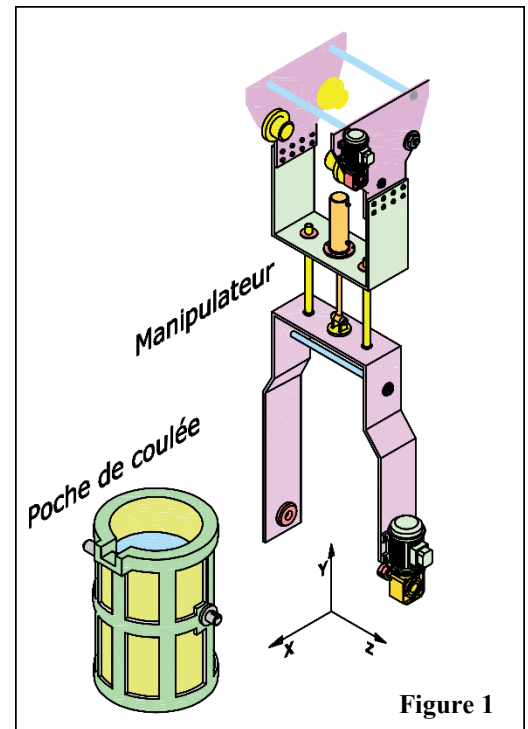


Figure 1

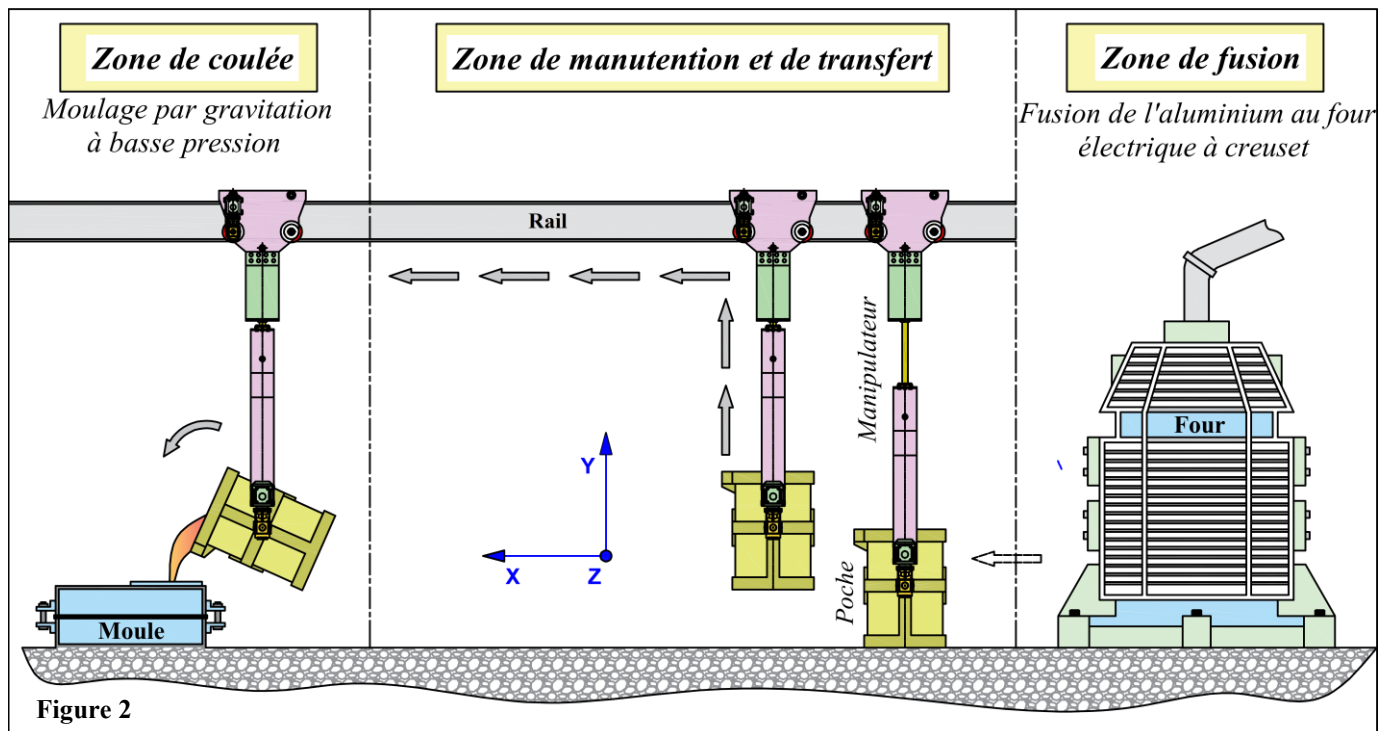


Figure 2

2- PRESENTATION ET DESCRIPTION DU MANIPULATEUR

Le manipulateur de la poche de coulée étudié est composé principalement de (figures 3 et 4) :

- Un chariot de transfert sur rails motorisé suivant la direction **X** comportant les éléments suivants :
 - Deux **galets moteurs** pour propulser le manipulateur le long des rails de guidage ;
 - Deux **galets fous** (non motorisés) pour assurer un mouvement stable et fluide du manipulateur ;
 - Deux **motoréducteurs** identiques **MR1** et **MR2** pour motoriser les deux galets moteurs ;
 - Un **vérin hydraulique** à double effet **V** alimenté par une motopompe **MP4** (non représentée) pour soulever et maintenir la poche de coulée suivant la direction **Y**.

- Un bras de manutention actionné verticalement par le vérin V suivant la direction Y et guidé en translation par deux colonnes cylindriques. Ce bras comporte les éléments suivants :
 - Un **motoréducteur MR3** pour basculer la poche de coulée autour de l'axe Z ;
 - Un **accouplement** élastique pour transmettre la rotation à la poche de coulée ;
 - Deux **paliers** à coussinets pour guider la poche de coulée en rotation.

Nota : Les motoréducteurs **MR1**, **MR2** et **MR3** sont équipés de freins à manque de courant.

- Autres équipements non représentés :
 - Des **capteurs T.O.R** détectant les limites haute et basse de la poche, les limites droite et gauche du chariot de transfert, la présence du moule et la présence de la poche en position de coulée ;
 - Une **manette** (Joystick) **J1** à deux axes commandant le déplacement horizontal (à droite et à gauche) et le déplacement vertical (en haut et en bas) de la poche de coulée ;
 - Une **manette** (Joystick) **J2** à un axe commandant le basculement en avant ou en arrière de la poche de coulée ;
 - Un **codeur incrémental** détectant la position angulaire de la poche pendant le basculement ;
 - Une armoire électrique contenant :
 - ✓ Deux contacteurs **KM1** et **KM2** commandant les deux moteurs asynchrones triphasés **M1** et **M2** ;
 - ✓ Un **variateur de vitesse** commandant le moteur asynchrone triphasé **M3** ;
 - ✓ Un automate programmable industriel **A.P.I** pour gérer le fonctionnement du système ;
 - ✓ L'appareillage de commande et de protection.

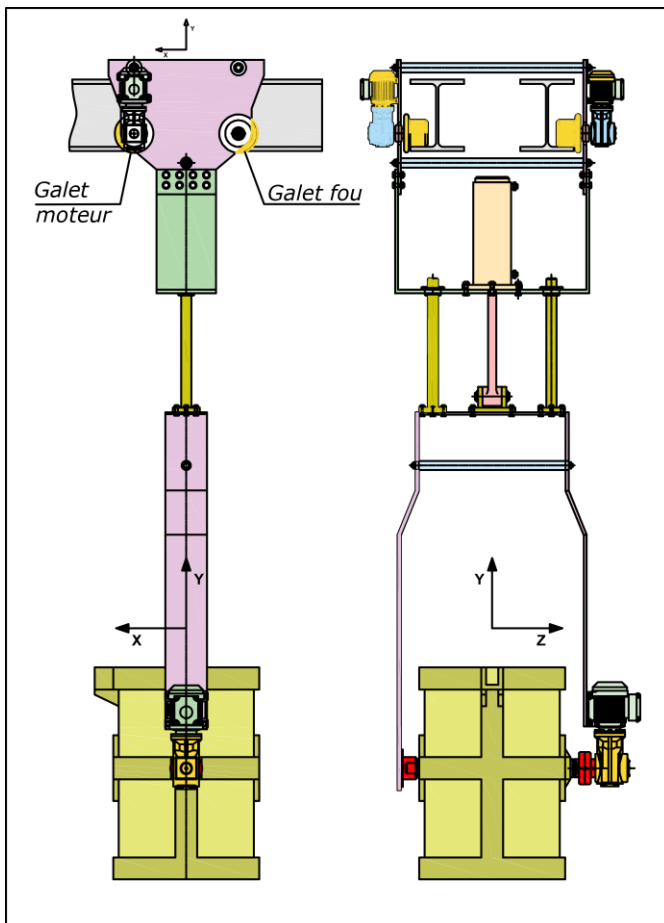


Figure 3 : Vue plane

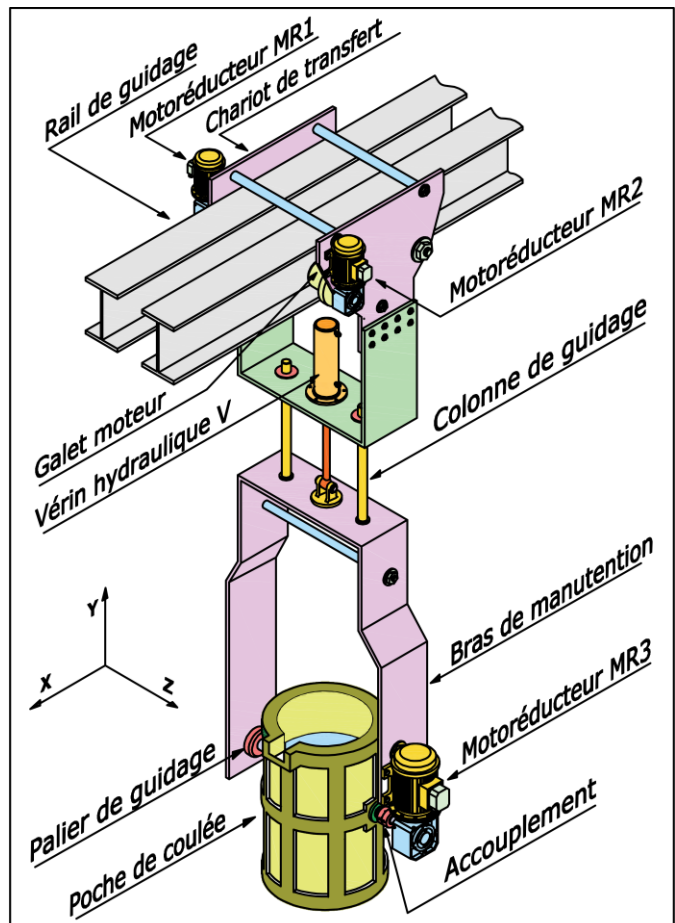


Figure 4 : Vue 3 D

الصفحة	4	SB 46	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - الموضوع - مادة: علوم المهندسين- شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية
16			
SEV 1	Analyse fonctionnelle partielle et transmission de puissance	24 points	
A. ANALYSE FONCTIONNELLE PARTIELLE			
Il est recommandé de lire attentivement les paragraphes 1 et 2 de la présentation du système pages 2/16 et 3/16.			
Tâche 1 : Application des outils de l'analyse fonctionnelle			
Dans le but d'expliciter le besoin de rechercher les fonctions offertes par le manipulateur de poche de coulée et d'identifier les solutions constructives choisies par le concepteur, on vous demande de :			
Q01) Compléter le diagramme bête à cornes du système.			1 pt
Q02) Compléter le diagramme F.A.S.T partiel du système.			3 pts
B. TRANSMISSION DE LA PUISSANCE			
Tâche 2 : Étude de la transmission de puissance relative au déplacement du manipulateur suivant la direction X			
Afin d'assurer la stabilité et la fluidité du déplacement de la poche de coulée, le constructeur impose une vitesse linéaire constante $V = 0,21 \text{ m/s}$ du manipulateur le long de son mouvement sur les rails.			
Pour respecter cette contrainte et s'assurer que le manipulateur accomplira sa fonction attendue, vous êtes amenés à :			
- Déterminer quelques caractéristiques de la chaîne de transmission ; - Choisir la référence des deux moteurs identiques M1 et M2 la plus convenable.			
N.B :			
- Consulter les données sur les documents ressources DRES 01 et DRES 02 ; - Les résultats des calculs seront arrondis à 2 chiffres après la virgule ; - Prendre $\pi = 3,14$.			
Q03) Tenant compte de la vitesse linéaire V imposée par le constructeur, calculer la vitesse angulaire ω_g en rad/s du galet moteur en déduire en tr/min sa vitesse de rotation N_g .			1,5 pt
Q04) Calculer la puissance P en kW nécessaire pour déplacer en pleine charge le manipulateur, en déduire en kW la puissance P_g que doit fournir chacun des deux galets moteurs.			1,5 pt
Q05) Calculer le rendement global η_g de la transmission entre un moteur et un galet moteur.			1 pt
Q06) Calculer la puissance utile P_u en kW que doit fournir l'arbre de sortie de chaque moteur M1 ou M2.			1 pt
Q07) Calculer le rapport de transmission $r(15,17)$ de l'engrenage roue et vis sans fin, en déduire le rapport de transmission global r_g de l'un des deux réducteurs R1 ou R2.			2 pts
Q08) Calculer la vitesse de rotation N_m en tr/min de l'un des moteurs M1 ou M2 (prendre la vitesse de rotation du galet $N_g = 14,32 \text{ tr/min}$).			1 pt
Q09) En exploitant les résultats de calcul des questions 6 et 8, choisir de la liste proposée la référence adaptée des moteurs M1 et M2.			1 pt
Q10) Calculer les nombres de dents Z4 et Z6 de l'engrenage (4,6).			2 pts

Tâche 3 : Étude du frein à manque de courant

Les moteurs asynchrones triphasés **M1** et **M2** sont équipés de freins électromagnétiques à manque de courant (voir sur document ressources **DRES 01** la partie supérieure du moteur en disposition verticale).

Ces deux freins sont identiques et composés chacun de :

- Un plateau fixe (**31**) lié au boîtier du moteur ;
- Un disque de freinage (**29**), muni de **2** garnitures de friction (**30**) et coulissant sur l'arbre (**2**) ;
- Un disque mobile (**32**) (armature mobile) coulissant sur les **3** bagues de guidage (**36**) ;
- Un électro-aimant (**34**) de commande du frein ;
- Trois ressorts de compression (**33**) répartis à **120°** agissant sur l'armature mobile (**32**) pour exercer l'effort presseur normal **F_p** nécessaire au freinage.

Fonctionnement :

- Quand le courant est absent dans la bobine de l'électro-aimant (**34**), les **3** ressorts de compression (**33**) plaquent le plateau de l'armature mobile (**32**) contre le disque de freinage (**29**). L'arbre moteur (**2**) est freiné ;
- Une fois l'électro-aimant (**34**) est alimenté, l'armature mobile (**32**) est attirée libérant ainsi le disque de freinage (**29**). L'arbre moteur (**2**) est libre de tourner.

Q11) Compléter par les **symboles normalisés** des liaisons, le schéma cinématique du frein.

0,75 pt

On donne :

- L'effort presseur exercé par un ressort (**33**): **F_r = 140 N** ;
- Le coefficient de frottement : **f = 0,40** ;
- Les rayons des deux garnitures de friction (**30**) sont identiques tels que : **r = 0,7 . R** (r et R sont respectivement les rayons intérieur et extérieur de la garnitures (**30**));
- Le couple de freinage nécessaire pour un arrêt précis et fiable du manipulateur sur rails :

$$C_f = F_p \cdot f \cdot n \cdot R_{\text{moy}} \text{ avec } C_f = 28,56 \text{ N.m}$$

Q12) Citer **trois avantages** des garnitures de friction ?

0,75 pt

Q13) Donner le nombre **n** de surfaces **frottantes** dans de ce frein.

0,5 pt

Q14) Calculer en **mm** les rayons **r** et **R** que doit avoir la garniture de friction (**30**).

2 pts

Tâche 4 : Représentation graphique d'un assemblage démontable

Grâce à l'axe de pivotement fixé au chariot de transfert, le galet fou peut pivoter et rouler le long du rail de guidage. En se référant à la vue éclatée de l'assemblage donnée sur le document réponse **page 9/23**, on vous demande de faire la représentation graphique de la solution retenue en utilisant les éléments standards suivants :

- **Ecrou H** en appui sur une **rondelle plate** pour maintenir en position l'axe de pivotement ;
- **Anneau élastique** pour arrêter la translation du galet fou par rapport à l'axe de pivotement.

Q15) Représenter cette solution.

5 pts

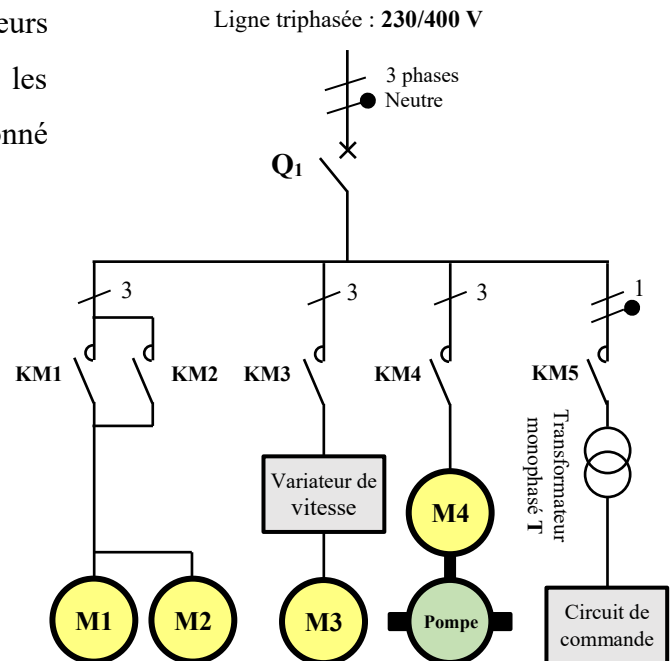
SEV 2

Étude partielle de la chaîne d'énergie

28 points

Le schéma unifilaire de l'installation électrique des moteurs et du circuit de commande du système assurant les mouvements de la poche selon les axes prédéfinis est donné ci-contre.

	Puissance active absorbée (W)	Puissance réactive absorbée (VAR)
Moteurs M1 + M2	$P_{12} = 7247$	$Q_{12} = 5\,246$
Moteur M3	$P_3 = 3\,623$	$Q_3 = 2\,623$
Moteur M4	$P_4 = 2\,740$	$Q_4 = 1\,983$
Eclairage et circuits auxiliaires	$P_5 = 800$	$Q_5 = 400$



L'installation est alimentée par un réseau électrique triphasé 230 V/400 V - 50 Hz.

Tâche 1 : Relèvement du facteur de puissance de l'installation

On désire calculer le facteur de puissance $\cos \phi$ de l'installation, ensuite le relever si nécessaire à fin d'avoir une meilleure efficacité énergétique.

Q16) Calculer les puissances totales P (en W) et Q (en VAR) absorbées par l'installation.

2 pts

Q17) Calculer la puissance apparente S , le courant de ligne I et le facteur de puissance $\cos \phi$ de l'installation.

3 pts

Afin de relever le facteur de puissance de l'installation à la valeur $\cos \phi' = 0,95$, on utilise une batterie de condensateurs de capacité C couplés en triangle.

Q18) Calculer la valeur de C .

1,5 pt

Tâche 2 : Étude de la motorisation de la poche

La motorisation de la poche s'effectue par le **moteur M3**, commandé par un **variateur de vitesse** et associé à un **réducteur mécanique**, permettant d'assurer un basculement lent, progressif et maîtrisé de la poche.

Le moteur **M3** de basculement est un moteur asynchrone à cage d'écureuil qui porte sur sa plaque signalétique les indications suivantes :

400 V / 690 V - 50 Hz	3 kW	$g = 4,2 \%$	4 pôles
-----------------------	------	--------------	---------

Q19) Sachant que le moteur **M3** est alimenté par une ligne triphasée en 400 V, compléter le schéma du couplage du moteur au réseau.

1,5 pt

Q20) Calculer la vitesse de synchronisme N_s en **tr/min**, en déduire la vitesse nominale du moteur N_n en **tr/min**. **2 pts**

Q21) Calculer le couple nominal C_n du moteur en **N.m**. **1,5 pt**

La charge (dispositif de basculement de la poche) impose au moteur un couple résistant **constant** $C_r = 16 \text{ N.m}$.

Le graphe du document réponses **page 12/23** représente la caractéristique mécanique utile du moteur C_u en fonction de la vitesse N .

Q22) Tracer sur le même graphe la caractéristique mécanique de la charge et relever graphiquement la vitesse de rotation N_F en **tr/min** de l'ensemble (moteur + charge). **2 pts**

Afin d'assurer un démarrage et un arrêt progressifs sans chocs mécaniques et de garantir un basculement précis et sécurisé de la poche, l'utilisation d'un variateur de vitesse est nécessaire.

Q23) Compléter le schéma **synoptique** du variateur en indiquant sous chaque bloc le nom correspondant. **1,5 pt**

Q24) Quel est le **rôle principal** d'un variateur de vitesse pour un moteur asynchrone ? cocher la bonne réponse. **1 pt**

Le variateur de vitesse fonctionne avec un rapport $\frac{U}{f}$ constant.

La vitesse minimale de basculement de la poche correspond à une vitesse du moteur N'_F égale à **760 tr/min**.

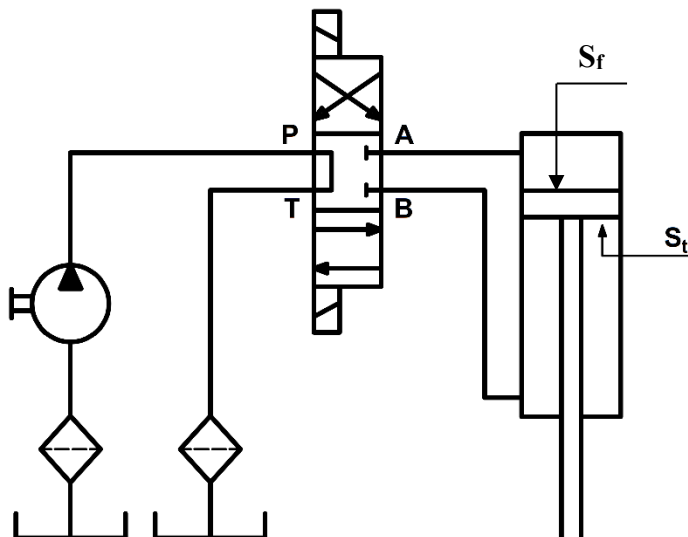
Q25) Tracer la nouvelle caractéristique mécanique $C_u(N)$ correspondante sur le graphe du document réponse **page 12/23**, en déduire la vitesse de synchronisme N'_s correspondante. **2 pts**

Q26) Calculer alors la fréquence f' d'alimentation imposée par le variateur, en déduire la valeur de la tension d'alimentation U' fournie par ce variateur de vitesse. **2,5 pts**

Tâche 3 : Étude du vérin hydraulique

Les mouvements, montée et descente de la poche, sont assurés par un vérin hydraulique **V** double effet.

Le circuit d'alimentation du vérin **V** en **phase de repos** est le suivant :



Avec :

S_f : Section du piston coté fond.

S_t : Section du piston coté tige.

A, B : Orifices de travail.

P : Orifice d'arrivée de pression (depuis la pompe).

T : Orifice de retour au réservoir (basse pression).

Débit volumique : $Q_v = S.V$

Avec :

S : surface soumise à la pression en **m²** ;

V : vitesse en **m/s**.

Q27) On désire que la montée de la poche s'effectue en un temps $t = 3$ s. Calculer la vitesse moyenne V_m de déplacement de la tige en **m/s** si la longueur de la course est $l = 600$ mm. **1 pt**

Q28) Sachant que la section du vérin coté tige $S_t = 12$ cm², calculer le débit volumique Q_v en **m³/s** lors de la montée de la poche. **1 pt**

Q29) Compléter le circuit d'alimentation du vérin V en **phase de montée** de la poche, puis cocher le **nom** et la **désignation** du préactionneur. **2 pts**

Tâche 4 : Étude du transformateur monophasé du circuit de commande

Le circuit de commande (alimentation des capteurs TOR, carte à microcontrôleur, codeur...) du manipulateur est alimenté par un transformateur monophasé qu'on propose d'étudier.

Les essais sur ce transformateur monophasé ont donné :

- Un essai à vide : $U_1 = 230$ V ; $U_{20} = 25,3$ V ; $I_{10} = 0,2$ A ; $P_{10} = 10$ W.
- Un essai en court-circuit sous tension réduite : $U_{1CC} = 11,8$ V ; $I_{2CC} = I_{2N} = 5$ A ; $P_{1CC} = 5$ W.

Q30) Que valent les pertes dans le fer P_{Fe} et les pertes joule P_{JN} nominale ($I_{2N} = 5$ A) ? **1 pt**

Un essai en charge nominale a donné : $U_1 = 230$ V ; $I_{2N} = 5$ A et $\cos \varphi_2 = 0,8$ (charge inductive).

On donne :

- $R_s = 0,2$ Ω (résistance équivalente ramenée au secondaire) ;
- $X_s = 0,167$ Ω (réactance de fuites équivalente ramenée au secondaire).

Q31) Calculer la chute de tension ΔU_2 (formule approchée $\Delta U_2 = R_s I_{2N} \cos \varphi_2 + X_s I_{2N} \sin \varphi_2$) ; en déduire la valeur de la tension U_{2N} . **1,5 pt**

Q32) Calculer en %, le rendement nominal du transformateur η_N (on prend $U_{2N} = 24$ V). **1 pt**

SEV 3	Étude partielle de la chaîne d'information	28 points
-------	--	-----------

A. DEPLACEMENTS VERTICAL ET HORIZONTAL DE LA POCHE

Le déplacement **vertical** (montée ou descente) et le déplacement **horizontal** (à gauche ou à droite) de la poche sont gérés par un automate programmable industriel (**A.P.I.**) et commandés par l'opérateur grâce à la manette industrielle à deux axes **J1**.

Les tableaux donnés en document ressources **DRES 03** précisent les affectations des E/S de l'A.P.I.

Le cycle de déplacement de la poche est décrit par le GRAFCET donné en document ressources **DRES 03**.

Tâche 1 : Étude du GRAFCET de déplacement de la poche

On se propose d'établir le programme ladder permettant la commande de déplacement de la poche.

En se référant au document ressources **DRES 03** :

Q33) Compléter Le GRAFCET du point de vue **A.P.I.** **4 pts**

Q34) Compléter le programme Ladder correspondant aux étapes 2, 3, 4 et 7 et à l'action **Q1**. **4 pts**

B. COMMANDE DU MOUVEMENT DE LA POCHE

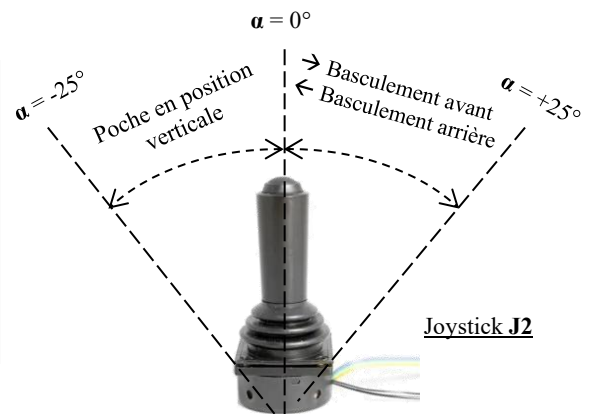
Le **basculement** (pivotement) de la poche pour remplir le moule est assuré par le motoréducteur **MR3** et géré par une carte à base du microcontrôleur **16F876** (voir document ressources **DRES 04**).

Ce mouvement est commandé par l'opérateur grâce à la manette industrielle à un seul axe **J2**.

L'acquisition de la position angulaire β de la poche se fait à l'aide d'un codeur incrémental.

Le tableau suivant indique l'état de la poche en fonction de la position α du manche de la manette **J2** :

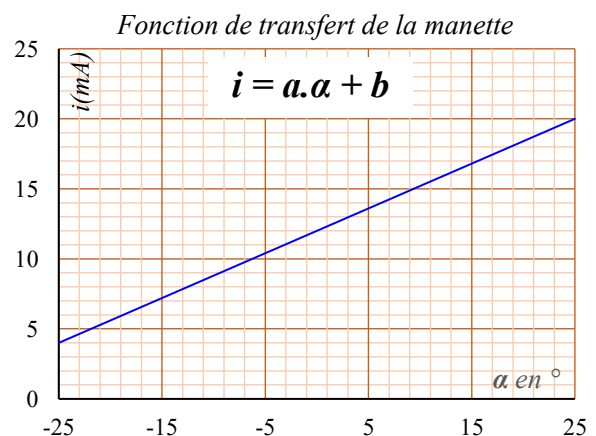
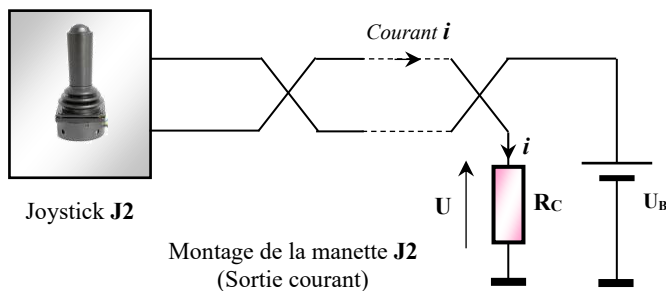
Position α du manche de la manette J2	Position β de la poche	Action sur la poche
0° à $+25^\circ$	0° à 100°	Basculement en avant
$+25^\circ$ à 0°	100° à 0°	Basculement en arrière
0° à -25°	0°	Poche immobile
-25° à 0°	0°	Poche immobile



Tâche 2 : Acquisition de la position de la manette et conditionnement

ADAPTATION DU SIGNAL

La manette de commande de la poche (Joystick **J2**) est de type analogique. Alimentée en **30 V**, elle délivre une sortie analogique i de **4 à 20 mA** lorsque la position du manche α varie de **-25° à +25°**.



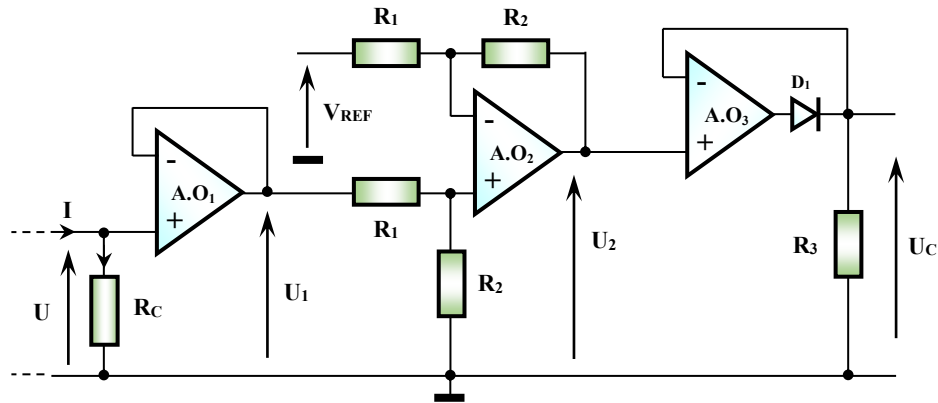
Q35) A partir de la fonction de transfert de la manette i en fonction de la position α , calculer les coefficients a et b et préciser leurs unités. **2 pts**

Q36) Sachant que $R_c = 100 \Omega$ (la résistance R_c est un convertisseur courant-tension), montrer que $U = 0,032 \cdot \alpha + 1,2$ (U en volt et α en $^\circ$). **1 pt**

AMPLIFICATION ET DÉCALAGE

On souhaite adapter le signal U de façon à obtenir une tension de consigne de position de la poche U_c de **0 V à 5 V** lorsque la position du manche α varie de **0° à +25°** et d'obtenir **0 V** lorsque α varie de **-25° à 0°**.

Pour cela, on applique la tension U au circuit électronique ci-dessous, réalisé autour de trois amplificateurs opérationnels (A.OP) considérés parfaits.



V_{REF} est une tension continue de décalage.

Q37) Donner l'expression de la tension U_2 en fonction des tensions U_1 et V_{REF} .

2 pts

Q38) Sachant que $U_1 = U$, déduire des relations précédentes l'expression de la tension U_2 en fonction de la position du manche de la manette α , puis calculer la valeur de la tension continue de référence V_{REF} pour avoir $U_2 = 0,032 \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \alpha$.

1,5 pt

Le montage autour de l'AO3 est un redresseur sans seuil.

On donne sur le document réponses page 19/23 la courbe de la tension U_2 en fonction de la position α .

Q39) Compléter le tableau proposé en exprimant U_c en fonction de U_2 et tracer la courbe de la tension de consigne U_c en fonction de la position α de la manette du joystick J_2 .

1,5 pt

Q40) Déterminer la valeur de R_2 , sachant que $R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$.

1,5 pt

Tâche 3 : Acquisition et détermination de la position de la poche

ACQUISITION DE LA POSITION DE LA POCHE

Le codeur incrémental d'acquisition de la position angulaire β de la poche a une résolution N de 128 points.

Le principe de fonctionnement du codeur incrémental rotatif est donné en document ressources DRES 04.

La position β de la poche pendant la coulée est déterminée par le comptage ou le décomptage des fronts descendants du signal EncA selon le sens de rotation du décodeur.

L'état logique du signal EncB lors des fronts descendants du signal EncA indique le sens de rotation du codeur : sens horaire (basculement de la poche en avant) ou sens anti horaire (basculement de la poche en arrière).

Q41) Sachant que $F_C = 4 \cdot F_P$, calculer le déplacement angulaire minimal (précision angulaire) P en degré ($^\circ$) de la poche détectable par ce capteur (codeur 128 points par tour).

1 pt

Q42) Calculer le nombre n de fronts descendants du signal EncA fournis par le codeur pour que la poche parcoure sa course maximale qui est de 100° ?

1 pt

Q43) Déduire le nombre de bits nécessaires pour représenter la position de la poche ; Justifier votre réponse ?

1 pt

DÉTERMINATION DE LA POSITION DE LA POCHE

La position de la poche est calculée par le μC . Le signal **EncA** est utilisé pour déclencher une interruption à chaque front descendant sur **RB0/INT**. 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)**.

En tenant compte des considérations suivantes :

- On appelle **Pos_poche** case mémoire sur 8 bits contenant la position actuelle de la poche ;
- L'incrémentation aura lieu si **EncB (RB1)** est au niveau **haut**.

Q44) Compléter le sous-programme d'interruption.

2 pts

Tâche 4 : Programme de commande du basculement de la poche

On dispose des sous programmes suivants :

- **Acquisition_J2** : Sous-programme qui convertit le signal U_c image la position α du manche de la manette en un nombre N sur 10 bits, stocké dans les registres internes (**ADRESH : ADRESL**) du module C.A.N (Convertisseur Analogique Numérique) intégré au **PIC16F876**.

- **Calcul_Npas** : Sous-programme qui convertit la valeur numérique N résultat du convertisseur CAN en un nombre N' image de la consigne position β_c . Ce nombre est stocké dans la case mémoire appelée **Pos_consigne**.

Le programme de commande de la coulée agit selon l'**algorithme** suivant :

- Acquisition de la position α du manche de la manette par le sous-programme **Acquisition_J2** ;
- Calcul du nombre de pas pour atteindre la consigne position β_c de la poche par le sous-programme **Calcul_Npas** ;
- Si la position de la poche (**Pos_poche**) est égale au nombre de pas calculé (**Pos_consigne**) alors arrêt de la poche.
- Si la position de la poche (**Pos_poche**) est inférieure au nombre de pas calculé (**Pos_consigne**) alors basculer la poche en avant.
- Si la position de la poche (**Pos_poche**) est supérieure au nombre de pas calculé (**Pos_consigne**) alors basculer la poche en arrière ;

Q45) En vous aidant de l'algorithme du programme de commande du basculement de la poche, compléter l'organigramme correspondant (voir document ressources DRES 04).

2,5 pts

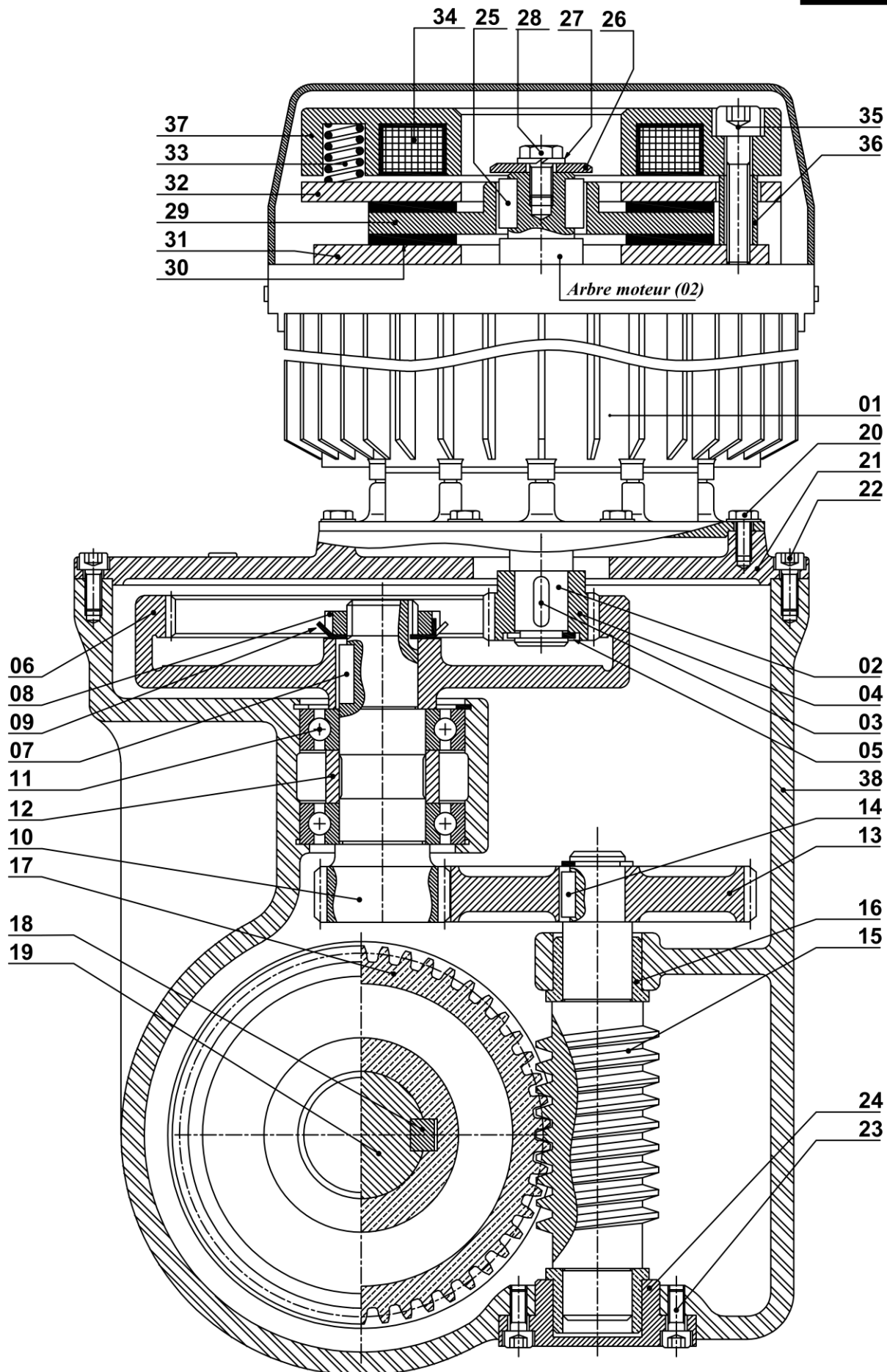
Q46) En vous aidant du jeu d'instructions fourni en document ressources DRES 05, compléter le programme de configuration du microcontrôleur correspondant au circuit de commande du basculement de la poche (voir document ressources DRES 04).

3 pts

N.B : Les bits non utilisés des registres **TRISA** et **TRISB** doivent être mis à 0.

Dessin d'ensemble du motoréducteur-frein MR1

DRES 01



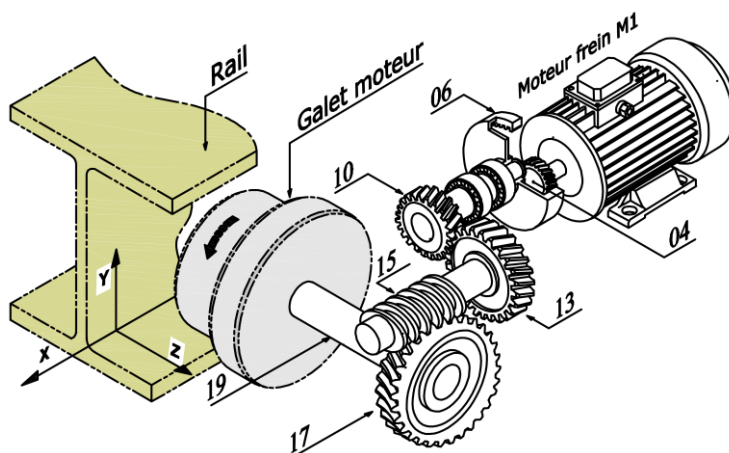
Nomenclature du motoréducteur MR1

DRES 02

19	01	Arbre de sortie
18	01	Clavette parallèle
17	01	Roue dentée creuse
16	02	Coussinet
15	01	Vis sans fin
14	01	Clavette parallèle
13	01	Roue dentée
12	01	Entretoise
11	02	Roulement type BC
10	01	Pignon arbré
09	01	Rondelle frein
08	01	Ecrou à encoches
07	01	Clavette parallèle
06	01	Roue dentée (couronne)
05	01	Anneau élastique
04	01	Pignon moteur
03	01	Clavette parallèle
02	01	Arbre moteur
01	01	Moteur
Rep.	Nbr.	Désignation

38	01	Corps du réducteur
37	01	Culasse bobinée
36	03	Bague de guidage à 120°
35	03	Vis H à 120°
34	01	Electro-aimant
33	03	Ressort de compression à 120°
32	01	Armature mobile de l'électro-aimant
31	01	Plateau fixe
30	02	Garniture de friction collée au disque (29)
29	01	Disque de freinage
28	01	Vis H
27	01	Rondelle frein
26	01	Rondelle plate
25	02	Clavette parallèle
24	01	Couvercle
23	04	Vis CHc
22	12	Vis CHc
21	01	Flasque
20	06	Vis H
Rep.	Nbr.	Désignation

Vue 3D du motoréducteur MR1



Caractéristiques de la transmission relative à la fonction: déplacer le manipulateur de poche suivant la direction X

Actionneurs : 2 moteurs asynchrones triphasés identiques (M1 et M2): 400 / 690 V- 50 Hz

Réducteurs : 2 réducteurs de vitesse identiques (R1 et R2) à 3 étages chacun

Étage 1 : engrenage intérieur à denture droite (4,6)

- Rapport de transmission: $r(4,6) = 1/4$;
- Pas = 9,42 mm ;
- Entraxe : $a(4,6) = 94,5$ mm ;
- Rendement : $\eta(4,6) = 0,95$.

Étage 2 : engrenage extérieur (10,13)

- Rapport de transmission : $r(10,13) = 1/2$;
- Rendement : $\eta(10,13) = 0,95$.

Étage 3 : engrenage roue et vis sans fin (15,17)

- Nombre de filet de la vis : $Z15 = 4$;
- Nombre de dent de la roue dentée creuse : $Z17 = 50$ dents ;
- Rendement : $\eta(15,17) = 0,75$.

Galets : 4 galets cylindriques de roulement sur rails

- Diamètre de roulement du galet : $d_g = 280$ mm ;
- Rendement du roulement des galets sur rails : $\eta_r = 0,90$.

Rails : 2 rails en profilé HEB 400

Manipulateur : Force nécessaire pour le déplacement en pleine charge : $F = 14000$ N.

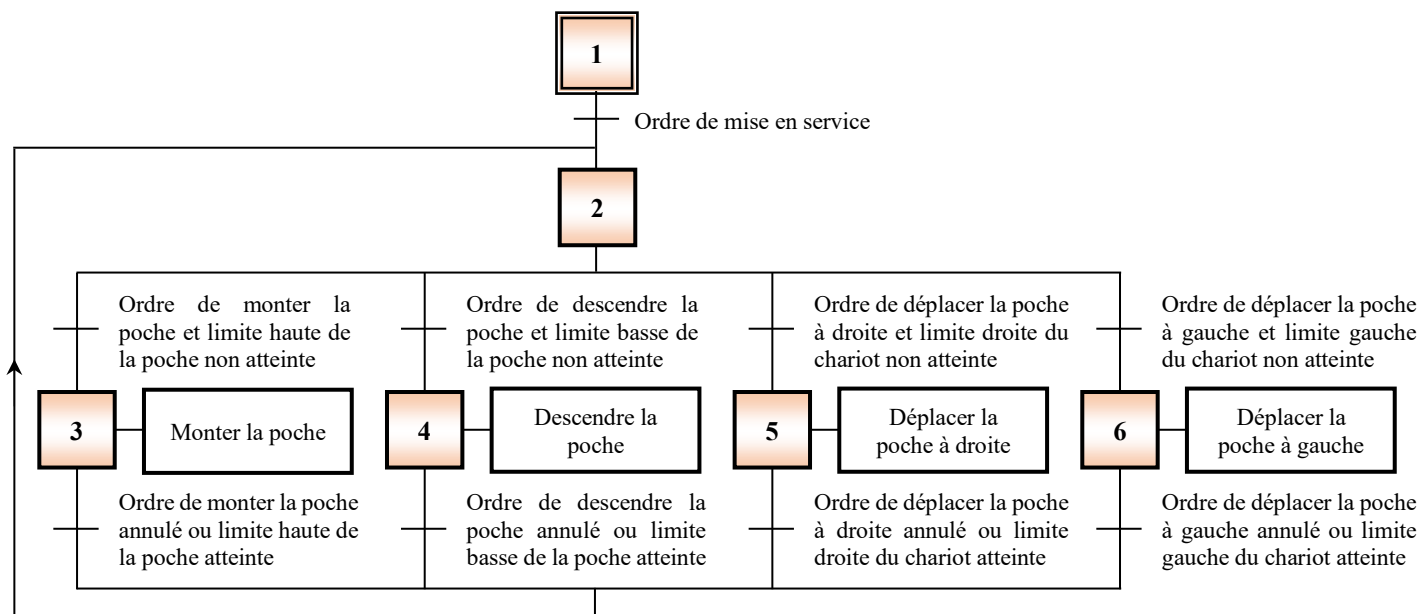
Tableaux d'affectations des entrées et des sorties de l'API

DRES 03

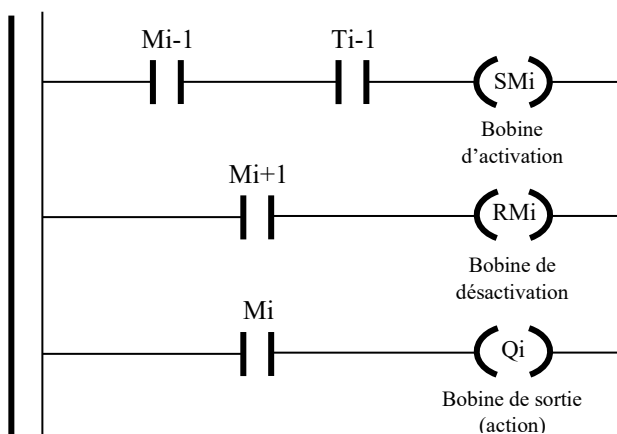
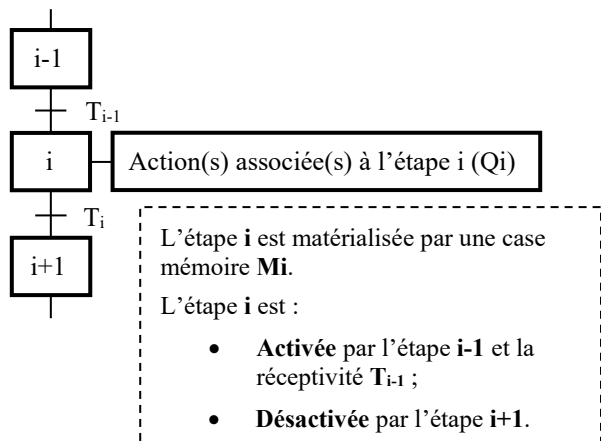
Consigne ou compte rendu	Appareillages/capteurs/boutons		Entrées API
Ordre de mise en service du système	Bouton poussoir	m	I1
Limite haute de la poche atteinte	Capteur fin de course	FH	I2
Limite basse de la poche atteinte	Capteur fin de course	FB	I3
Limite droite du chariot atteinte	Capteur fin de course	FD	I4
Limite gauche du chariot atteinte	Capteur fin de course	FG	I5
Ordre de monter la poche	Joystick J1 à deux axes + Conditionneur	Signal TOR	S1
Ordre de descendre la poche		Signal TOR	S2
Ordre de déplacer la poche à droite		Signal TOR	S3
Ordre de déplacer la poche à gauche		Signal TOR	S4

Mouvements	Actionneurs	Preactionneurs		Sorties API
Monter la poche	Vérin hydraulique V	Distributeur hydraulique Y	Y+	Q1
Descendre la poche			Y-	Q2
Déplacer la poche à droite	Moteurs M1 et M2	Deux contacteurs	KM1	Q3
Déplacer la poche à gauche			KM2	Q4

Cycle de déplacement de la poche

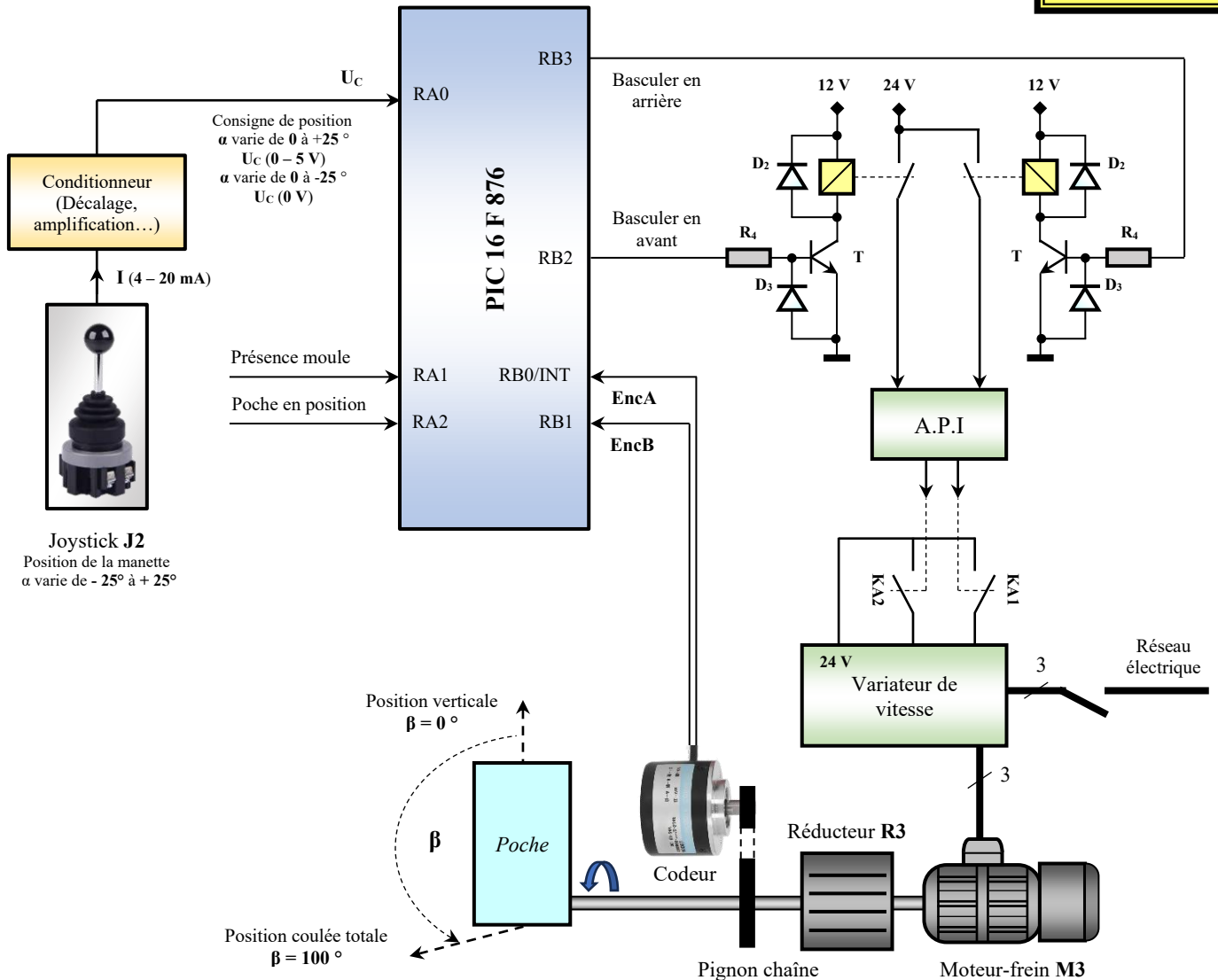


Rappel du principe de traduction d'un GRAFCET en LADDER



Circuit de commande du basculement de la poche de coulée

DRES 04



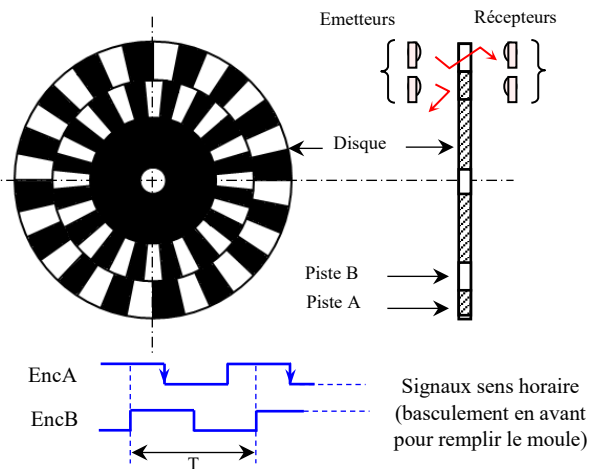
Rappel du principe de fonctionnement du codeur incrémental rotatif

Constitution

- Un disque comportant deux pistes A et B décalées et divisées chacune, en 256 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 ;

Fonctionnement

- Pour un tour complet du codeur, le faisceau lumineux est interrompu 128 fois et délivre 128 impulsions EncA et EncB en quadrature ;
- Le déphasage de 90° électrique des signaux A et B permet de déterminer le sens de rotation.



On donne :

$$N = \frac{360}{P} \cdot \frac{F_P}{F_C} \text{ avec :}$$

N : nombre de points du codeur.
P : précision angulaire en degré ($^\circ$).

F_P : fréquence de rotation du la poche.
 F_C : fréquence de rotation du codeur.

Jeu d'instructions du microcontrôleur 16F876

DRES 05

1. Jeu d'instructions :

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode				Status Affected	
			MSb		LSb			
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS								
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C, DC, Z
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	lfff	ffff	Z
CLRW	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z
DECF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff	
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff	
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	lfff	ffff	
NOP	-	No Operation	1	00	0000	0xx0	0000	
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C, DC, Z
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff	
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS								
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb	bfff	ffff	
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb	bfff	ffff	
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01	10bb	bfff	ffff	
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01	11bb	bfff	ffff	
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS								
ADDLW	k	Add Literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z
ANDLW	k	AND Literal with W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z
CALL	k	Call Subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk	
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00	0000	0110	0100	$\overline{\text{TO}}, \overline{\text{PD}}$
GOTO	k	Go to Address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk	
IORLW	k	Inclusive OR Literal with W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z
MOVLW	k	Move Literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk	
RETFIE	-	Return from Interrupt	2	00	0000	0000	1001	
RETLW	k	Return with Literal in W	2	11	01xx	kkkk	kkkk	
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00	0000	0000	1000	
SLEEP	-	Go into Standby mode	1	00	0000	0110	0011	$\overline{\text{TO}}, \overline{\text{PD}}$
SUBLW	k	Subtract W from Literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z
XORLW	k	Exclusive OR Literal with W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z

2. Configuration des PORTS :

Tous les ports sont pilotés par deux registres : **TRISx** et **PORTx**

- Le registre **TRISx**, c'est le registre de direction. Il détermine si le **PORTx** ou certaines lignes de Port sont en entrée ou en sortie. L'écriture d'un **1** logique correspond à une **entrée** et l'écriture d'un **0** logique correspond à une **sortie** ;
- Les registres **TRISx** appartiennent à la **BANQUE 1** des **SFR**. Lors de l'initialisation du μC il ne faut pas oublier de changer de banque mémoire pour les configurer.

3. Description du registre d'état STATUS :

IRP	RP1	RP0	/TO	/PD	Z	DC	C
-----	-----	-----	-----	-----	---	----	---

Pour le passage entre les **BANQUE 0** et **1**, on positionne les bits correspondants comme suit :

- ✓ **RP1 RP0 = 00** → Accès à la **BANQUE 0** ;
- ✓ **RP1 RP0 = 01** → Accès à la **BANQUE 1**.

يرجى وضع ملصق الرمز السري هنا	رقم الامتحان	الاسم و النسب : تاريخ ومكان الازدياد :	خاتم مركز إجراء الإمتحان
	اسم وتوقيع المكلف (ة) بالحراسة : اسم وتوقيع المكلف (ة) بالحراسة :		
	-----		✂
	الامتحان الوطني الموحد للبيكالوريا - الدورة العادية 2026 -		المملكة المغربية +ⵍⵎⴰⵔⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵎⴰⵔⴰⵎⴰⵔⵉⵜ  وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والابتداء +ⵍⵎⴰⵔⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵎⴰⵔⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵙⵉⵔ ⵏ ⵙⵉⵔ ⵏ ⵙⵉⵔ ⵏ ⵙⵉⵔ ⵏ ⵙⵉⵔ
رقم الأرشفة	NS 46 المادة : علوم المهندس الشعبة أو المسلك : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية المعامل : 8 مدة الإنجاز : 4س		

الصفحة 1 من 23	النقطة النهائية
النقطة النهائية على 20 : بالأرقام و الحروف اسم المصحح وتوقيعه :	
ورقة الإجابة	

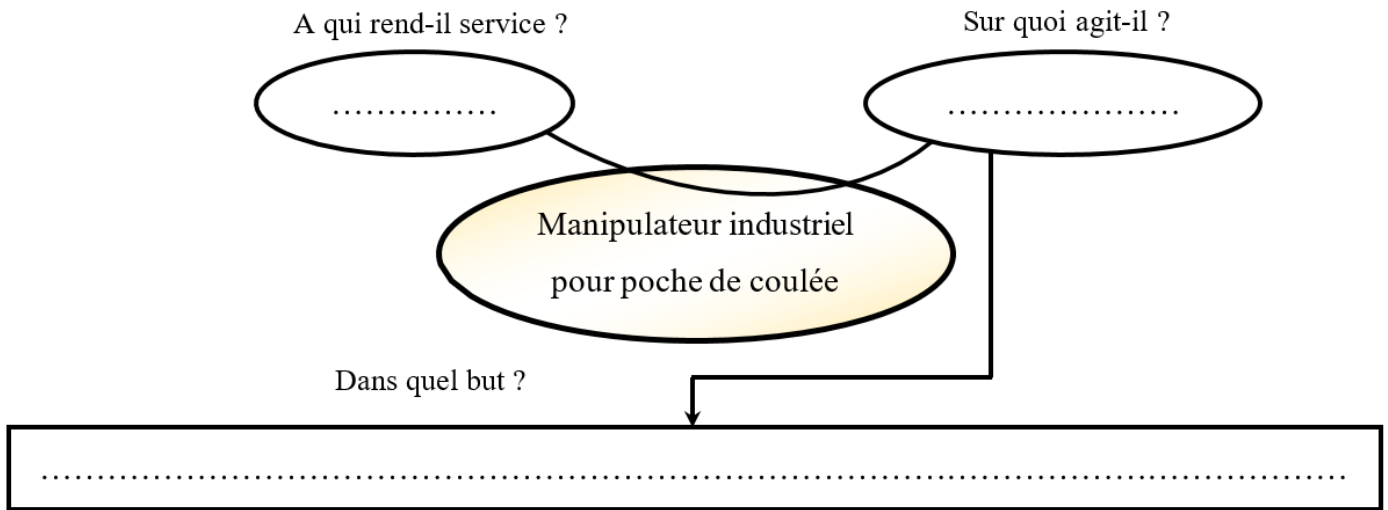
La lecture des consignes de la page 1/16 du socle du sujet est indispensable avant la rédaction des réponses.

- Le document réponse comporte au total **23 pages** ;
- La **rédaction des réponses** doit s'effectuer dans l'**espace réservé** sous chaque question ;
- La numérotation des questions est continue : de la question **Q 01** à la question **Q 46** ;
- Ce document doit être rendu même si il ne comporte aucune réponse.

			✂

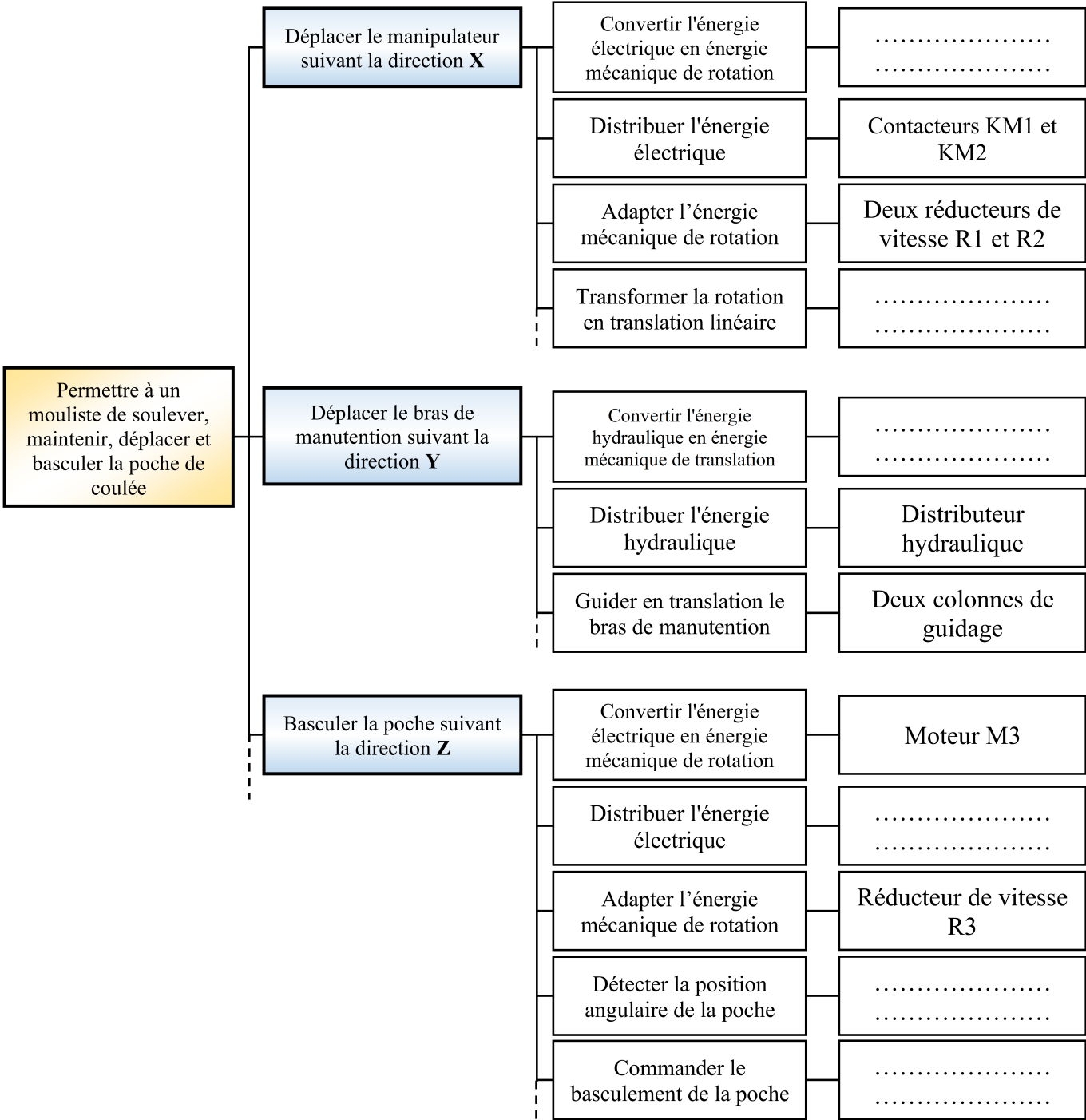
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة	
		23 / 2	

1 pt	Q01) Diagramme <i>bête à cornes</i> du système.	
------	---	---



3 pts	Q02) Diagramme <i>F.A.S.T</i> partiel du système.	
-------	---	---

			
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة	
		23 / 3	



-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 4

1.5 pt	<i>Q03) Vitesse angulaire ωg et vitesse de rotation Ng .</i>	
--------	--	---

1.5 pt	<i>Q04) Puissances P et Pg .</i>	
--------	--	---

1 pt	<i>Q05) Rendement global ηg .</i>	
------	--	---

-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 5

1 pt	Q06) Puissance utile P_u .	
------	------------------------------	---

.....

.....

2 pts	Q07) Rapport de transmission $r(15,17)$ et rapport de transmission global rg .	
-------	--	---

.....

.....

.....

.....

1 pt	Q08) Vitesse de rotation N_m .	
------	----------------------------------	---

.....

.....

.....

1 pt	Q09) Référence adaptée des moteurs $M1$ et $M2$.	
------	---	---

		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة 23 / 6

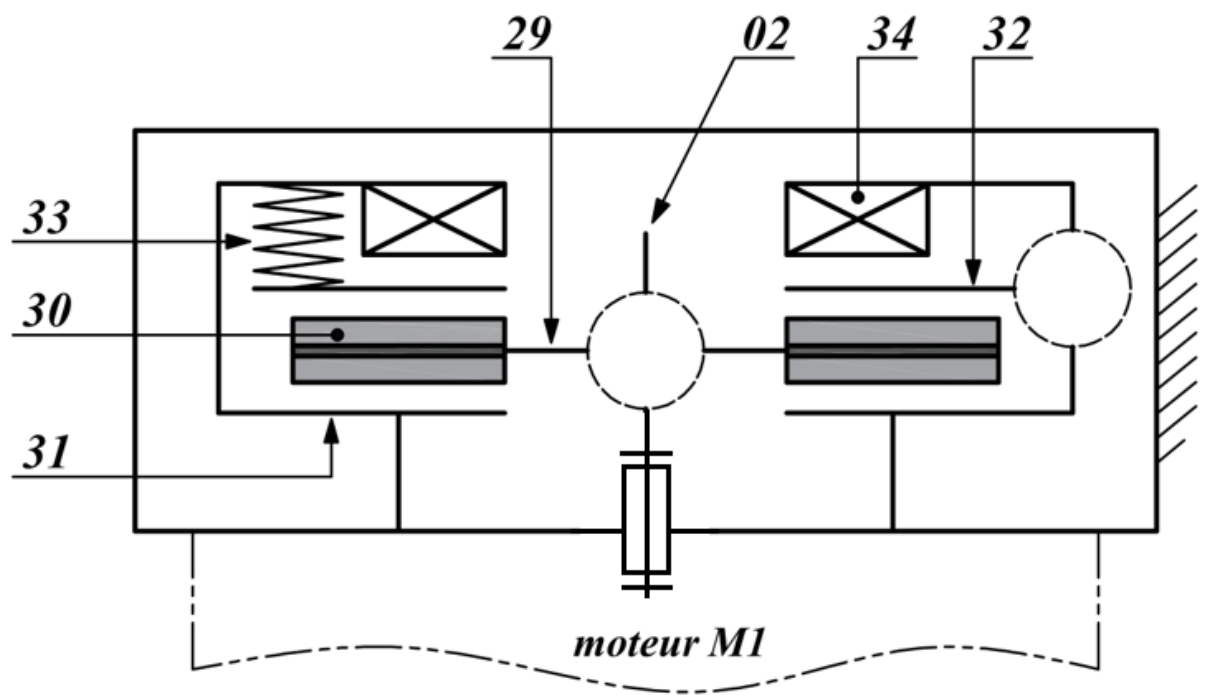
Moteurs asynchrones triphasés fermés LS		
Référence	Puissance nominale (kW)	Vitesse nominale (tr/min)
LS 90 L	1,8	1438
LS 100 L	3	1437
LS 112 M	4	2877
LS 132 S	5,5	960
LS 132 M	7,5	714

Référence des moteurs
M1 et M2 :

2 pts	Q10) Nombres de dents <i>Z4</i> et <i>Z6</i> de l'engrenage (4,6) .	
-------	--	---

0.75 pt	Q11) Schéma cinématique du frein.	
---------	--	---

			
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية		الصفحة
			23 / 7



0.75 pt	Q12) <i>Trois avantages</i> des garnitures de friction .	
---------	--	---

.....

.....

.....

.....

.....

.....

-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 8

0.5 pt	Q13) Nombre n de surfaces <i>frottantes</i> .	
--------	---	---

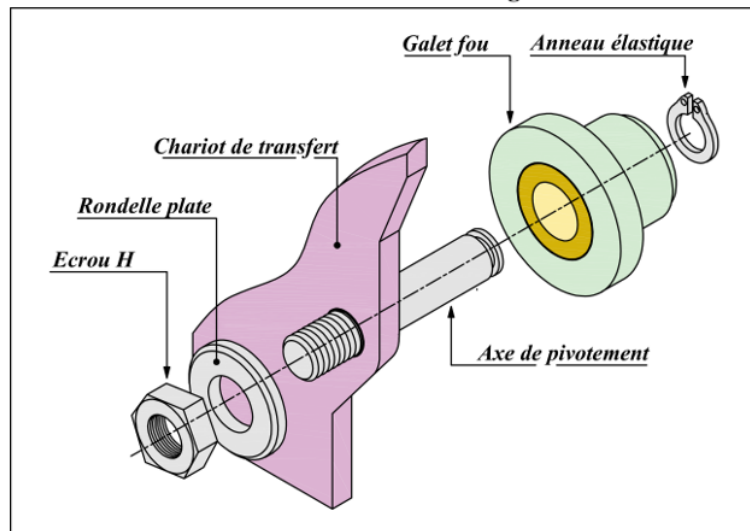
Valeur de n =

2 pts	Q14) Rayons r et R .	
-------	---	---

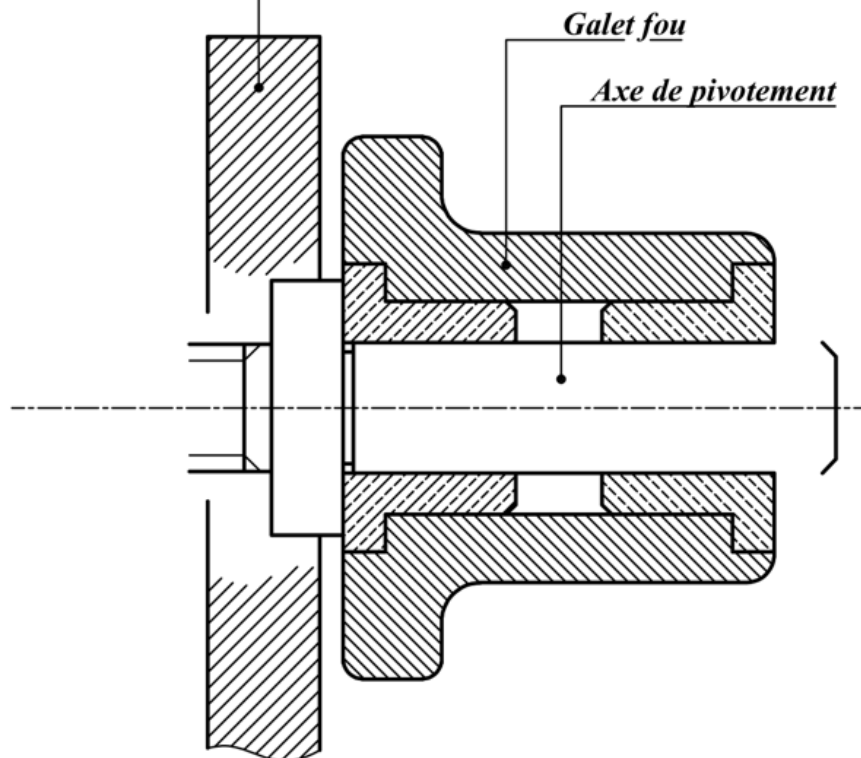
5 pts	Q15) Travail graphique .	
-------	---------------------------------	---

			
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية		الصفحة
			23 / 9

Vue éclatée de l'assemblage



Chariot de transfert



NB. Il sera tenu compte de la représentation et du respect des règles de dessin.

-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 10

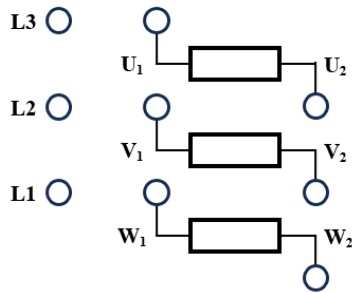
2 pts	<i>Q16) Puissances totales P et Q.</i>	
.....		
.....		
.....		

3 pts	<i>Q17) Puissance S, courant I et facteur de puissance $\cos \varphi$.</i>	
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

1.5 pt	<i>Q18) Valeur de C.</i>	
.....		
.....		
.....		

		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 11

1.5 pt	Q19) Schéma de couplage.	
--------	--------------------------	---



2 pts	Q20) Vitesse de synchronisme N_s et vitesse nominale du moteur N_n .	
-------	--	---

.....

.....

.....

.....

1.5 pt	Q21) Couple nominal C_n .	
--------	-----------------------------	---

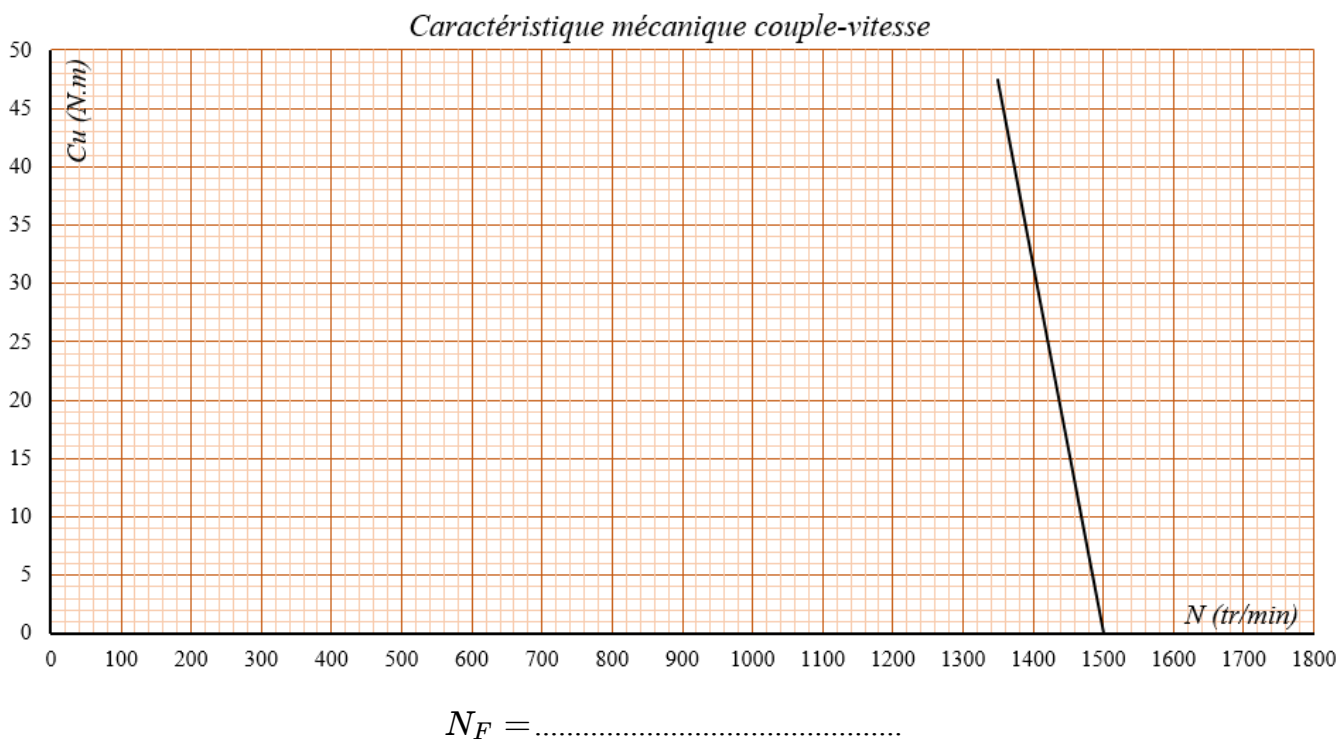
.....

.....

.....

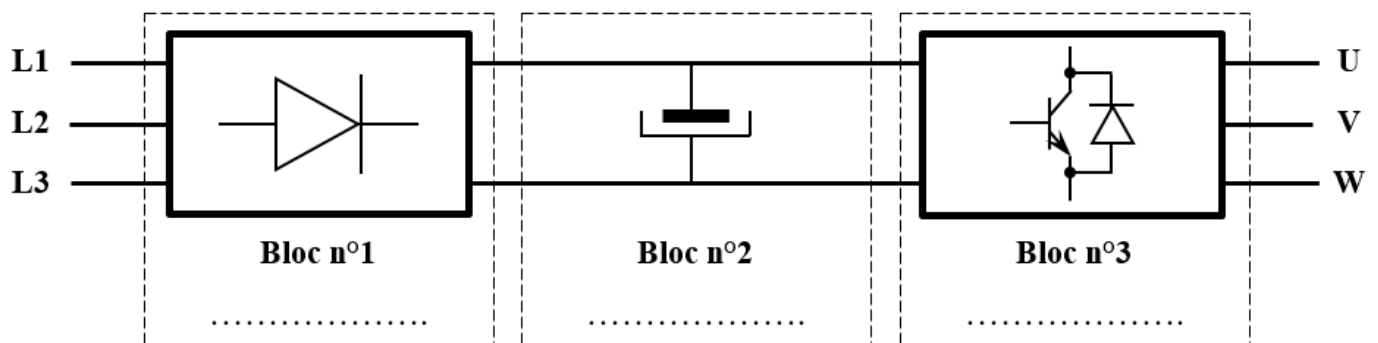
			
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة	
		23 / 12	

2 pts	Q22) Traçage de la caractéristique mécanique de la charge et vitesse de N_F .	
-------	---	---



1.5 pt	Q23) Schéma <i>synoptique</i> du variateur.	
--------	---	---

-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 13



1 pt	Q24) Rôle principal d'un variateur de vitesse.	
------	---	--

☐ Augmenter la tension du réseau.	☐ Transformer le courant alternatif en courant continu.
☐ Modifier la vitesse de rotation en faisant varier la fréquence et la tension.	☐ Servir de simple interrupteur de sécurité.

2 pts	Q25) Traçage de la caractéristique mécanique $Cu(n)$ correspondante sur le graphe de la question (Q22) et déduction de la vitesse de synchronisme $N's$ correspondante.	
-------	--	--

$$N'_S = \dots\dots\dots$$

2.5 pts	Q26) Fréquence f' et tension d'alimentation U'.	
---------	--	--

-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 14

.....

.....

.....

.....

.....

1 pt	<i>Q27) Vitesse moyenne V_m.</i>	
------	---	--

.....

.....

1 pt	<i>Q28) Débit volumique Q_V.</i>	
------	---	---

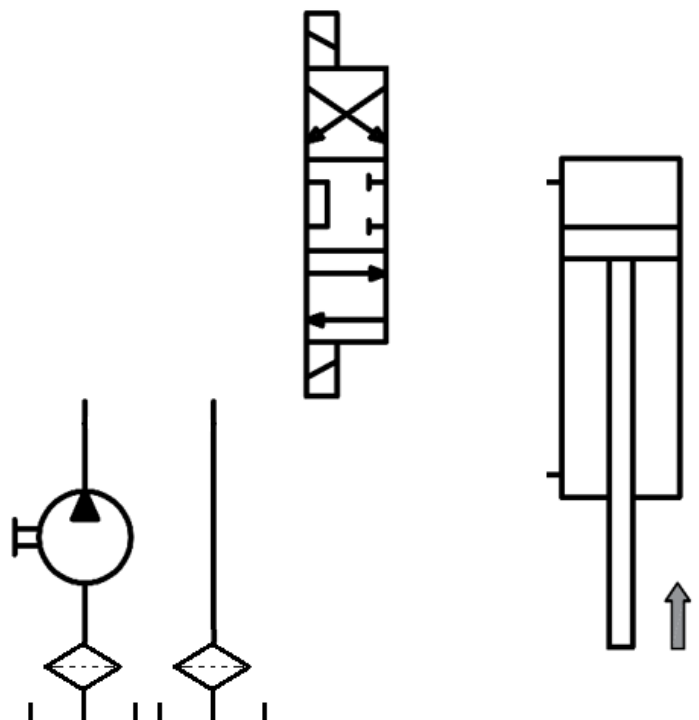
.....

.....

2 pts	<i>Q29) Circuit d'alimentation du vérin V et désignation du préactionneur .</i>	
-------	---	---

			✂

NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة	
		23 / 15	

	Nom du préactionneur : ☐ Distributeur hydraulique TOR ☐ Distributeur hydraulique proportionnel
	Désignation : ☐ 3/2 ☐ 4/2 ☐ 5/2 ☐ 4/3 ☐ 5/3

1 pt	Q30) Pertes dans le fer P_{Fer} et pertes joules P_{JN} :	
------	--	---

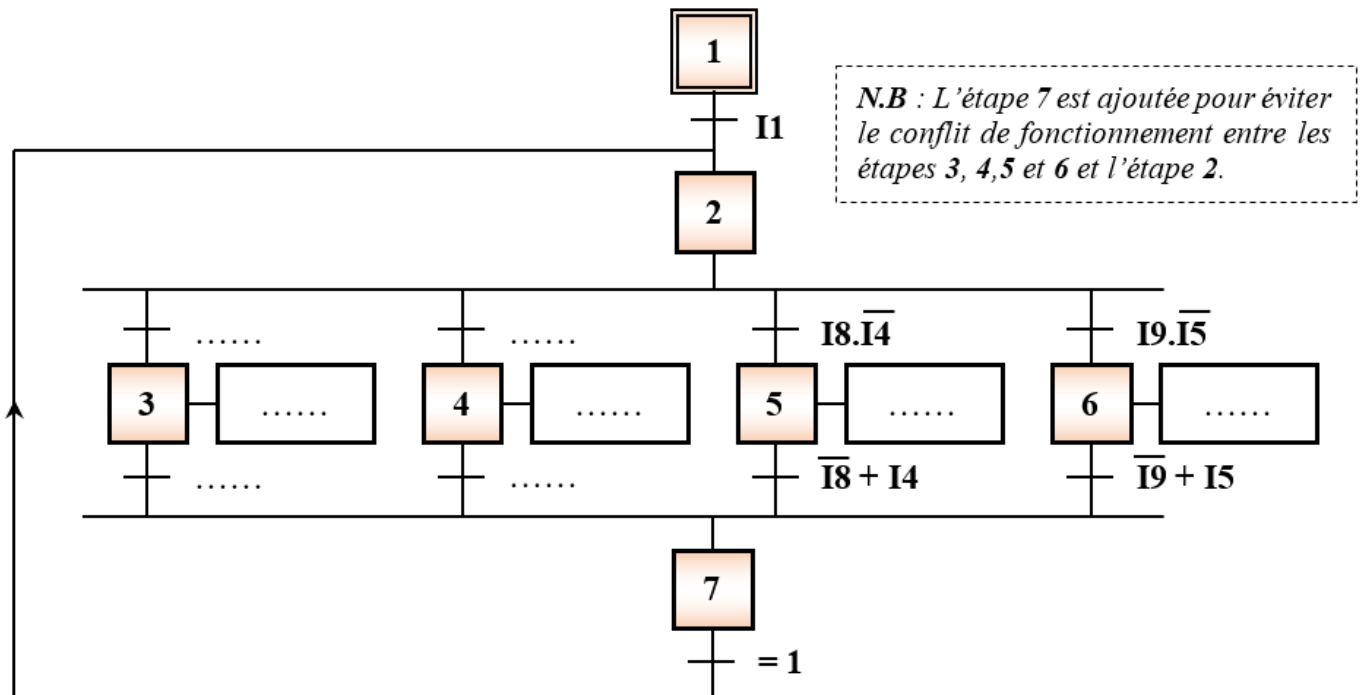
1.5 pt	Q31) Chute de tension ΔU_2 et tension U_{2N} :	
--------	---	---

			✂

NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة	
		23 / 16	

1 pt	Q32) Rendement η_N en % du transformateur :	
------	--	--

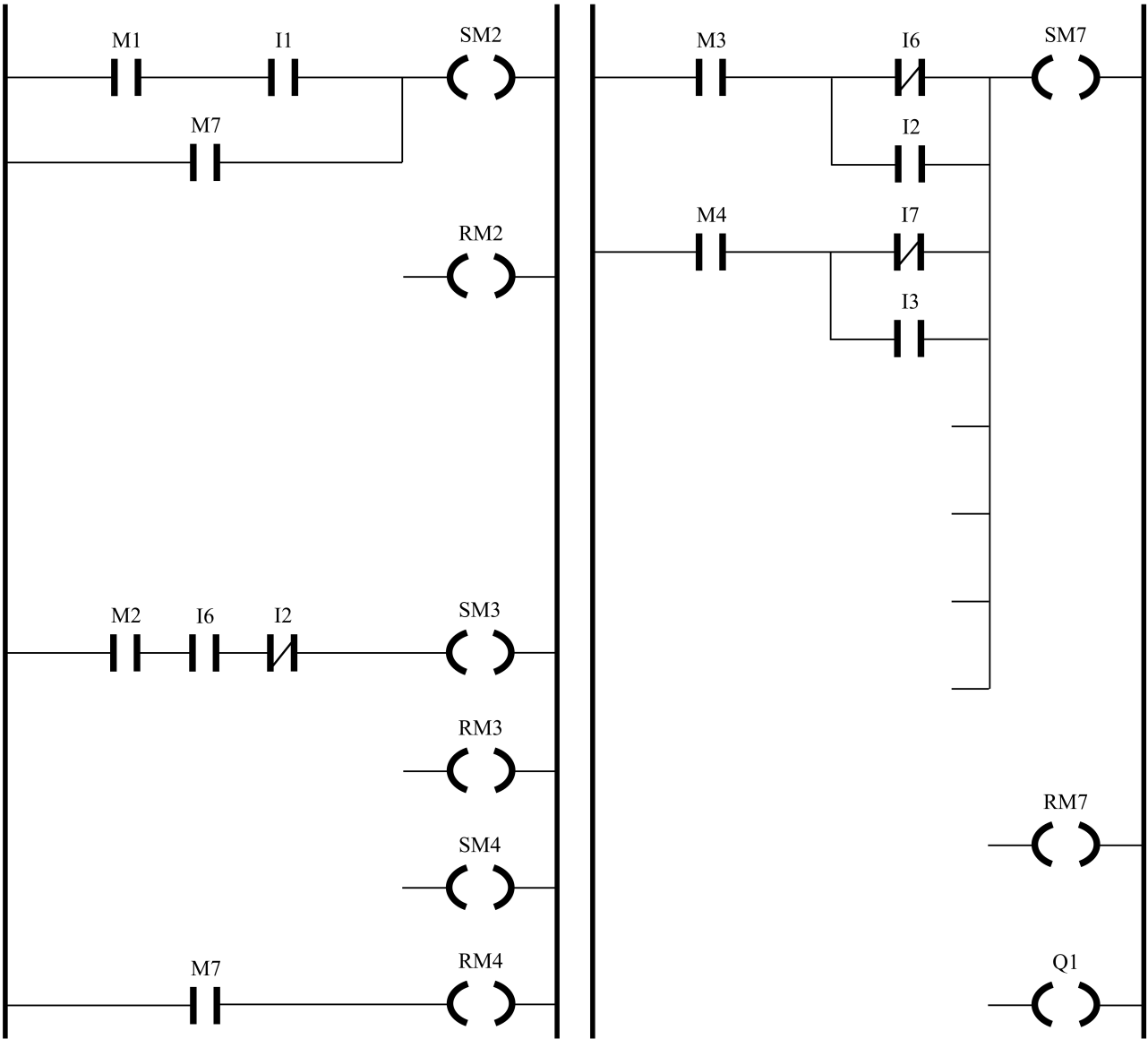
4 pts	Q33) GRAFCET du point de vue A.P.I.	
-------	-------------------------------------	---



			✂

NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة	
		23 / 17	

4 pts	Q34) Programme <i>Ladder</i> :	
-------	---------------------------------------	---



-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 18

2 pts	<i>Q35) Coefficients a et b et leurs unités.</i>	
.....		
.....		
.....		
.....		

1 pt	<i>Q36) Expression de la tension U :</i>	
.....		
.....		
.....		

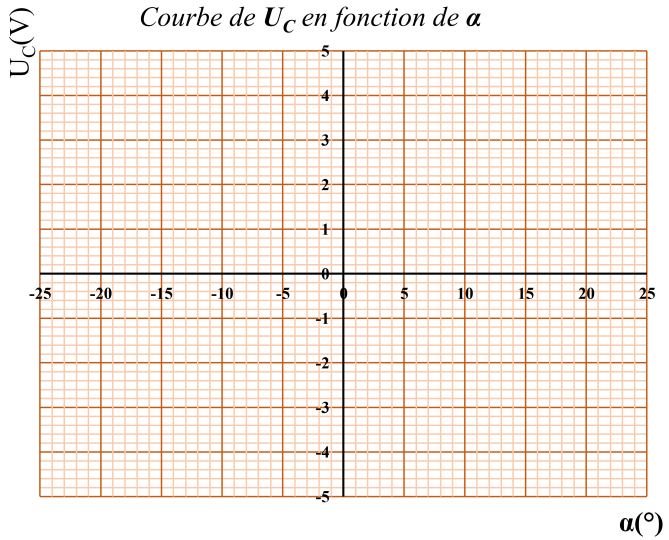
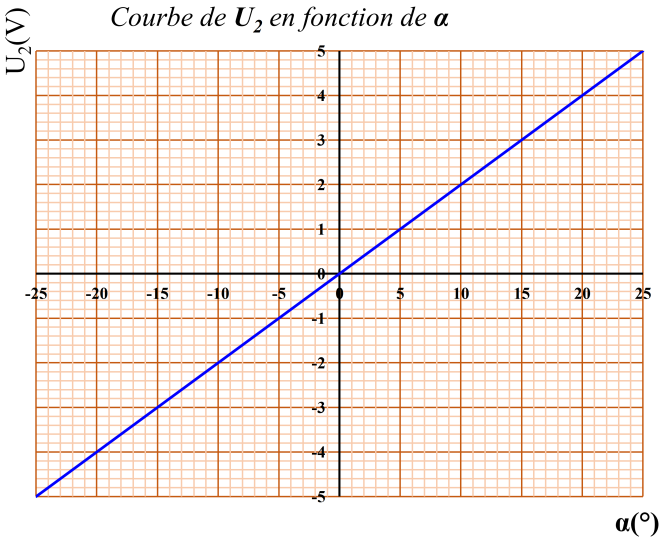
2 pts	<i>Q37) Expression de la tension U₂ .</i>	
.....		
.....		
.....		
.....		

		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 19

1.5 pt	Q38) Expression de la tension U_2 en fonction de α et valeur de V_{REF}:	
--------	---	---

1.5 pt	Q39) Tableau à compléter et traçage de la courbe U_C en fonction de α:	
--------	--	---

Tension U_C	$U_2 \geq 0\text{ V}$	$U_2 < 0\text{ V}$
	D_1 Conductrice	D_1 Bloquée
		



-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 20

1.5 pt	<i>Q40) Expression et valeur de R_2 :</i>	
--------	--	---

.....

.....

.....

1 pt	<i>Q41) Déplacement angulaire minimal P .</i>	
------	--	---

.....

.....

.....

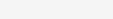
1 pt	<i>Q42) Nombre N de fronts descendants du signal EncA :</i>	
------	---	---

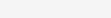
.....

.....

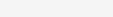
.....

-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - العادة : علوم المهندس	الصفحة
	التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	23 / 21

1 pt	Q43) Nombre de <i>bits</i> et <i>Justification</i> :	
------	--	---

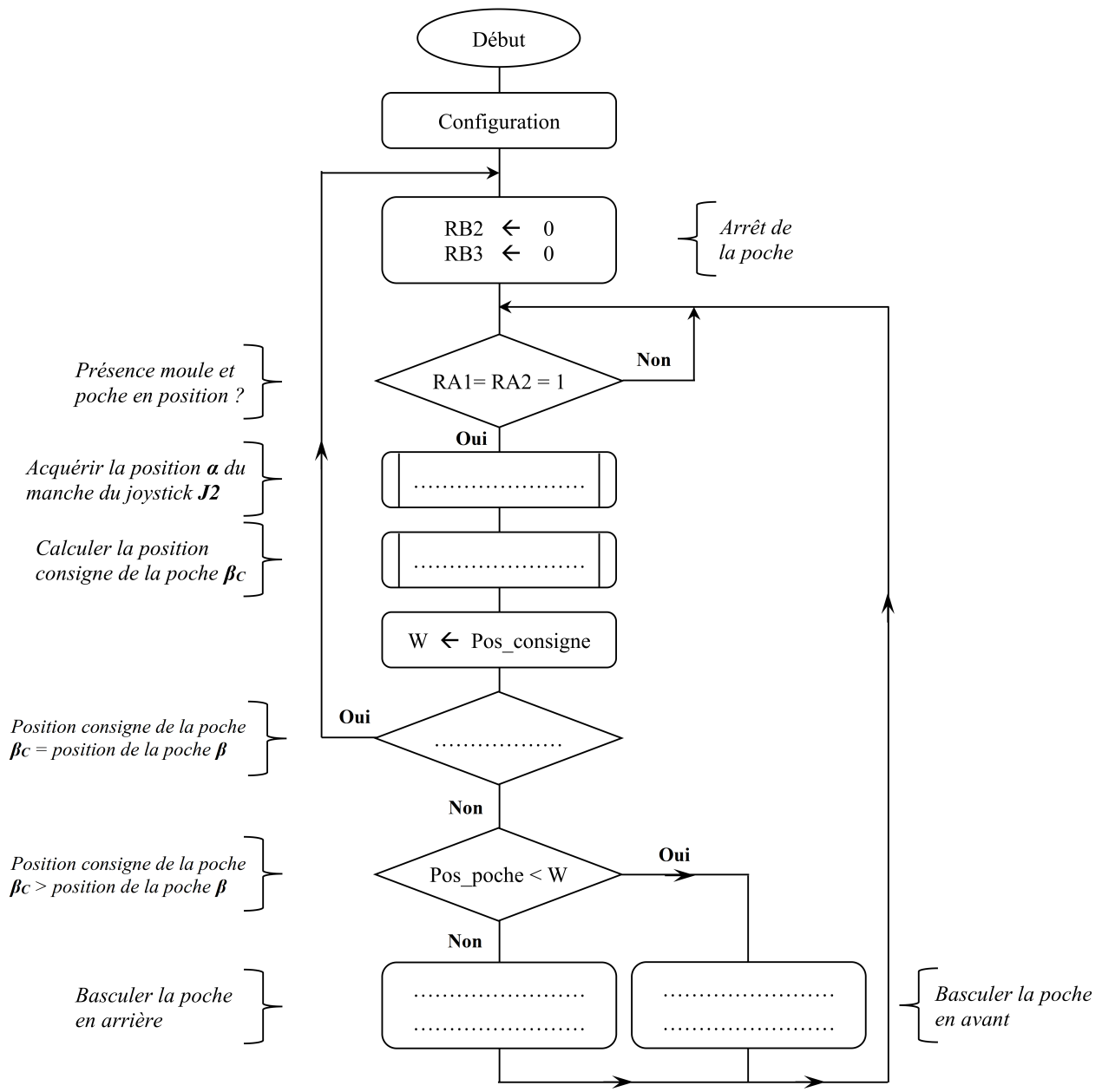
2 pts	Q44) Sous-programme d'interruption :	
-------	---	---

Interruption	BTFSS	PORTB, 1	; RB1 = 1 ?
			; Décrémenter position
			; RB ₁ = 0 ?
			; Incrémenter position
	BCF	INTCON, 1	; Drapeau d'interruption INTF à 0
			; Retour d'interruption

2.5 pts	Q45) Organigramme :	
---------	-----------------------------------	---

NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية		الصفحة
			23 / 22



-----		✂
NS 46	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الصفحة
		23 / 23

3 pts	Q46) Programme de <i>configuration</i> .	
-------	---	---

```

..... ;
..... ; Accès à la BANK 1
..... ;
..... ; RA0, RA1 et RA2 des entrées
..... ;
..... ; RB0, RB1 entrées-RB2, RB3 sorties

MOVLW    0x90      ;
MOVWF    INTCON    ; Validation de l'interruption INT
CLRF     OPTION    ; INT reconnaît un front descendant
MOVLW    0x0E      ;
MOVWF    ADCON1     ; Configuration du CAN interne
BCF      STATUS, 5  ; Accès à la BANK 0
MOVLW    0x81      ;
MOVWF    ADCON0     ; Configuration du CAN interne

```

N.B : Les bits non utilisés des registres **TRISA** et **TRISB** doivent être mis à **0**.