

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2024 -الموضوع-	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوطني للتقويم والامتحانات
1		
23		
***|	TTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTT	NS 46

4h	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعبة والمسلك

PONT ROULANT

☞ Le sujet comporte au total 23 pages.

☞ Le sujet comporte 3 types de documents :

- Pages 02 à 10 (feuilles jaunes) : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) ;
- Pages 11 à 14 (feuilles roses) : Documents ressources portant la mention **DRES XX** ;
- Pages 15 à 23 (feuilles blanches) : Documents réponses portant la mention **DREP XX** .

☞ Le sujet comporte 3 situations d'évaluation (SEV) :

- SEV1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET TRANSMISSION DE PUISSANCE...../24 pts
- SEV2 : ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAINE D'ÉNERGIE...../ 28 pts
- SEV3 : ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAINE D'INFORMATION/ 28 pts

☞ N.B :

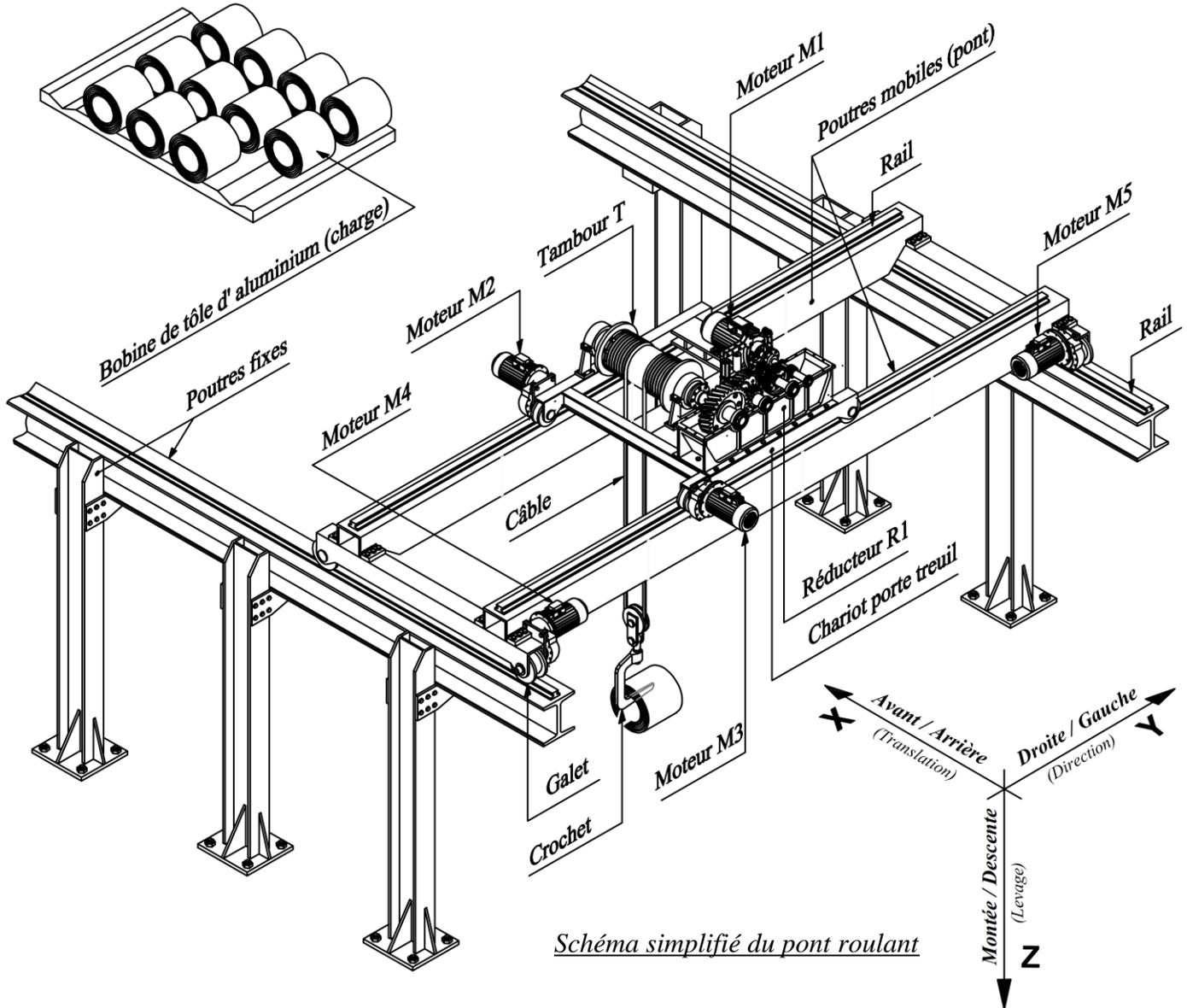
- Les trois SEV sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture de la présentation et de la description fonctionnelle (pages 2 et 3).
- La numérotation des questions est continue : de la question Q1 à la question Q49.

- Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses **DREP XX** ;
- Les pages portant en haut la mention **DREP XX** doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse ;
- Le sujet est noté sur 80 points ;
- Aucun document n'est autorisé ;
- Sont autorisées les calculatrices non programmables.

1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME

Le **pont roulant** est un appareil de manutention industrielle permettant de **déplacer** des charges lourdes. Le système, objet de l'étude, est un pont roulant situé dans une usine spécialisée dans le traitement et la découpe de tôles d'aluminium. Il permet de déplacer en toute sécurité, d'un poste de travail à un autre, des bobines de tôle d'aluminium de masse maximale de **10 tonnes**.

2. DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTÈME



Déplacement de la charge en translation suivant les axes X, Y et Z

- **Translation verticale de la charge suivant l'axe Z (Levage)**

La montée ou la descente de la charge est assurée par un **treuil de levage à câble** monté sur un chariot.

Ce **treuil** est composé principalement de :

- Un **moteur** asynchrone triphasé **M1** de levage associé à un **frein** à manque de courant ;
- Un **réducteur R1** de vitesse à trois étages d'engrenages parallèles ;
- Un **accouplement A1** (non représenté) assure la liaison entre le moteur **M1** et le réducteur **R1** ;

- Un **tambour T** sur lequel s'enroule le câble assurant le levage de la charge ;
- Un **accouplement A2** (non représenté) assure la liaison entre le réducteur **R1** et le tambour **T** ;
- Un **crochet** qui maintient la charge au cours de son déplacement.

- **Translation horizontale de la charge suivant l'axe Y**

Le déplacement à droite ou à gauche de la charge le long du **pont** (poutres mobiles) est assuré par un **chariot** porte treuil. Ce mouvement est assuré par deux moteurs identiques **M2** et **M3** à courant continu entraînant chacun un galet roulant sur **rail**. Chaque moteur est associé à un réducteur.

- **Translation horizontale de la charge suivant l'axe X**

Le déplacement en avant ou en arrière de la charge le long des **poutres fixes** est assuré par deux moteurs identiques **M4** et **M5** à courant continu entraînant chacun un galet roulant sur **rail**. Chaque moteur est associé à un réducteur.

La commande et la protection de l'équipement électrique du pont roulant (non représentées) comportent :

- Une armoire électrique contenant l'**appareillage** de commande et de protection ;
- Une Interface Homme/Machine (**IHM**) constituée de deux manettes industrielles (joysticks : voir figure ci-contre) **J1** et **J2** pour la commande du pont roulant :
 - ✓ Une manette (Joystick) **J1** à un axe commande la montée et la descente de la charge ;
 - ✓ Une manette (Joystick) **J2** à deux axes commande les déplacements du chariot à droite, à gauche, en avant et en arrière ;
- Des **capteurs** :
 - ✓ Quatre capteurs de fin de course, placés sur les quatre côtés du chariot, détectent les limites des déplacements du chariot à droite, à gauche, en avant et en arrière ;
 - ✓ Deux capteurs, **F_H** et **F_B**, placés sur l'axe du tambour, détectent les limites haute et basse de la charge ;
 - ✓ Un capteur **P**, de type radar d'une portée de **20 cm** à une centaine de mètres sur **360°**, détecte la présence d'obstacles lors du déplacement de la charge.



Joystick

3. SITUATIONS D'ÉVALUATION

SEV 1

ANALYSE FONCTIONNELLE ET TRANSMISSION DE PUISSANCE

24 points

ANALYSE FONCTIONNELLE PARTIELLE

On se propose d'appliquer au **treuil de levage** quelques outils de l'analyse fonctionnelle. Pour cela, il est recommandé de lire attentivement la présentation et la description fonctionnelle du système.

Tâche 1 : Application des outils de l'analyse fonctionnelle

Q.1- Compléter l'actigramme A-0 de la fonction globale du **treuil de levage**.

1 pt

Q.2- Compléter la **chaîne d'action** du **treuil de levage**.

3 pts

TRANSMISSION DE LA PUISSANCE DANS LE TREUIL DE LEVAGE

Le treuil de levage à câble est entraîné par le moteur **M1** et le réducteur **R1**. L'ensemble est équipé d'un **frein électromagnétique** à manque de courant agissant sur le bout arrière de l'arbre moteur.

Description du frein (Voir **DRES 01**)

Ce frein est composé de :

- Un plateau fixe (**16**) lié au moteur sur lequel est encastré trois goujons (colonnes **17**) répartis à **120°** ;
- Deux disques de freinage (**20**) coulissant sur une douille cannelée (**12**). Celle-ci est clavetée sur le bout de l'arbre (**2**) du moteur **M1** ;
- Un plateau flottant (**14**) placé entre les deux disques de freinage (**20**) ;
- Un électro-aimant (**22**) logé dans la culasse (**23**). Celle-ci est fixée sur les trois goujons (colonnes **17**) par les écrous H (**24**) ;
- Une armature mobile (**15**) coulissant sur les trois colonnes (**17**) ;
- Trois ressorts de compression (**18**) agissant sur l'armature mobile (**15**) pour exercer l'effort normal **N** nécessaire au freinage.

Fonctionnement du frein

- Quand le courant est absent dans la bobine de l'électro-aimant (**22**), les **3** ressorts de compression (**18**) plaquent l'armature mobile (**15**), le plateau flottant (**14**) et les disques de freinage (**20**) contre le plateau fixe (**16**). **L'arbre moteur (2) est freiné.**
- Une fois la bobine de l'électro-aimant (**22**) est alimentée, l'armature mobile (**15**) est attirée vers la culasse (**23**) libérant ainsi les disques de freinage (**20**). **L'arbre moteur (2) est libre de tourner.**

Tâche 2 : Étude du frein à manque de courant

L'objectif de cette étude est de valider le choix du frein à manque de courant associé au moteur **M1**.

En se référant au document **DRES 01** :

Q.3- Compléter le **tableau** proposé.

3 pts

Q.4- Compléter le **schéma** cinématique du frein à manque de courant associé au moteur **M1**.

1,5 pt

Q.5- Donner le **nom** complet de ce frein en précisant : son **type**, la **nature des surfaces frottantes** et le **type de commande**.

0,5 pt

Q.6- Sur quels **éléments** doit-on agir pour régler l'intensité de l'effort presseur normal **N** nécessaire au freinage ?

0,5 pt

L'effort presseur normal exercé par chaque ressort (**18**), après réglage, est **Nr = 210 N**.

Les caractéristiques des garnitures identiques (**21**) et du moteur **M1** sont définies au **DRES 01**.

Le couple **C_f** de freinage est défini par l'expression :

$$C_f = \frac{2n.N.f}{3} \cdot \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) \text{ Avec :}$$

n : nombre de surfaces frottantes ;

N : effort presseur normal (en **N**) exercé par l'ensemble des ressorts (**18**) ;

f : coefficient d'adhérence entre garniture et acier ;

R : rayon extérieur (en **m**) des garnitures identiques (**21**) ;

r : rayon intérieur (en **m**) des garnitures identiques (**21**).

Q.7- Calculer en $N.m$ le couple de freinage C_f .

1,5 pt

Q.8- Calculer en $N.m$ le couple moteur C_m .

1 pt

Q.9- Le choix de ce frein est-il **convenable** ? Justifier.

1 pt

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DE LA TRANSMISSION DANS LE TREUIL DE LEVAGE

Pour assurer la stabilité du système au cours de déplacement vertical de la charge, le cahier des charges fonctionnel (C.d.C.F) impose des exigences à respecter.

Parmi ces exigences, on cite :

- Vitesse de rotation N_T du tambour T : $9 \text{ tr/min} \leq N_T \leq 10 \text{ tr/min}$;
- Couple minimal C_{mini} transmis au tambour T : $C_{\text{mini}} = 8400 \text{ N.m}$.

Tâche 3 : Calcul des caractéristiques mécaniques de transmission du treuil de levage

Afin de vérifier le respect des deux exigences, citées ci-dessus, imposées par le constructeur, répondez aux questions suivantes (Voir **DRES 02**) :

Q.10- Calculer le rapport de transmission rg du réducteur $R1$.

1,5 pt

Q.11- Calculer la vitesse de rotation N_s en tr/min à la sortie de réducteur $R1$.

1 pt

Q.12- Déduire la vitesse de rotation N_T en tr/min du tambour T .

0,5 pt

Sachant que le rendement de la chaîne de transmission de puissance entre le moteur $M1$ et le tambour T est $\eta = 0,85$.

Q.13- Calculer en kW la puissance mécanique P_T transmise au tambour T .

1,5 pt

Q.14- Calculer le couple C_T en $N.m$ transmis au tambour T .

1,5 pt

Q.15- Tenant compte des résultats obtenus des questions **Q12** et **Q14**, est-ce que la chaîne de transmission de puissance du treuil de levage répond aux **exigences** mentionnées dans le **C.d.C.F.** ? Justifier.

1 pt

TRAVAIL GRAPHIQUE ET COTATION

Tâche 4 : Représentation graphique et cotation de la roue dentée (29)

Q.16- Compléter le **dessin** de définition, **sans les traits cachés**, de la roue dentée (29) en :

3 pts

- Vue de **face** ;
 - Vue de **droite** en coupe A-A.
- || N.B : Il sera tenu compte de la présentation et du respect des règles de dessin.

Q.17- Compléter la **cotation** dimensionnelle de la roue dentée (29) en mettant en place les cotes suivantes : 1 pt

- La largeur de la denture : **40 mm** ;
- Le diamètre primitif : **224 mm** ;
- Le diamètre de tête : **230,92 mm** ;
- Le diamètre de pied : **215,35 mm**.

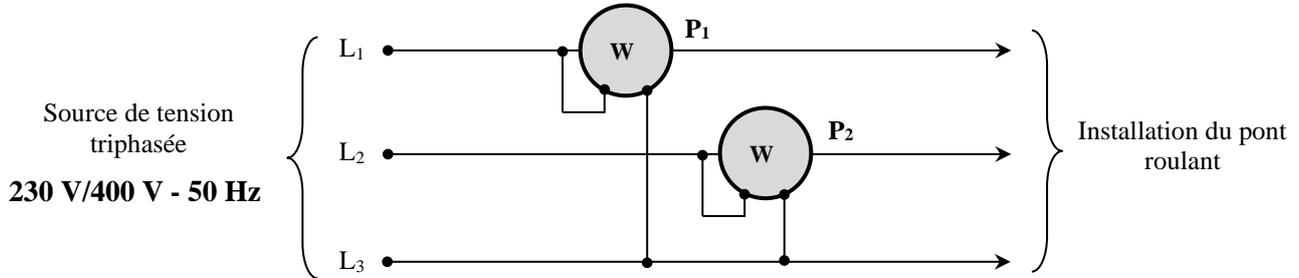
SEV 2

ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAÎNE D'ÉNERGIE

28 points

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

L'installation électrique du pont roulant est considérée comme un récepteur triphasé équilibré. Elle est alimentée par un réseau électrique triphasé **230 V/400 V - 50 Hz**.



La mesure de puissance par la méthode des deux wattmètres a donné : $P_1 = 14560 \text{ W}$ et $P_2 = 6940 \text{ W}$.

Q.18- Calculer les puissances totales P et Q absorbées par l'installation ;

1,5 pt

Q.19- En déduire la puissance apparente S et le facteur de puissance $\cos \varphi$ de l'installation ;

1,5 pt

On désire relever le facteur de puissance de l'installation à la valeur $\cos \varphi' = 0,95$ en utilisant une batterie de trois condensateurs identiques couplés en triangle.

Q.20- Calculer la valeur de la capacité C d'un condensateur.

1,5 pt

Tâche 2 : Étude du moteur asynchrone triphasé M1 du treuil

Le moteur asynchrone triphasé **M1** est alimenté par le réseau électrique triphasé **230/400 V - 50 Hz**.

Les caractéristiques du moteur **M1**, pour le **fonctionnement nominal**, sont données ci-dessous :

$\Delta 230 \text{ V}$	50 Hz	965 tr/min	11 kW	$\cos \varphi = 0,75$	$\Delta 40,35 \text{ A}$
Y 400 V					Y 23,3 A

En exploitant ces caractéristiques, on demande de :

Q.21- Préciser le couplage des enroulements du stator.

1 pt

Q.22- Calculer la puissance active P absorbée et le rendement η .

2 pts

Q.23- Calculer le moment du couple utile C_u .

1 pt

Q.24- Sachant que le moteur possède **6 pôles**, calculer en **tr/min** la vitesse de synchronisme n_s .

1 pt

Q.25- En déduire le glissement g en %.

1 pt

La charge maximale à soulever impose au moteur un couple résistant $C_R = 108 \text{ N.m}$ supposé constant.

On admet que la caractéristique mécanique $C_u(n)$ du moteur est assimilable à une droite d'équation :

$C_u(n) = -3,11.n + 3110$; avec C_u en **N.m** et n en **tr/min**. Calculer :

Q.26- La vitesse de rotation n en **tr/min** du moteur en charge maximale.

1,5 pt

Q.27- La puissance utile P_{UM} que doit fournir le moteur et justifier si le **choix** de ce dernier est correct.

2 pts

Tâche 3 : Alimentation des 2 moteurs M2 et M3 du chariot

La translation du chariot porte treuil suivant l'axe **Y** est assurée par deux moteurs à courant continu, à aimants permanents, **M2** et **M3**, identiques, montés en parallèle. (Figure ci-dessous).

Le circuit de commande des deux moteurs **M2** et **M3** est composé de :

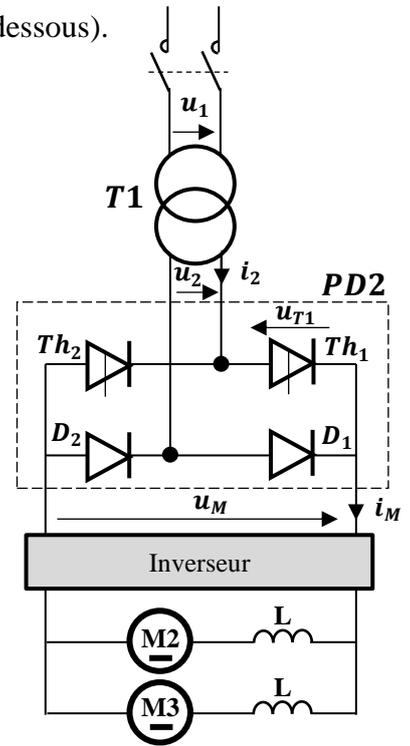
- Un transformateur **T1** abaisseur de tension ;
- Un pont mixte **PD2** qui permet de redresser la tension et de varier sa valeur moyenne et ainsi ajuster la vitesse du chariot ;
- Un inverseur pour changer le sens de rotation des deux moteurs.

ÉTUDE DU PONT REDRESSEUR MIXTE PD2

Les thyristors Th_1 , Th_2 et les diodes D_1 , D_2 sont supposés parfaits.

Le pont **PD2** est alimenté par la tension $u_2(t) = U_2\sqrt{2} \sin(\theta)$ (avec : $\theta = \omega t$; $f = 50 \text{ Hz}$). Le courant $i_M(t)$ en sortie du pont est supposé constant et égal à $I_M = 15 \text{ A}$.

On note α l'angle de retard à l'amorçage des thyristors Th_1 et Th_2 .



Q.28- Rappeler les conditions nécessaires pour amorcer un thyristor. **1 pt**

Q.29- Pour $\alpha = 0$, la valeur moyenne de la tension $u_M(t)$ est $\langle u_M \rangle = 180 \text{ V}$. Calculer la valeur efficace U_2 de la tension appliquée à l'entrée du pont. **1,5 pt**

Q.30- Pour $\alpha = \frac{\pi}{3}$, représenter sur une période l'allure des tensions $u_M(\theta)$ et $u_{T1}(\theta)$. **2 pts**

Q.31- Pour $\alpha = \frac{\pi}{3}$, représenter sur une période l'allure du courant $i_2(\theta)$ délivré par le transformateur. **1 pt**

Q.32- En vous aidant des polarités **A** et **B** proposées dans le tableau, compléter le schéma de câblage des contacteurs **KM1** et **KM2** de l'inverseur. **1,5 pt**

ÉTUDE DU TRANSFORMATEUR T1

Le transformateur **T1** est défectueux, on doit refaire le bobinage des circuits primaire et secondaire.

En tenant compte des données suivantes :

- La tension au primaire est $U_1 = 400 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$;
- La tension au secondaire est $U_2 = 200 \text{ V}$;
- La chute de tension au secondaire est $\Delta U_2 = 8 \text{ V}$;
- La section du circuit magnétique du transformateur est $s = 65 \text{ cm}^2$;
- La valeur maximale du champ magnétique est $B_{\max} = 1,4 \text{ T}$.

Q.33- Calculer la tension U_{20} au secondaire à vide, en déduire m le rapport de transformation. **1,5 pt**

Q.34- Déterminer le nombre de spires N_1 au primaire et N_2 au secondaire. **1,5 pt**

Tâche 4 : Protection des personnes

L'installation électrique du pont roulant adopte un schéma de liaison à la terre **TT** pour son branchement sur le réseau public **230/400 V**.

Q.35- Donner la signification de chaque **lettre** de ce schéma de liaison à la terre. **1 pt**

Q.36- Donner le **nom** du dispositif de protection qui permettra d'assurer la protection des personnes contre les risques de contact électrique indirect. **1 pt**

On suppose que l'usine se trouve en milieu **humide** et que la sensibilité du dispositif de protection est : $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$.

Q.37- Rappeler la valeur normalisée de la tension limite de sécurité U_L et calculer la valeur maximale R_U de la résistance de terre de cette installation. **2 pts**

SEV 3

ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAÎNE D'INFORMATION

28 points

Le déplacement vertical de la charge (levage) est géré par un automate programmable industriel (**A.P.I.**).

Les tableaux donnés en **DRES 03** précisent les affectations des entrées et des sorties de l'**A.P.I.**

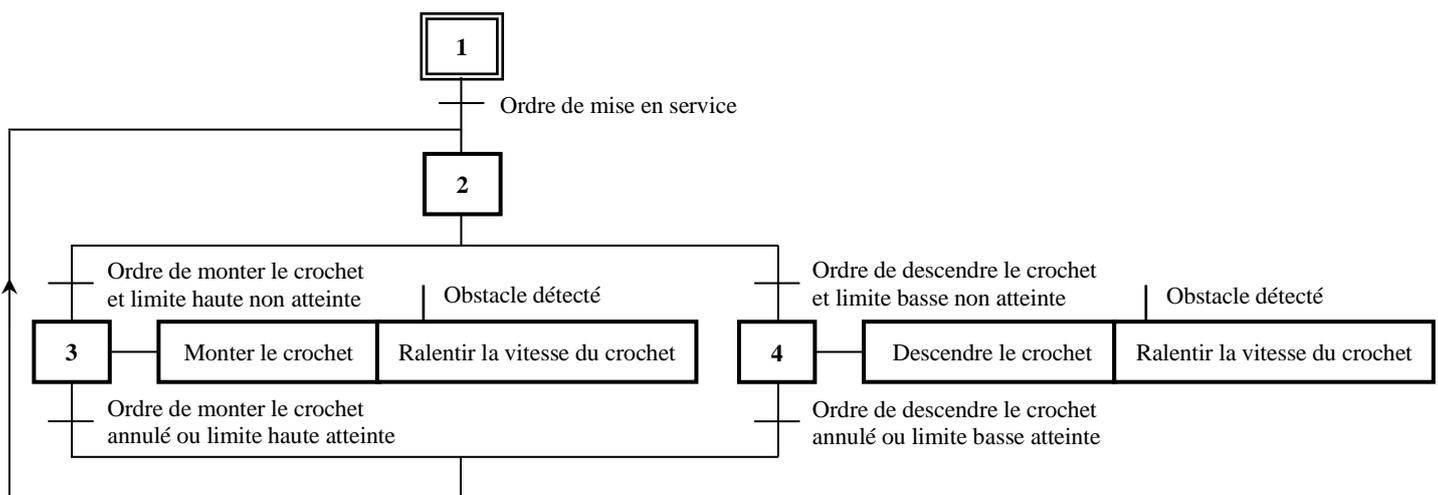
Le schéma synoptique de commande de déplacement vertical du crochet est donné en **DRES 03**.

On note que le moteur **M1** ralentit à la vitesse V_R lorsque le capteur **P** détecte, à une distance **d** prédéfinie, la présence d'un obstacle.

Tâche 1 : Étude du GRAFCET de déplacement vertical du crochet (levage)

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

Le cycle de déplacement vertical de la charge suivant l'axe **Z** est décrit par le GRAFCET fonctionnel suivant :



En se référant aux tableaux d'affectations des entrées et des sorties de l'**A.P.I.** du document **DRES 03**, compléter :

Q.38- Le GRAFCET du point de vue **A.P.I.** **4 pts**

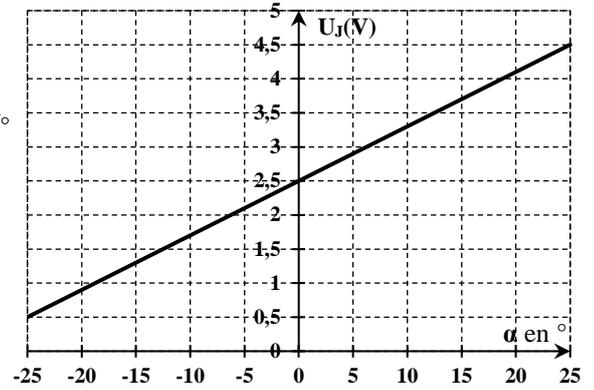
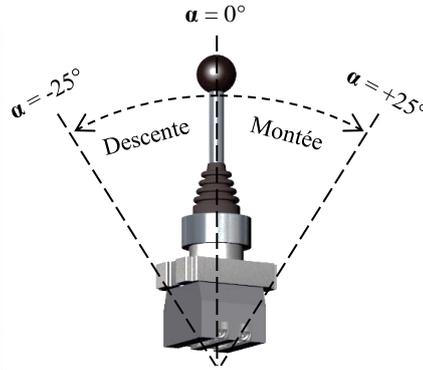
Q.39- Le programme Ladder correspondant aux étapes 2, 3 et 5 et à l'action **Q3**. **4 pts**

Tâche 2 : Acquisition de la position du manche de la manette de commande du crochet

La montée ou la descente du crochet est commandée par l'opérateur grâce à une manette industrielle : plus le manche de la manette est poussé vers l'extrémité plus la vitesse du moteur augmente.

La manette de pilotage du crochet (Joystick **J1**) est de type analogique. Alimentée en **5 V**, elle délivre une sortie analogique U_J de **0,5 à 4,5 V** lorsque la position du manche α varie de **-25° à +25°**.

- $\alpha = 0^\circ$: manche de la manette en position médiane (manche relâché).
- $\alpha = +25^\circ$: manche de la manette à l'extrémité avant.
- $\alpha = -25^\circ$: manche de la manette à l'extrémité arrière.



Fonction de transfert de la manette : $U_J = f(\alpha)$

Q.40- Calculer la sensibilité de ce capteur $s = \frac{\Delta U_J}{\Delta \alpha}$ et préciser son unité, en déduire l'expression de la tension

U_J (en Volt) en fonction de la position du manche α (en °).

2 pts

ADAPTATION DU SIGNAL ISSU DU JOYSTICK

Le signal U_J , à la sortie de la manette, est numérisé par un convertisseur analogique numérique (CAN interne du PIC 16F876). Le signal à l'entrée du CAN doit être compris entre **0** et **5 V**, lorsque la position du manche de la manette α varie de **-25° à +25°**.

Tâche 3 : Étude du circuit de décalage du signal U_J

L'objectif est de conditionner le signal U_J pour exploiter toute l'échelle du convertisseur analogique numérique, alors on utilise le montage autour de l'amplificateur **AO2** représenté sur le document **DRES 03**.

Q.41- Donner l'expression de U_S en fonction de U_J , U_d , R_2 et R_3 . En déduire que l'expression de U_S en fonction

de la position α du manche de la manette s'écrit : $U_S = \frac{R_3 + R_2}{2 \cdot R_2} \cdot (0,08 \cdot \alpha + U_d + 2,5)$.

3 pts

Q.42- Pour $\alpha = -25^\circ$, calculer la valeur de la tension U_d pour avoir $U_S = 0 V$.

1,5 pt

Q.43- Sachant que $R_2 = 22 k\Omega$ et $U_S = \frac{R_3 + R_2}{2 \cdot R_2} \cdot (0,08 \cdot \alpha + 2)$, calculer la valeur de la résistance R_3 pour avoir

$U_S = 5 V$ pour $\alpha = +25^\circ$.

1,5 pt

Tâche 4 : Numérisation du signal U_S

La tension U_S image de la position α du manche de la manette est numérisée par le convertisseur analogique numérique interne au **PIC 16F876**. On donne :

- La valeur numérique N de la conversion correspondante à α : $N = \frac{U_S}{5} \cdot 511$ (conversion sur **9 bits**) ;
- L'expression de la tension U_S en fonction de α : $U_S = 0,1 \cdot \alpha + 2,5$ (en Volt).

Q.44- Déterminer les valeurs de U_S correspondant aux positions $\alpha_1 = +12^\circ$ et $\alpha_2 = -12^\circ$.

1 pt

Q.45- En déduire les valeurs $N1$ et $N2$ du mot N (valeurs entières en base décimale) correspondant aux positions : $\alpha_1 = + 12^\circ$ (montée du crochet) et $\alpha_2 = - 12^\circ$ (descente du crochet). **2 pts**

ÉLABORATION DE LA COMMANDE DU VARIATEUR DE VITESSE DU MOTEUR DE LEVAGE

Le variateur de vitesse du moteur $M1$ est commandé par une tension U_C qui varie de 0 à 10 V, lorsque le manche de la manette est poussé vers l'extrémité (α varie de 0° à $\pm 25^\circ$), par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique/analogique (C.N.A à 8 bits) connecté au **PORTB** du microcontrôleur.

Tâche 5 : Restitution du signal U_C « consigne de vitesse du moteur $M1$ »

Le nombre N_C (vitesse consigne) est calculé par le microcontrôleur et généré sur le **PORTB**, ce nombre est converti en tension U_C par le C.N.A représenté sur le document **DRES 03**.

On donne : $U_C = \frac{U_{REF}}{2^8} \cdot N_C$ Avec $N_C = 2^7 \cdot RB_7 + 2^6 \cdot RB_6 + 2^5 \cdot RB_5 + 2^4 \cdot RB_4 + 2^3 \cdot RB_3 + 2^2 \cdot RB_2 + 2^1 \cdot RB_1 + 2^0 \cdot RB_0$

Q.46- Calculer la valeur de la tension U_{REF} du C.N.A pour avoir $U_C = 10$ V à pleine échelle. **2 pts**

Q.47- On admet que $U_C = 0,04 \cdot N_C$, calculer le nombre N_{Cm} (en décimal) permettant de sélectionner la vitesse minimale de déplacement du crochet correspondant à $U_C = 3$ V. **1 pt**

Tâche 6 : Calcul de la vitesse de consigne et détermination du sens de déplacement

Pour calculer la vitesse de consigne et déterminer le sens de déplacement du crochet (montée ou descente), le PIC agit selon l'algorithme suivant :

- Acquérir la position α du manche de la manette de commande par un sous-programme appelé 'Acquisition' qui convertit le signal U_s image de α en un nombre N sur 9 bits, stocké dans les cases mémoires appelées N_H (N_{H0} bit de poids fort de N) et N_L (8 bits de poids faible de N) ;
- Déterminer à partir de N_{H0} (bit 0 de N_H) et de N_L :
 - Le code de la vitesse consigne N_C (sur 8 bits) : $N_C = N_L$ si $\alpha > 0$ et $N_C = \bar{N}_L$ si $\alpha < 0$;
 - Le sens de déplacement du crochet (montée ou descente) en positionnant les bits RA1 et RA2.
- Mettre N_C à 0 si $N_C < N_{Cm}$ (N_{Cm} : code de la vitesse de déplacement minimal du crochet) ;
- Transférer le code N_C au convertisseur numérique analogique via le **PORTB**, pour restituer le signal U_C de commande du variateur de vitesse du moteur $M1$.

Exemple :

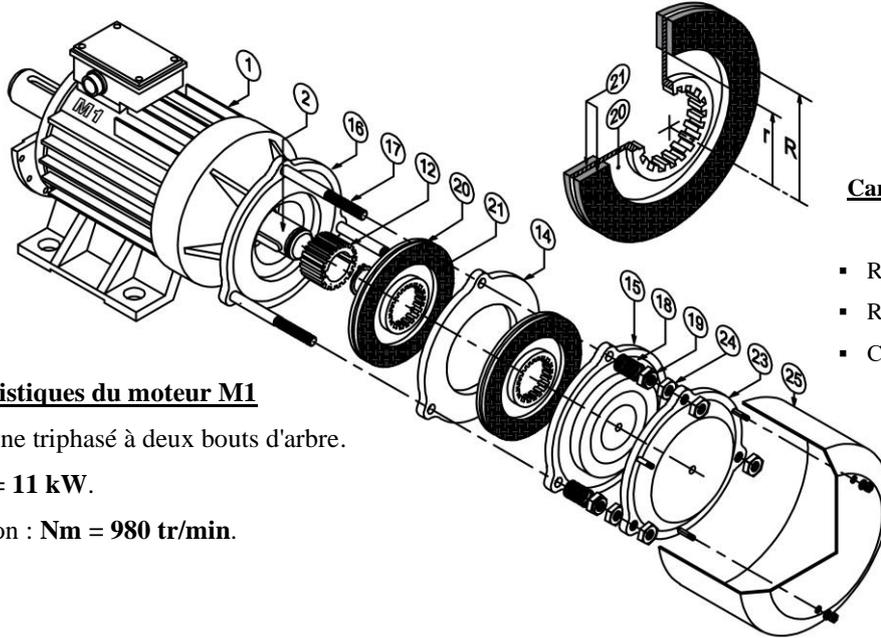
	N_H	N_L	
$\alpha_{max} = + 25^\circ$ ($\alpha > 0$)	0000 0001	1111 1111	Vitesse maximale de montée : $N_C = N_L = 255$ Bit 0 de $N_H = 1$: ordre de monter le crochet.
$\alpha_{min} = - 25^\circ$ ($\alpha < 0$)	0000 0000	0000 0000	Vitesse maximale de descente : $N_C = \bar{N}_L = 255$ Bit 0 de $N_H = 0$: ordre de descendre le crochet.

En vous aidant de l'algorithme ci-dessus et du jeu d'instructions fourni en **DRES 04**, compléter :

Q.48- L'organigramme correspondant. **3 pts**

Q.49- Le programme de configuration du microcontrôleur PIC 16F876. (Mettre les bits non utilisés du registre **TRISA** à 0). **3 pts**

Vue éclatée du frein à manque de courant associé au moteur M1

DRES 01


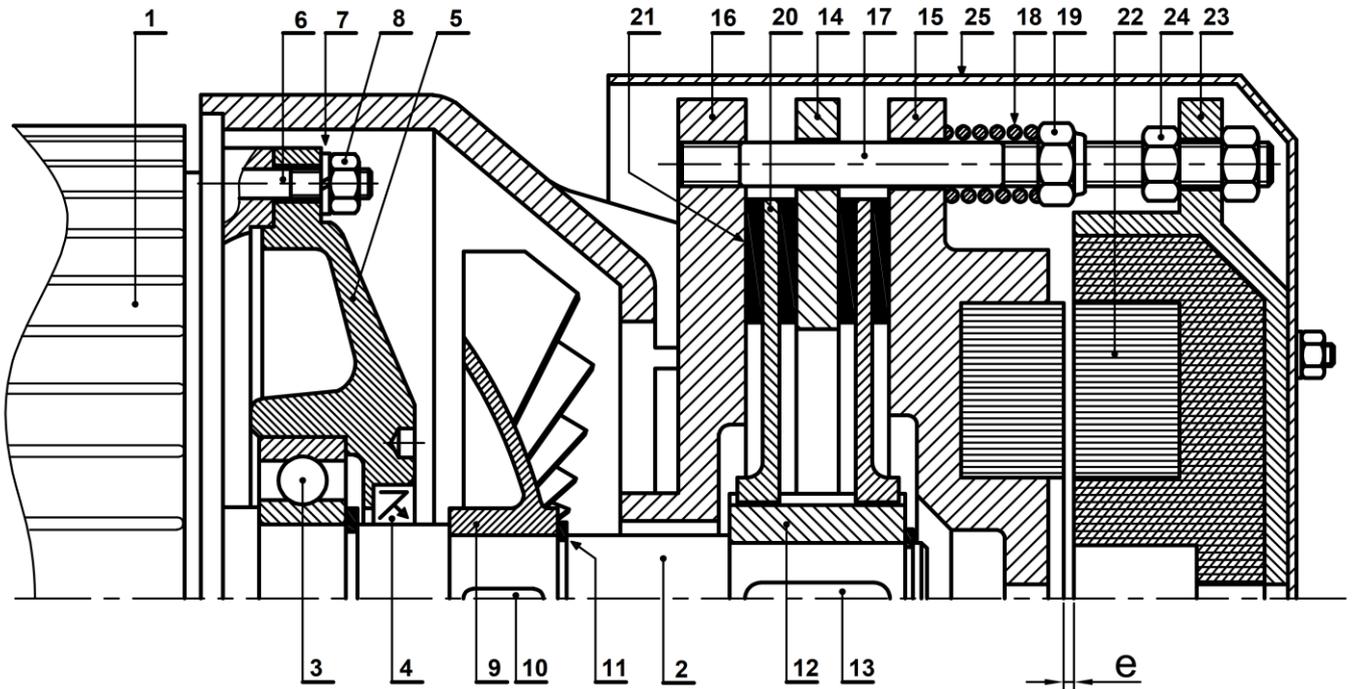
Caractéristiques des garnitures identiques (21)

- Rayon intérieur : $r = 90 \text{ mm}$.
- Rayon extérieur : $R = 130 \text{ mm}$.
- Coefficient d'adhérence : $f = 0,4$.

Caractéristiques du moteur M1

- Moteur asynchrone triphasé à deux bouts d'arbre.
- Puissance : $P_m = 11 \text{ kW}$.
- Vitesse de rotation : $N_m = 980 \text{ tr/min}$.

Dessin d'ensemble du frein à manque de courant associé au moteur M1



12	01	Douille cannelée
11	01	Anneau élastique
10	01	Clavette parallèle
09	01	Ventilateur
08	06	Ecrou H
07	06	Rondelle Grower
06	06	Goujon
05	01	Flasque
04	01	Joint à lèvres
03	01	Roulement type BC
02	01	Arbre moteur (bout arrière)
01	01	Moteur M1
Rep	Nbr	Désignation

25	01	Capot
24	06	Ecrou H
23	01	Culasse bobinée
22	01	Electro-aimant
21	04	Garniture de frein
20	02	Disque de freinage
19	03	Ecrou auto-frein
18	...	Ressort de compression
17	03	Goujon (colonne)
16	01	Carter (plateau fixe)
15	01	Armature mobile de l'électro-aimant
14	01	Plateau flottant
13	01	.....

Vue 3D partielle du treuil à câble

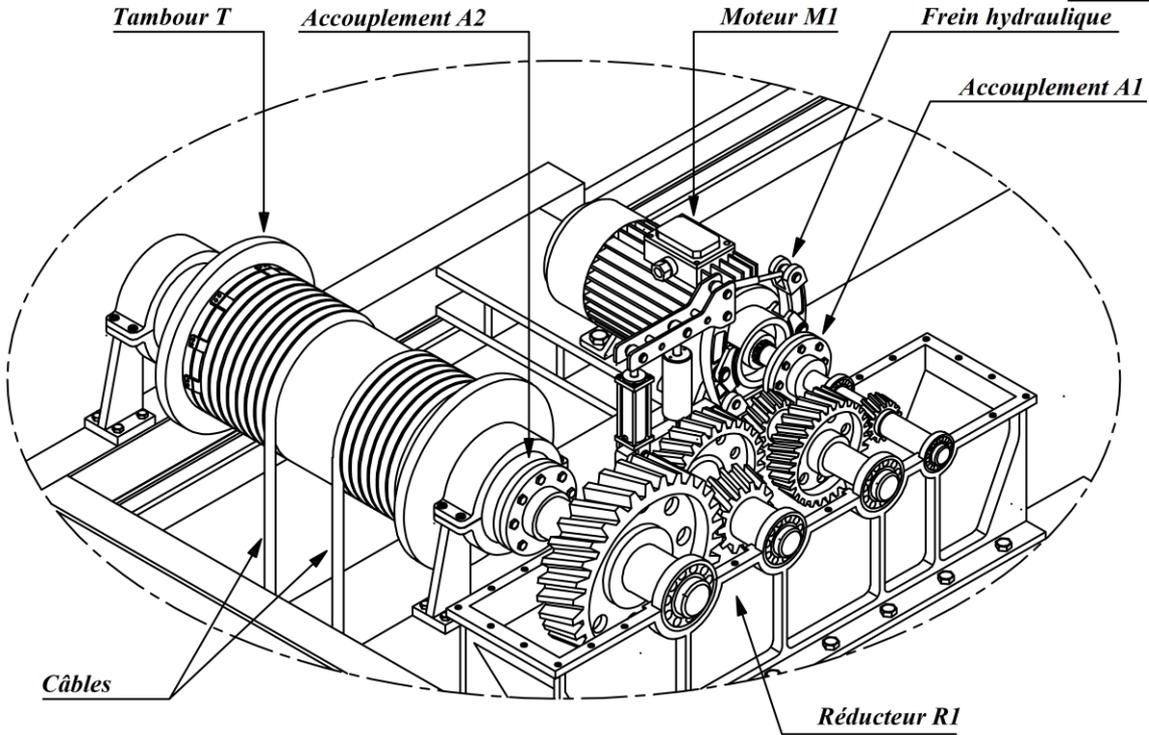
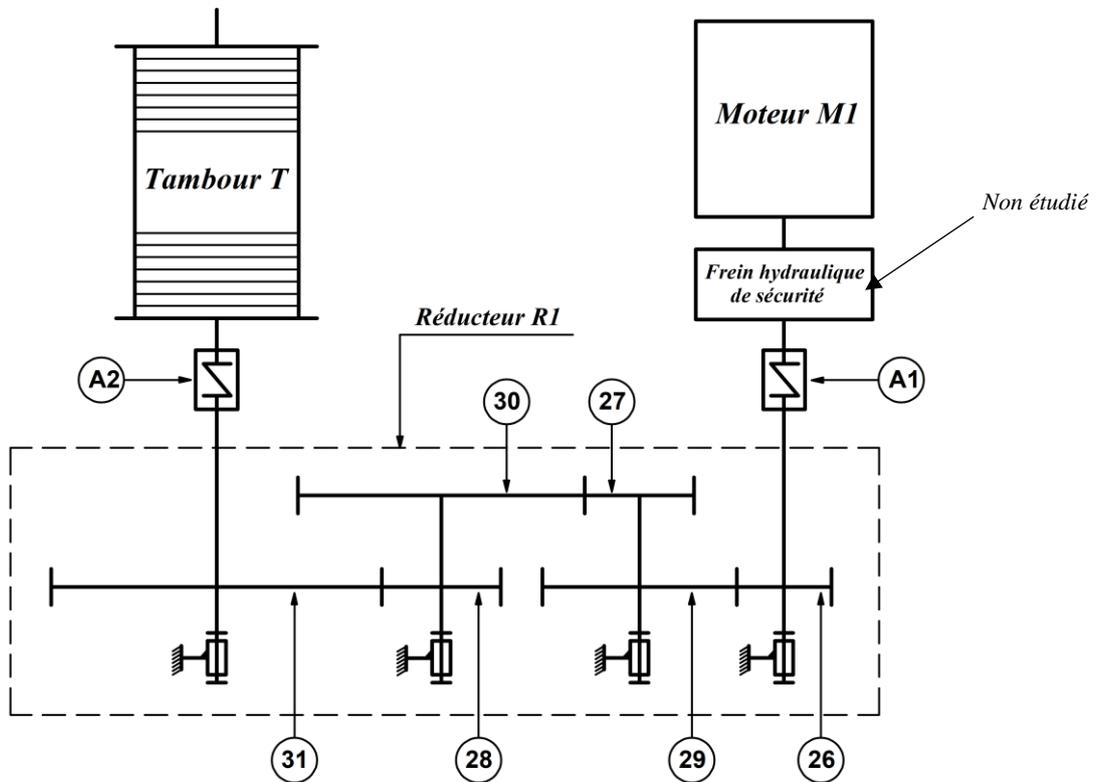


Schéma cinématique du treuil à câble (vue de dessus)



Caractéristiques des roues dentées dans le réducteur R1

Roue	Nombre de dents
26	$Z_{26} = 14$ dents
27	$Z_{27} = 15$ dents
28	$Z_{28} = 18$ dents

Roue	Nombre de dents
29	$Z_{29} = 56$ dents
30	$Z_{30} = 75$ dents
31	$Z_{31} = 90$ dents

Caractéristiques du moteur M1

- Moteur asynchrone triphasé à deux bouts d'arbre.
- Puissance : $P_m = 11$ kW.
- Vitesse de rotation : $N_m = 980$ tr/min.

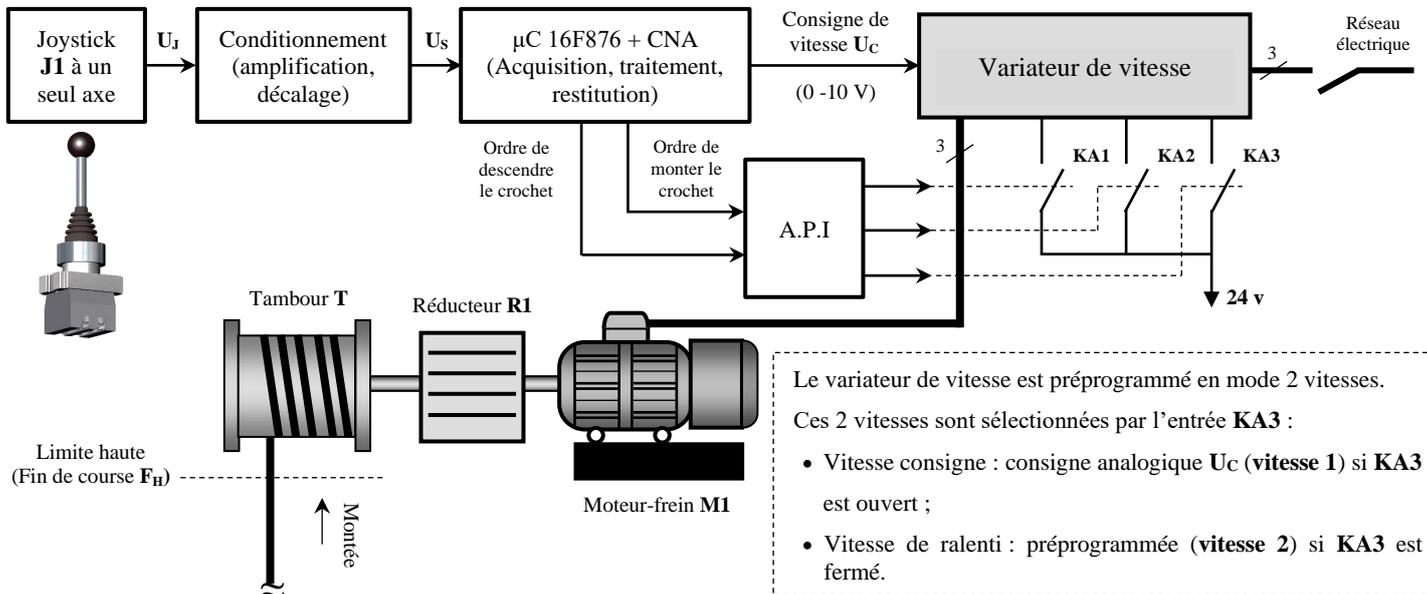
Tableaux d'affectations des entrées et des sorties de l'API

DRES 03

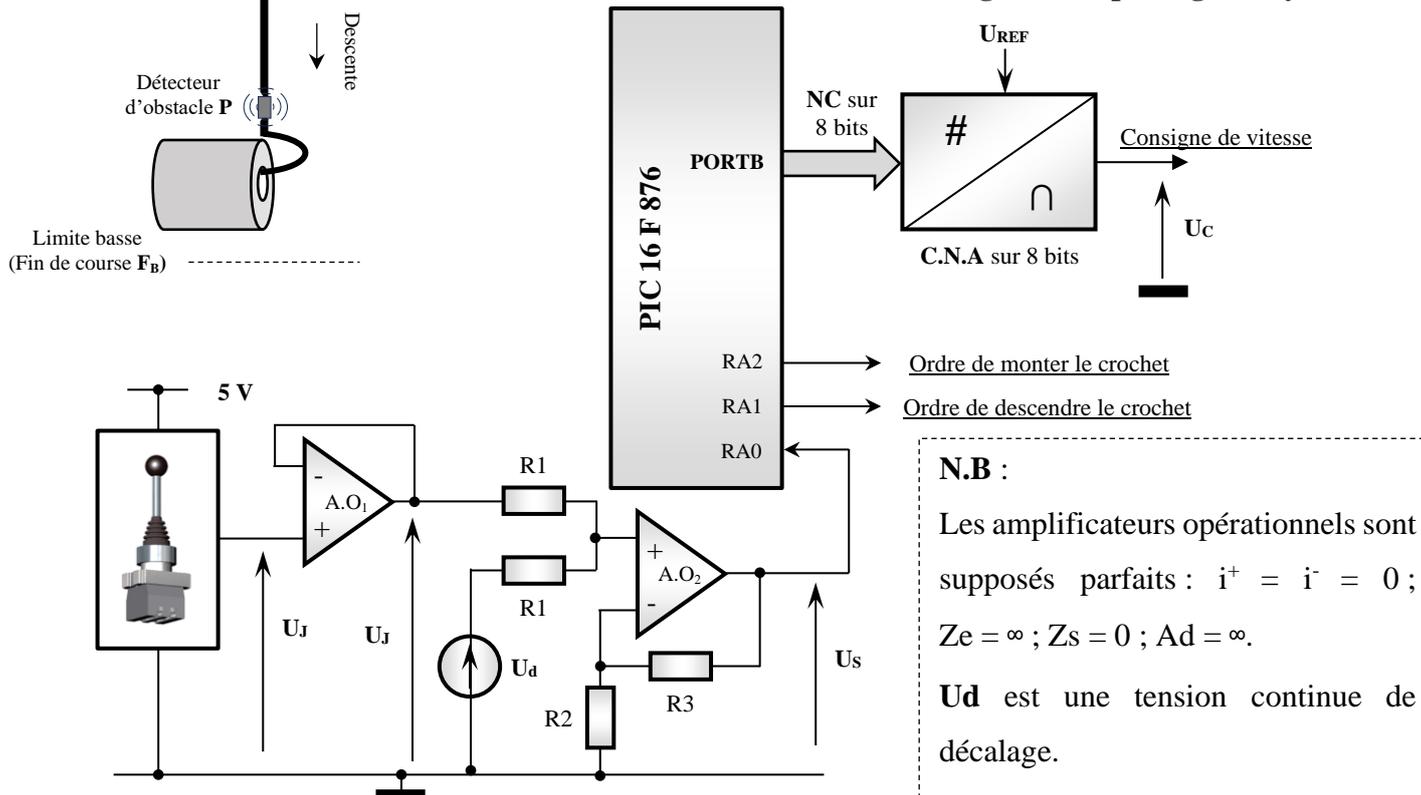
Consigne ou compte rendu			Entrée API
Bouton	S1	Mise en service du système	I1
Détecteur d'obstacle	P	Obstacle détecté	I2
Fin de course	F _H	Limite haute du crochet	I3
	F _B	Limite basse du crochet	I4
Joystick J1 à un axe		Ordre de monter le crochet	I5
		Ordre de descendre le crochet	I6

Ordre		Sortie API
Monter le crochet	KA1	Q1
Descendre le crochet	KA2	Q2
Ralentir la vitesse du crochet	KA3	Q3

Schéma synoptique de commande de levage du crochet



Circuit global de pilotage du système



Jeu d'instructions du microcontrôleur 16F876

DRES 04

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
CLRWF	-	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
INCFSSZ	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	TO,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	TO,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

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**.

Description du registre d'état STATUS :

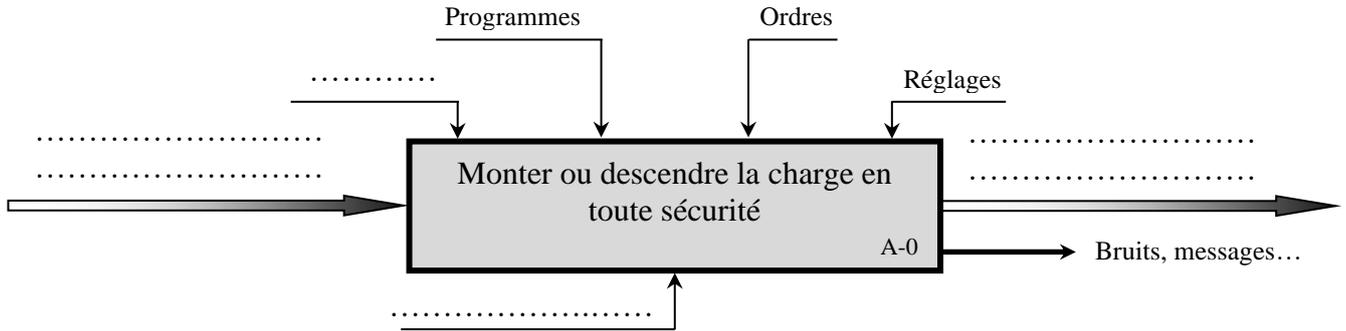
IRP	RP ₁	RP ₀	/TO	/PD	Z	DC	C
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	---	----	---

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

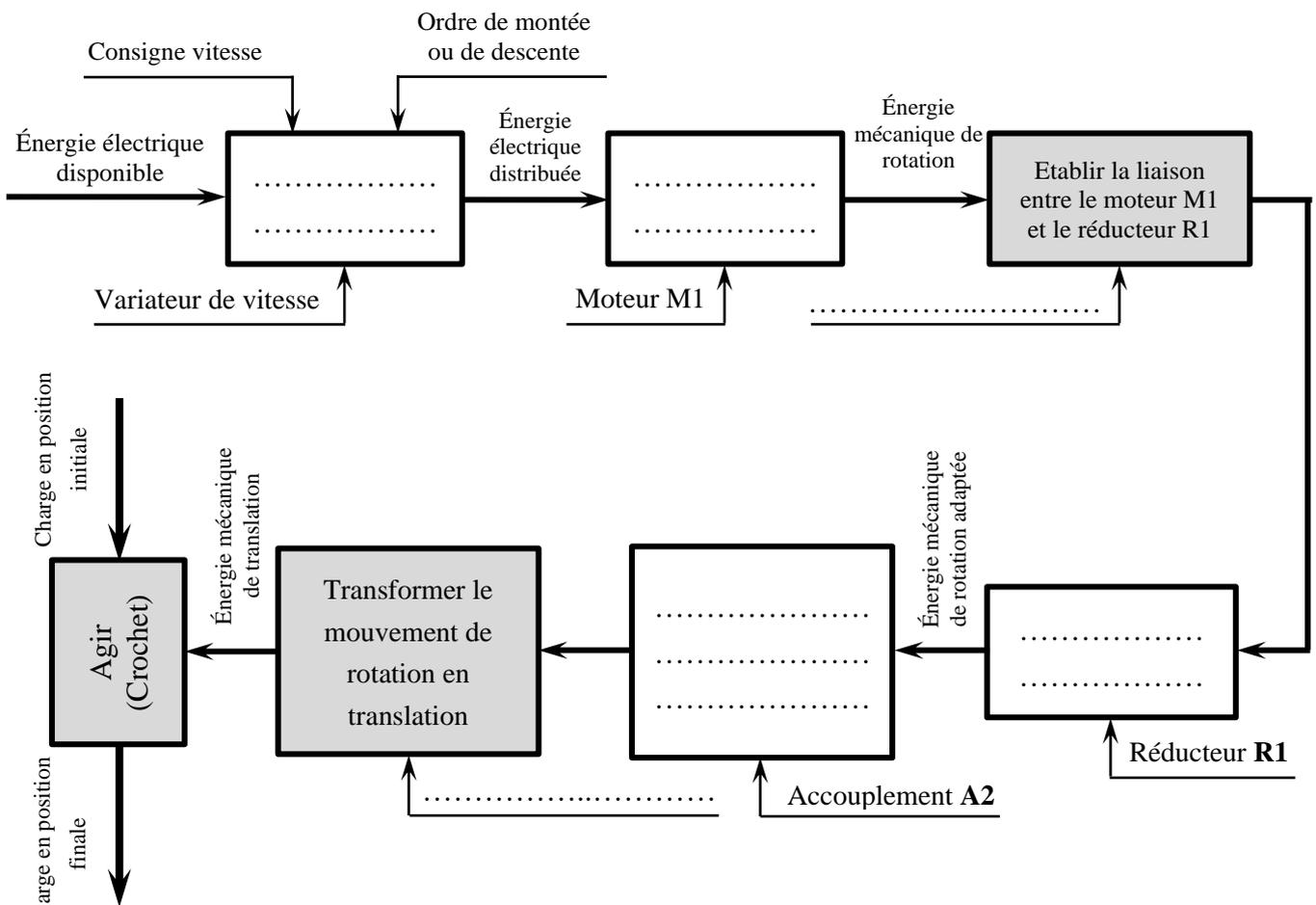
- ✓ **RP1 RP0 = 00** → Accès à la **BANQUE 0** ;
- ✓ **RP1 RP0 = 01** → Accès à la **BANQUE 1**.

DREP 01

Q.1- [1 pt]



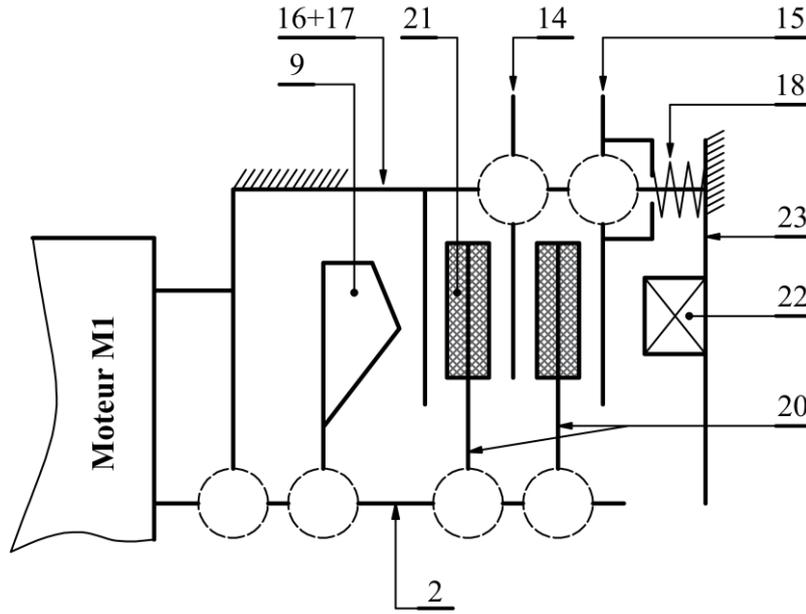
Q.2- [3 pts]



Q.3- [3 pts]

Rep.	Nbr.	Désignation	Fonction
3	1	Roulement type BC	.....
13	1	.....	.....
18	...	.....	Assurer l'effort presseur normal N transmis aux disques de freinage.
21	...	Garniture de frein	.....
9	1	Ventilateur	.....

Q.4- [1,5 pt]



Q.5- [0,5 pt]

Q.6- [0,5 pt]

Q.7- [1,5 pt]

Q.8- [1 pt]

Q.9- [1 pt]

Q.10- [1,5 pt]

DREP 03

Q.11- [1 pt]

Q.12- [0,5 pt]

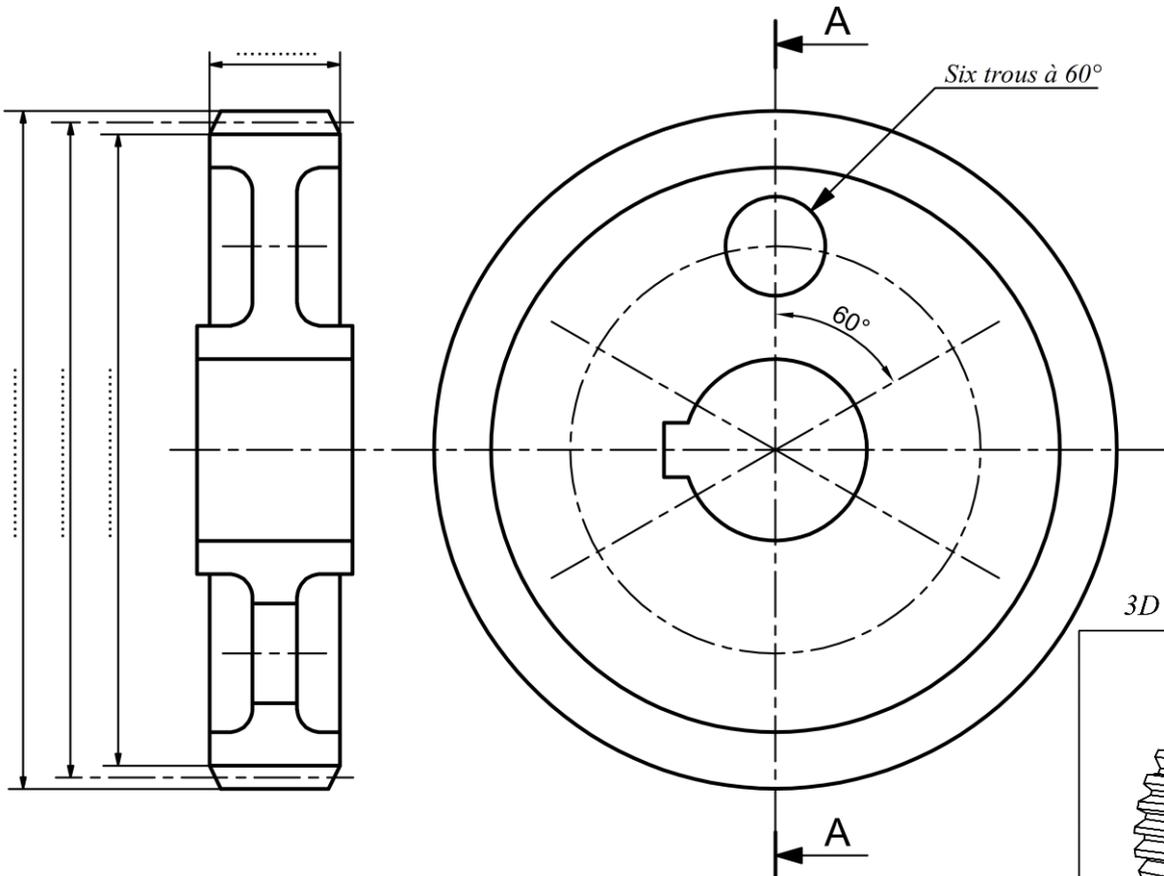
Q.13- [1,5 pt]

Q.14- [1,5 pt]

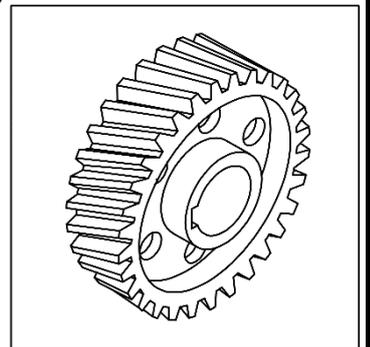
Q.15- [1 pt]

Q.16- [3 pts]

Q.17- [1 pt]



3D Roue dentée (29)



DREP 04

Q.18- [1,5 pt]

Q.19- [1,5 pt]

Q.20- [1,5 pt]

Q.21- [1 pt]

Couplage :

Q.22- [2 pts]

Q.23- [1 pt]

Q.24- [1 pt]

Q.25- [1 pt]

Q.26- [1,5 pt]

.....

.....

.....

.....

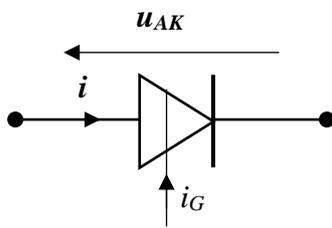
Q.27- [2 pts]

.....

.....

.....

Q.28- Pour amorcer un thyristor, il faut : (cocher la bonne réponse) [1 pt]



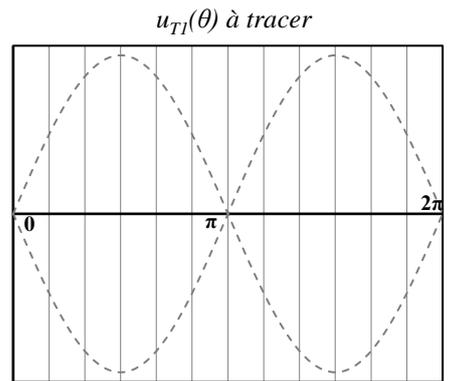
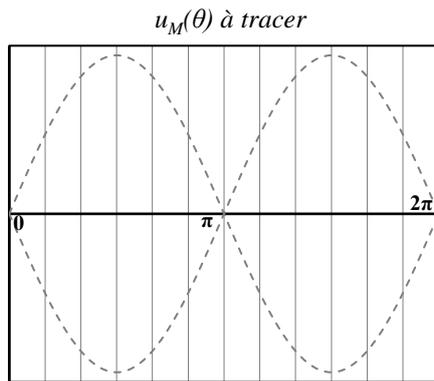
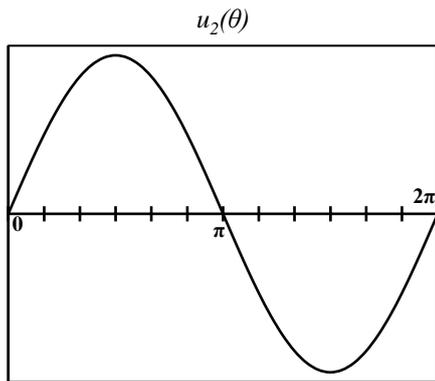
- $u_{AK} < 0$ et une impulsion i_G .
- $u_{AK} > 0$ et une impulsion i_G .
- $u_{AK} < 0$.
- $u_{AK} > 0$.

Q.29- [1,5 pt]

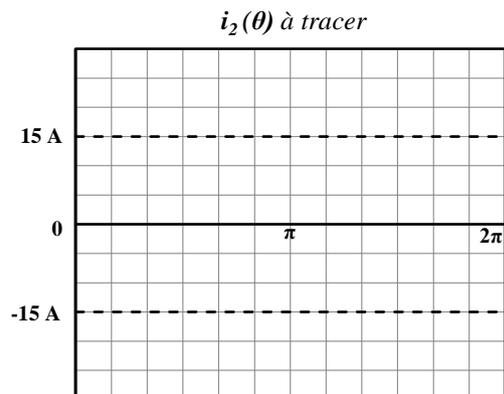
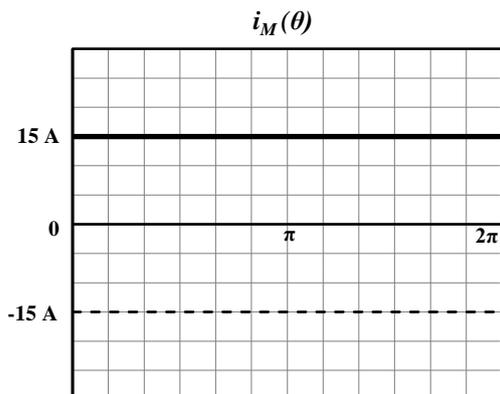
.....

.....

Q.30- [2 pts]



Q.31- [1 pt]

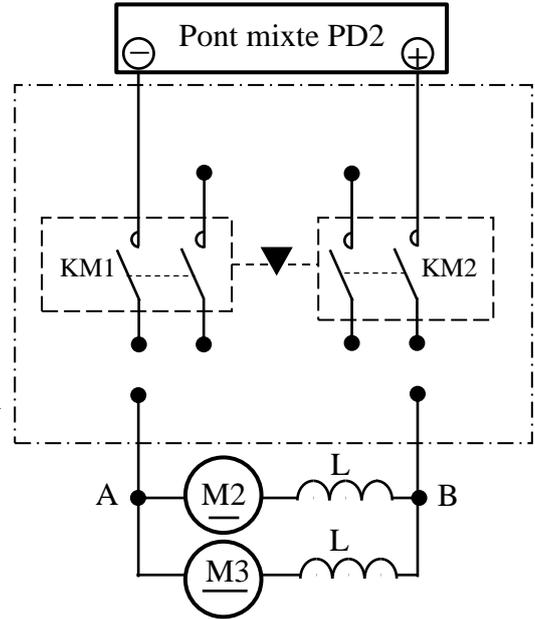


DREP 06

Q.32- [1,5 pt]

Tableau donnant les polarités de A et B en fonction de l'état des contacteurs KM1 et KM2.

	Polarité de A	Polarité de B
KM1 = 0 KM2 = 1	⊕	⊖
KM1 = 1 KM2 = 0	⊖	⊕



Q.33- [1,5 pt]

.....

.....

.....

Q.34- [1,5 pt]

.....

.....

.....

.....

.....

Q.35- [1 pt]

T	.....
T	.....

Q.36- [1 pt]

.....

.....

Q.37- [2 pts]

.....

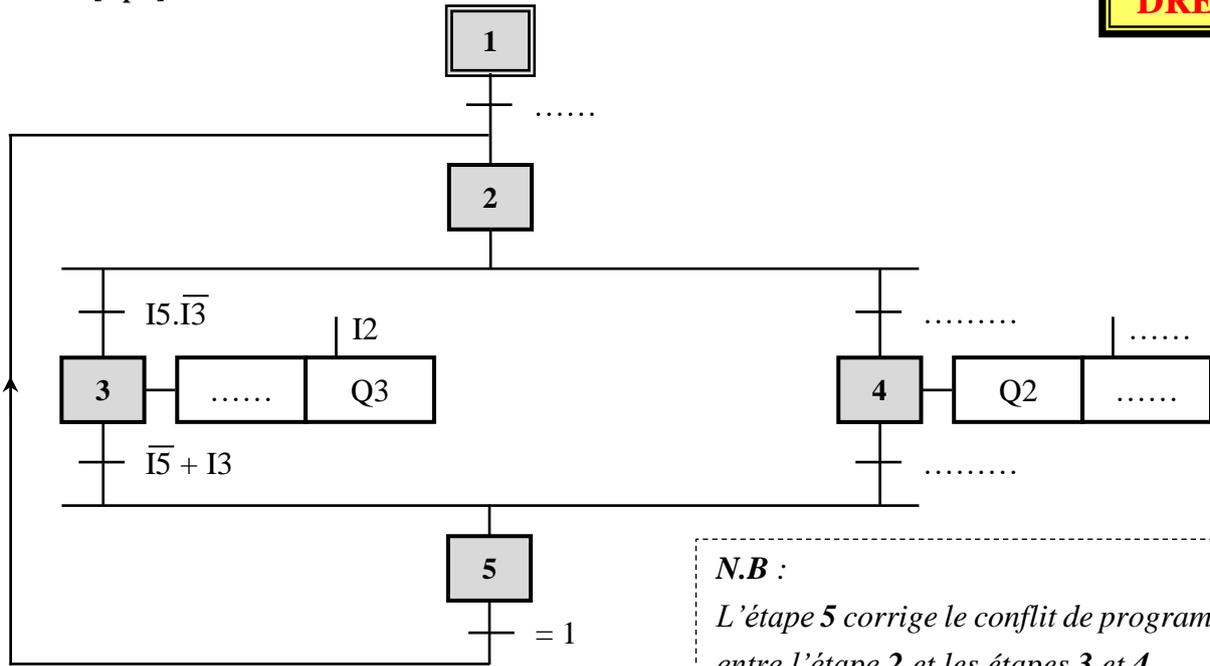
.....

.....

.....

DREP 07

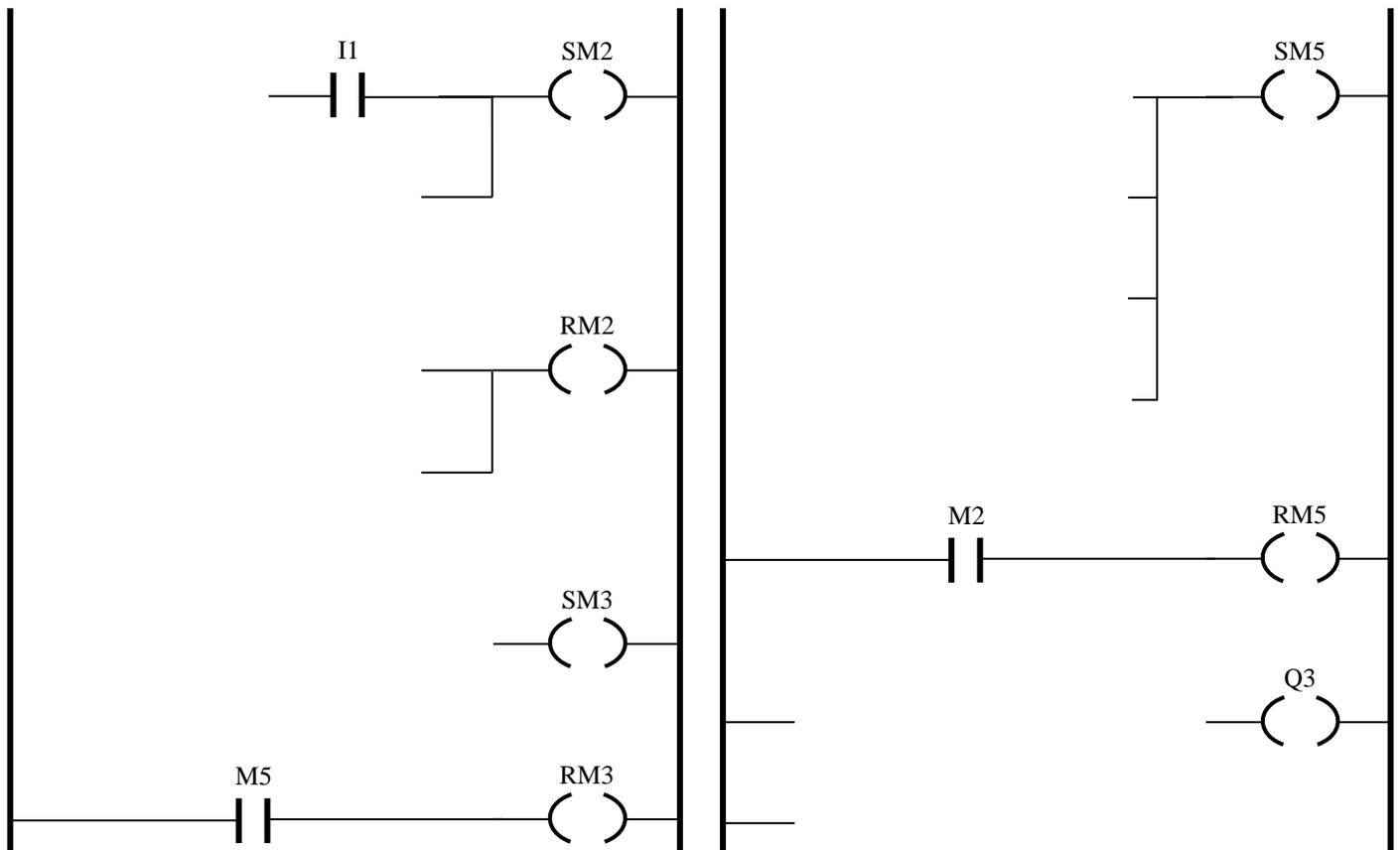
Q.38- [4 pts]



N.B :

L'étape 5 corrige le conflit de programmation entre l'étape 2 et les étapes 3 et 4.

Q.39- [4 pts]



Q.40- [2 pts]

.....

.....

.....

.....

DREP 08

Q.41- [3 pts]

Q.42- [1,5 pt]

Q.43- [1,5 pt]

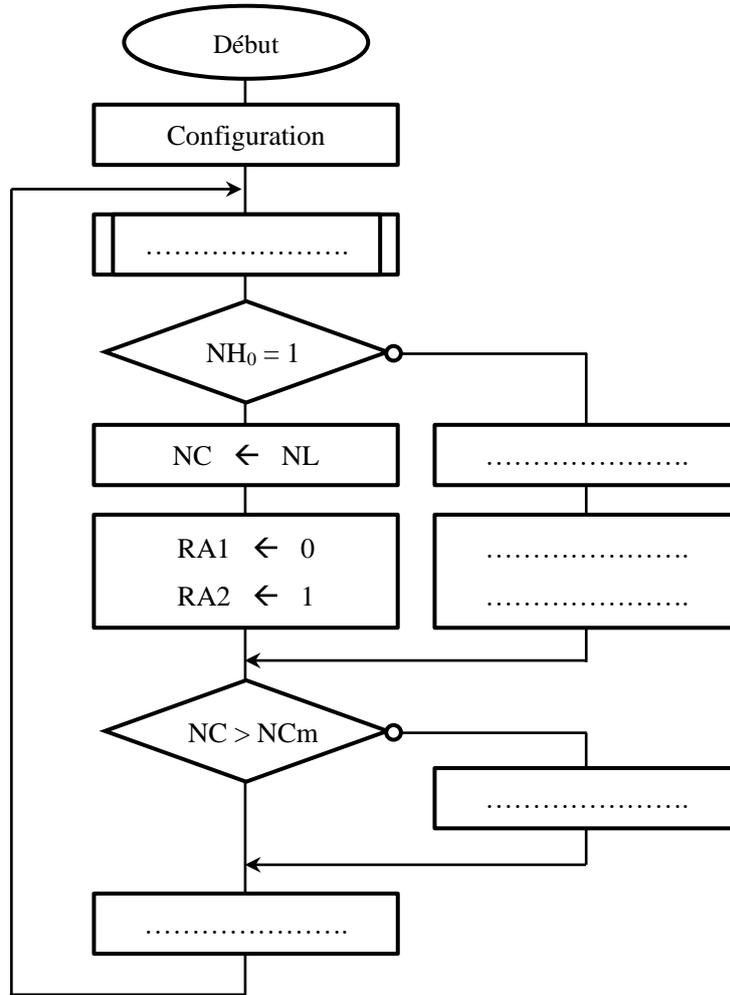
Q.44- [1 pt]

Q.45- [2 pts]

Q.46- [2 pts]

Q.47- [1 pt]

Q.48- [3 pts]



Q.49- [3 pts]

```

..... ;
..... ; Accès à la BANK 1
..... ;
..... ; RA0 entrée, RA1 et RA2 des sorties
..... ; PORTB en sortie
MOVLW 0x8E ;
MOVWF ADCON1 ; Configuration du CAN interne
BCF STATUS, 6 ;
..... ; Accès à la BANK 0
MOVLW 0x81 ;
MOVWF ADCON0 ; Configuration du CAN interne
    
```