



الصفحة
1
21



امتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة الاستدراكية 2011
الموضوع

8	المعامل	RS46	علوم المهندس	المادة
4	مذكرة الإفجارات		شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعب(ا) او المسلك

- Le sujet comporte au total 21 pages.
- Le sujet comporte 3 types de documents :

- Pages 02 à 08 : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) ;
- Pages 09 à 12 : Documents ressources en couleur rose portant la mention :
- Pages 13 à 21 : Documents réponses en couleur verte portant la mention :

- Les réponses à l'épreuve doivent être rédigées sur les documents réponses "DREP xx" suivant indication.
- Les pages portant en haut la mention "DREP" (couleur verte) 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 de poche y compris celles programmables.

SYSTEME DE MANUTENTION ET DE PESAGE DE SABLE

SYSTEME DE MANUTENTION ET DE PESAGE DE SABLE

A- Expression du besoin et présentation du système :

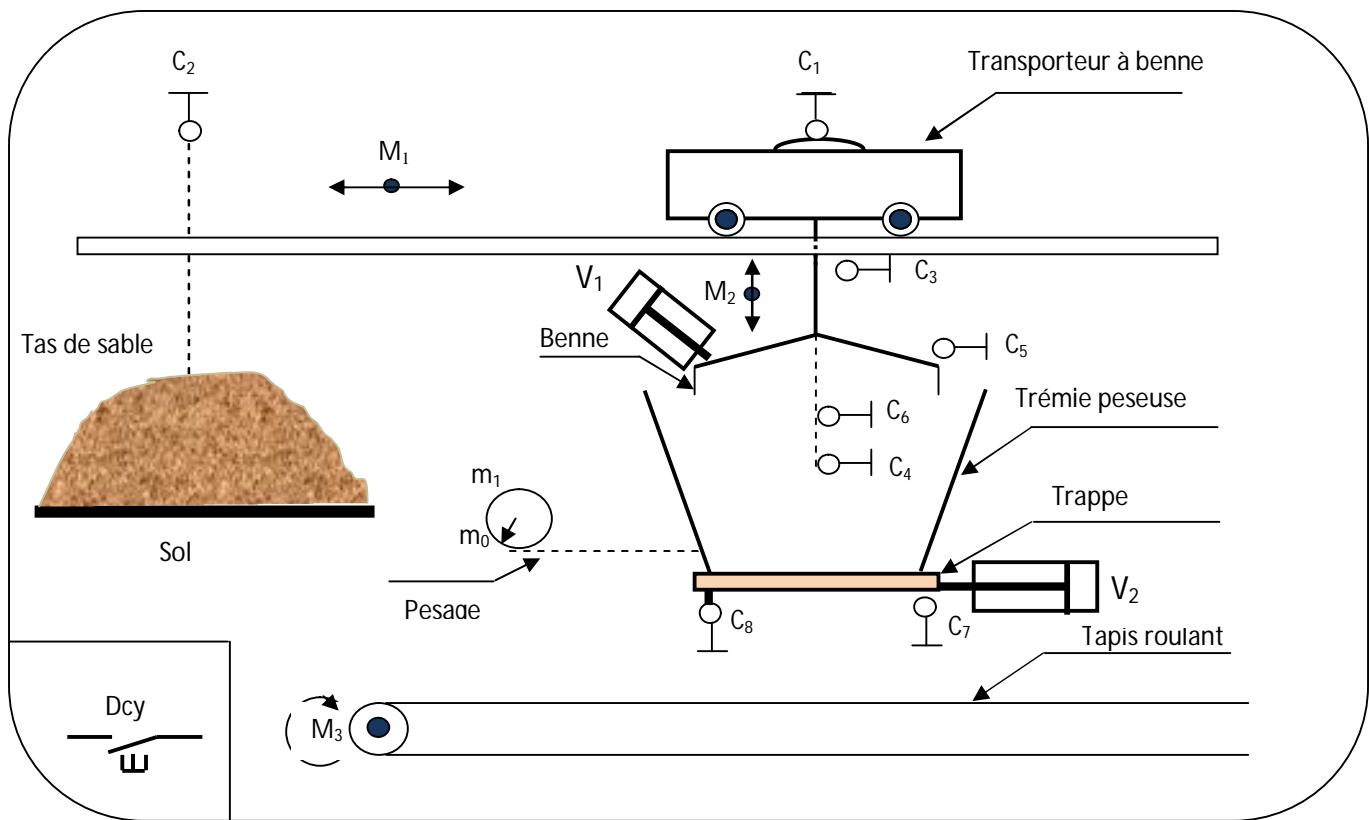
Pour une bonne gestion des matières premières, une entreprise a besoin d'un système qui permet de transporter du sable et de le peser avant de l'évacuer vers un poste de stockage.

B- Description du système

Le système comporte principalement un transporteur à benne qui assure le remplissage en sable d'une trémie peseuse.

Lorsque la masse m du sable souhaitée est atteinte, un dispositif ouvre la trémie et un tapis roulant évacue ce sable.

Schéma descriptif :



On considère que les masses $m_0 = 0 \text{ kg}$ et $m_1 = 250 \text{ Kg}$.

N.B:

L'alimentation du dépôt en sable est permanente.

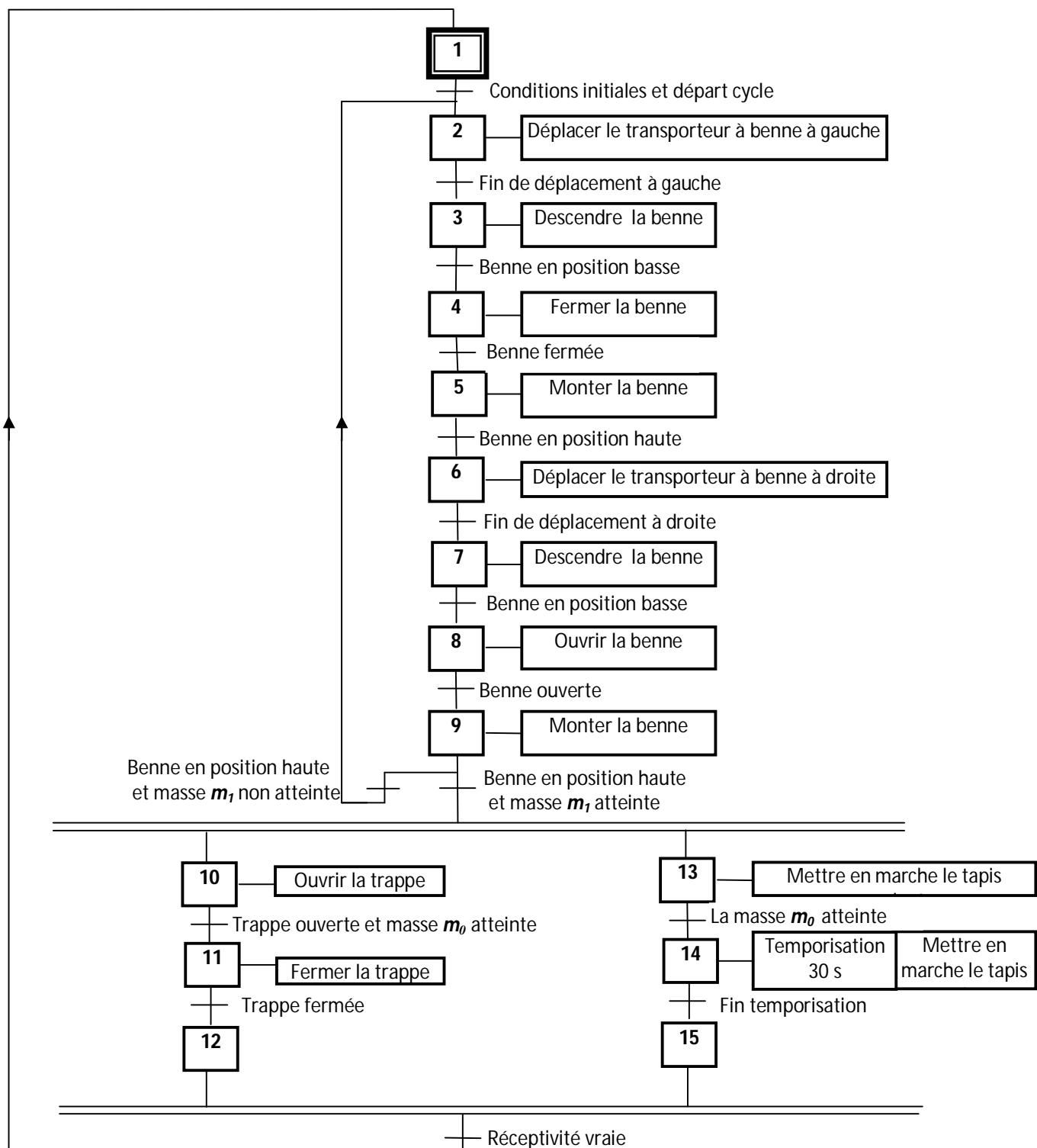
Les capteurs C_3 , C_4 , C_5 et C_6 sont solidaires au transporteur à benne, ils détectent respectivement les positions haute, basse, l'ouverture et la fermeture de la benne.

C- Fonctionnement du système :

A l'état initial :

- Le transporteur à benne est en position droite détectée par le capteur C_1 ;
- La trappe de la trémie est fermée et sa fermeture est détectée par le capteur C_8 ;
- La trémie est complètement vide ($m = m_0$);
- la benne est ouverte et son ouverture est détectée par le capteur C_5 ;
- La benne est en position haute détectée par le capteur C_3 .

Une action sur le bouton poussoir **Dcy** par un opérateur permet de lancer le cycle décrit par le **GRAFCET** du point de vue système illustré ci-dessous :



Remarques :

- ✓ Pour simplifier l'étude, la tâche qui correspond à l'ajustement de la masse (pour avoir exactement 250 Kg) du sable dans la trémie peseuse n'est pas représentée dans le GRAFCET.
- ✓ Les étapes 12 et 15 sont des étapes d'attente ou de synchronisation.

SEV 1

ANALYSE FONCTIONNELLE

/ 6 p^{ts}

Tâche

ETUDE FONCTIONNELLE

/ 6 p^{ts}

Ressources à exploiter : DRES 01 (page 09)

(Répondre sur Les Documents DREP 01 et DREP 02 pages : 13 et 14)

- 1- Enoncer le besoin en complétant le diagramme « **Bête à cornes** ». 1 pt
- 2- Compléter le diagramme des interactions « **Pieuvre** » en précisant la fonction principale et les fonctions de contraintes. 2 pts
- 3- Compléter le diagramme **FAST** descriptif partiel en se référant à la description et au fonctionnement du système. 3 pts

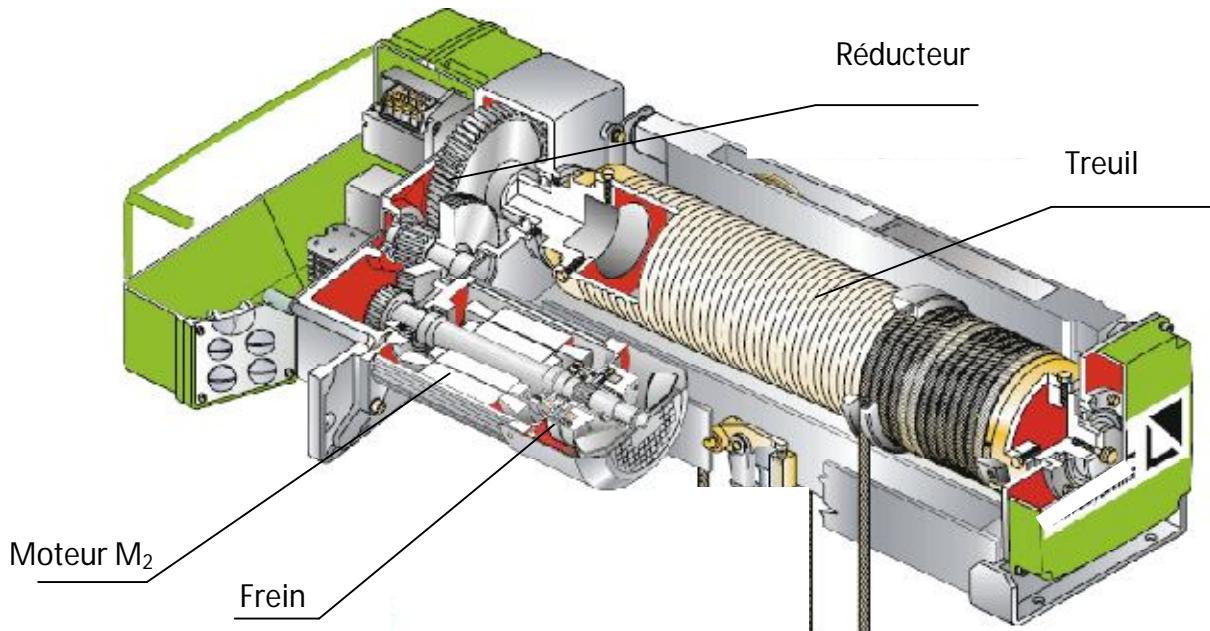
SEV 2

FONCTION "LIBERER OU FREINER LA CHARGE"

/ 20 p^{ts}

Ressources à exploiter : DRES 04 (page 12)

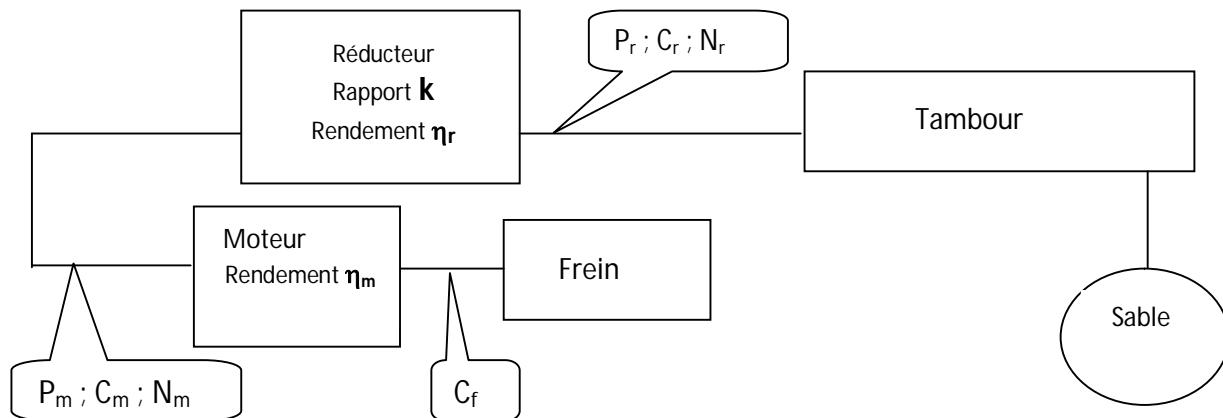
Le transporteur à benne est équipé d'un treuil de levage. Celui-ci est équipé à son tour d'un moteur asynchrone triphasé **M₂** pouvant tourner dans les deux sens pour les mouvements de montée et de descente de la benne.



Le moteur du treuil de la benne est muni d'un frein électromagnétique à manque de courant, monté à l'arrière du moteur. Ce frein (voir dessin d'ensemble partiel) se compose de :

- Un disque de freinage **4**, coulissant sur une douille cannelée **3**. Celle-ci est clavetée sur l'arbre **1** du moteur. Le disque est équipé de garnitures de frein des deux cotés.
- Un plateau fixe **5** faisant corps avec le flasque arrière du moteur et supportant trois colonnes **9** en acier traité.
- L'armature mobile **10** de l'électro-aimant coulissant sur les colonnes **9**.

Afin d'assurer la fonction «libérer ou freiner la charge», l'étude portera sur la vérification des caractéristiques du moteur de levage en régime nominal, du réducteur et de la sécurité assurée par le frein qui lui est associé comme le montre le synoptique suivant :



Tâche 1

CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE LEVAGE

/ 8 pts

(Répondre sur le document DREP 03 page : 15)

1.1- Calculer en tr/min la vitesse de rotation N_r à la sortie du réducteur ;

2 pts

1.2- Déterminer la vitesse linéaire de montée de la charge V_c en m/s ;

3 pts

1.3- Calculer le couple C_r à la sortie du réducteur ;

3 pts

Tâche 2

ETUDE DU FREIN DU MOTEUR

/ 5 pts

(Répondre sur le document DREP 03 page : 15)

2.1- Compléter le tableau, en se référant au dessin d'ensemble partiel du document DRES 04 page 12 ;

2 pts

2.2- Déterminer l'effort presseur minimal $F_{p\ min}$ que doit assurer le frein pour arrêter le tambour.

3 pts

Tâche 3

REPRESENTATION GRAPHIQUE

/ 7 pts

(Répondre sur le document DREP 04 page : 16)

3.1- Compléter les liaisons nécessaires sur le schéma;

3 pts

3.2- Compléter la liaison encastrement du ventilateur 6 avec l'arbre 1 en utilisant une clavette parallèle et un anneau élastique.

4 pts

SEV 3

ETUDE PARTIELLE DE LA CHAINE D'INFORMATION

/ 28 p^{ts}

Ressources à exploiter : DRES 01, 02 et 03 (pages 09, 10 et 11)

Tâche 1

ETABLISSEMENT DU GRAFCET PARTIE COMMANDE

/ 6 p^{ts}

(Répondre sur le document DREP 05 page : 17)

En se référant au GRAFCET du point de vue système (**page 03**) et au fonctionnement du système, compléter le GRAFCET du point de vue commande.

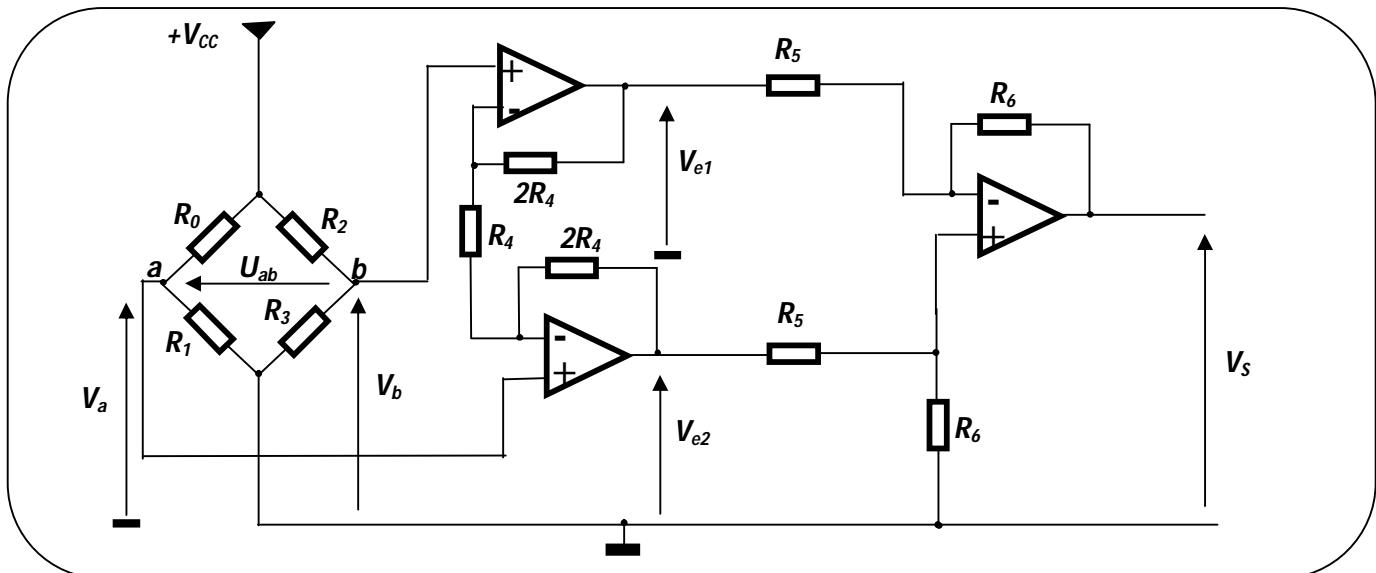
Tâche 2

ETUDE DU DISPOSITIF DE PESAGE

/ 11 p^{ts}

(Répondre sur le document DREP 06 page : 18)

Le dispositif de pesage est constitué principalement de capteurs de contrainte pour la détection de la masse **m** du sable. Le montage de mesure est un pont de Wheatstone ; les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.



Les résistors **R₂** et **R₃** ont des résistances fixes insensibles aux déformations et leur valeur est **R₂ = R₃ = R = 5 kΩ**, tandis que les résistors **R₀** et **R₁** sont des capteurs de contrainte de même valeur que **R** lorsqu'il n'y a aucune masse à mesurer et ils changent de valeur sous l'action de la masse. Le tableau suivant récapitule ces mesures :

	Aucune masse de sable à mesurer	Sous l'action de la masse m
Valeur de R ₀	R	R - ΔR
Valeur de R ₁	R	R + ΔR

Avec **ΔR** la variation de la résistance **R** sous l'effet de la masse du sable.

2.1- Exprimer **V_a** en fonction de **V_{cc}**, **R₀** et **R₁**.

2.2- Montrer que sous l'action d'une masse **m** du sable : **V_a = V_{cc} $\frac{R+ΔR}{2.R}$** .

1 pt

1 pt

- 2.3- sachant que $V_b = V_{CC} \frac{R_3}{R_2+R_3}$ montrer que sous l'action d'une masse m du sable : 1.5 pt
- $$U_{ab} = \frac{V_{CC}}{2} \frac{\Delta R}{R}.$$
- 2.4- Dans la zone linéaire de la caractéristique du capteur, la variation ΔR est proportionnelle à la masse : $\Delta R = k_0 \cdot m$, k_0 est la sensibilité du capteur et on admet que sa valeur est de **2 Ω/Kg**. Exprimer alors la tension U_{ab} (**en volt**) en fonction de m (**en Kg**) ; on donne $V_{CC} = 5 V$ et $R = 5 k\Omega$. 2 pts
- 2.5- Sachant que les tensions : $V_{e1} = 3V_b - 2V_a$ et $V_{e2} = 3V_a - 2V_b$.
 a- En déduire alors l'expression de la tension V_s en fonction de U_{ab} et des éléments du montage ; mettre cette expression sous la forme $V_s = K \cdot U_{ab}$ et donner alors l'expression de K ; 3.5 pts
 b- Exprimer alors la tension V_s (**en volt**) en fonction de m (**en Kg**). 1 pt
- 2.6- Quelle est la valeur du rapport $\frac{R_6}{R_5}$ pour avoir $V_s = 5 V$ correspondant à $m = 250 Kg$? 1 pt

Tâche 3

PROGRAMMATION PARTIELLE DU FONCTIONNEMENT

/ 11 p^{ts}

(Répondre sur le document DREP 07 page : 19)

La valeur de la masse m à mesurer doit être comparée à deux références (deux masses) $m_0 = 0 Kg$ et $m_1 = 250 Kg$.

La tension V_s image de cette masse est convertie par le convertisseur analogique-numérique de 10 bits

(CAN 10 bits) intégré au **microcontrôleur PIC 16F877** (Voir schéma du DRES 02 page 10)

La valeur numérique N de la conversion correspondant à la masse est donnée par la relation suivante :

$$N = 1023 \times \frac{V_s}{5}$$

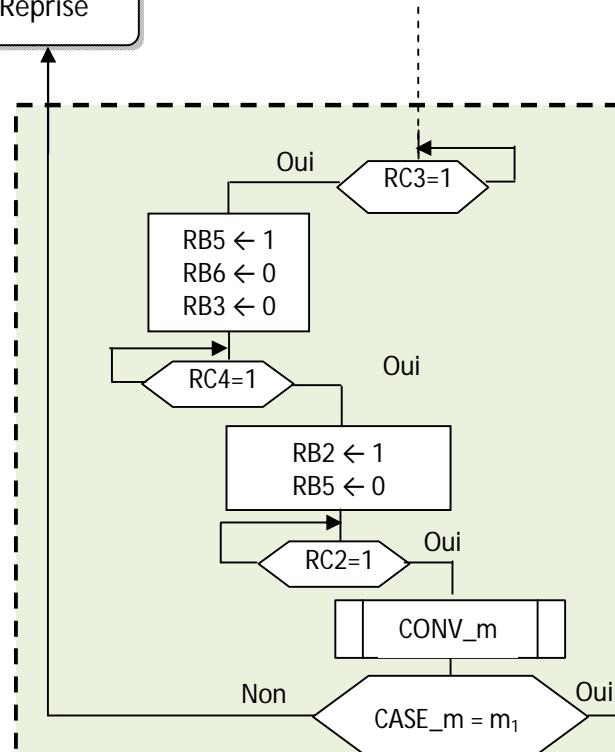
3.1- Quelle est la nature (digitale ou analogique) de l'entrée **RA2** du **PORTA**? 1 pt

3.2- Donner, en **Hexadécimal**, les valeurs numériques de N correspondantes respectivement aux masses m_0 et m_1 . 2 pts

3.3- Le nombre N sera converti à son tour par un sous-programme noté **CONV_m** en une valeur codée sur 8 bits (exprimée en Kg). Cette valeur est stockée dans une case mémoire appelée **CASE_m**.

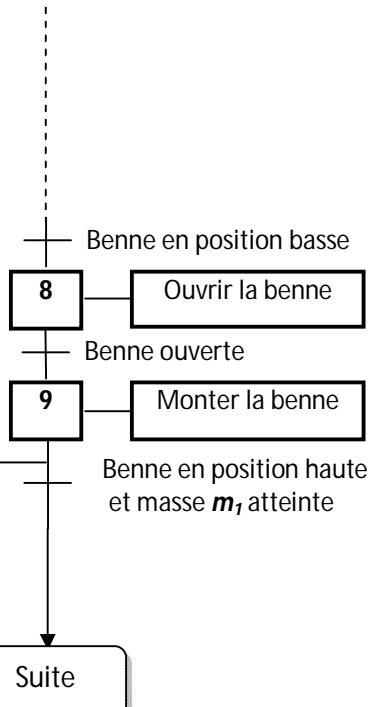
Compléter le programme partiel correspondant à l'organigramme de la séquence du **GRAFCET** illustrée ci-dessous. 8 pts

Reprise



Benne en position haute et masse m_1 non atteinte

Reprise



Suite

SEV 4

ALIMENTATION ELECTRIQUE ET MOTORISATION

/ 26 p^{ts}

Tâche 1

AMELIORATION DU FACTEUR DE PUISSANCE DE L'INSTALLATION

/ 11 p^{ts}

(Répondre sur le document DREP 08 page : 20)

L'installation électrique de l'entreprise peut être considérée comme un récepteur triphasé équilibré de tension $U = 400 V - 50 Hz$ et dont la mesure de la puissance active par la méthode des deux wattmètres a donné :

$$P_1 = 26 kW \text{ et } P_2 = 8 kW.$$

Sachant que la puissance réactive est donnée par la relation : $Q = \sqrt{3} \cdot (P_1 - P_2)$

- 1.1- Calculer les puissances active P_t , réactive Q_t et apparente S_t de l'installation. 6 pts
- 1.2- Déduire des résultats précédents le facteur de puissance $\cos \varphi$ de l'installation. 2 pts
- 1.3- Déterminer la valeur de la capacité C (μF) de chacun des trois condensateurs, à brancher en triangle à l'entrée de cette installation, pour relever le facteur de puissance $\cos \varphi$ à $\cos \varphi' = 0,96$. 3 pts

Tâche 2

ETUDE DU DEMARRAGE DU MOTEUR M_1 / 15 p^{ts}

(Répondre sur les documents DREP 08 et DREP 09 pages : 20 et 21)

Dans le but de réduire le courant de démarrage, on réalise un démarrage par élimination de résistances statoriques pour le moteur asynchrone triphasé M_1 .

Le moteur utilisé est de type : **LS 100L**. Ses caractéristiques sont :

Puissance utile $P_N = 2,2 kW$; $U = 400 V$; le rendement $\eta = 81\%$; $\cos \varphi = 0,81$; $N = 1436 \text{ tr/mn}$; $M_N = 14,7 Nm$;

Le rapport de courant : $I_D/I_N = 5,9$; le rapport de couple : $M_D/M_N = 2$. (I_D : courant de démarrage; M_D : couple de démarrage).

- 2.1- Au démarrage, on souhaite réduire le rapport de couple à $M'_D/M_N = 1,2$.

a- Calculer le coefficient K sachant que $M'_D = K^2 \cdot M_D$. 2 pts

b- Calculer la puissance absorbée nominale P_{aN} du moteur ; en déduire le courant nominal I_N . 3 pts

c- Sachant que $K = U'_D/U = I'_D/I_D$, calculer alors la tension U'_D et le courant I'_D . 2 pts

- 2.2- Au démarrage, le couple résistant de la charge est $M_R = 17 Nm$.

Le moteur peut-il démarrer ? Justifier votre réponse. 3 pts

- 2.3- Sur le document **DREP 09 page 21**, compléter le schéma du circuit de puissance du moteur M_1 illustrant les deux sens de marche et le démarrage par **élimination de résistances statoriques en deux temps**. 5 pts

DRES 01

Tableau n°1 : Affectations des entrées:

Fonction de l'entrée	Capteur/Interface d'entrée	Technologie
Départ cycle	Dcy	Bouton poussoir
Transporteur à droite	C ₁	
Transporteur à gauche	C ₂	
Benne en position haute	C ₃	
Benne en position basse	C ₄	
Benne ouverte	C ₅	
Benne fermée	C ₆	
Fin ouverture de la trappe	C ₇	
Fin fermeture de la trappe	C ₈	
Information issue de la temporisation de la motorisation du tapis roulant	t	Gestion par microcontrôleur
Information image de la masse m=m ₀	I ₀	Dispositif de pesage
Information image de la masse m=m ₁	I ₁	

Tableau n°2: Affectations des sorties :

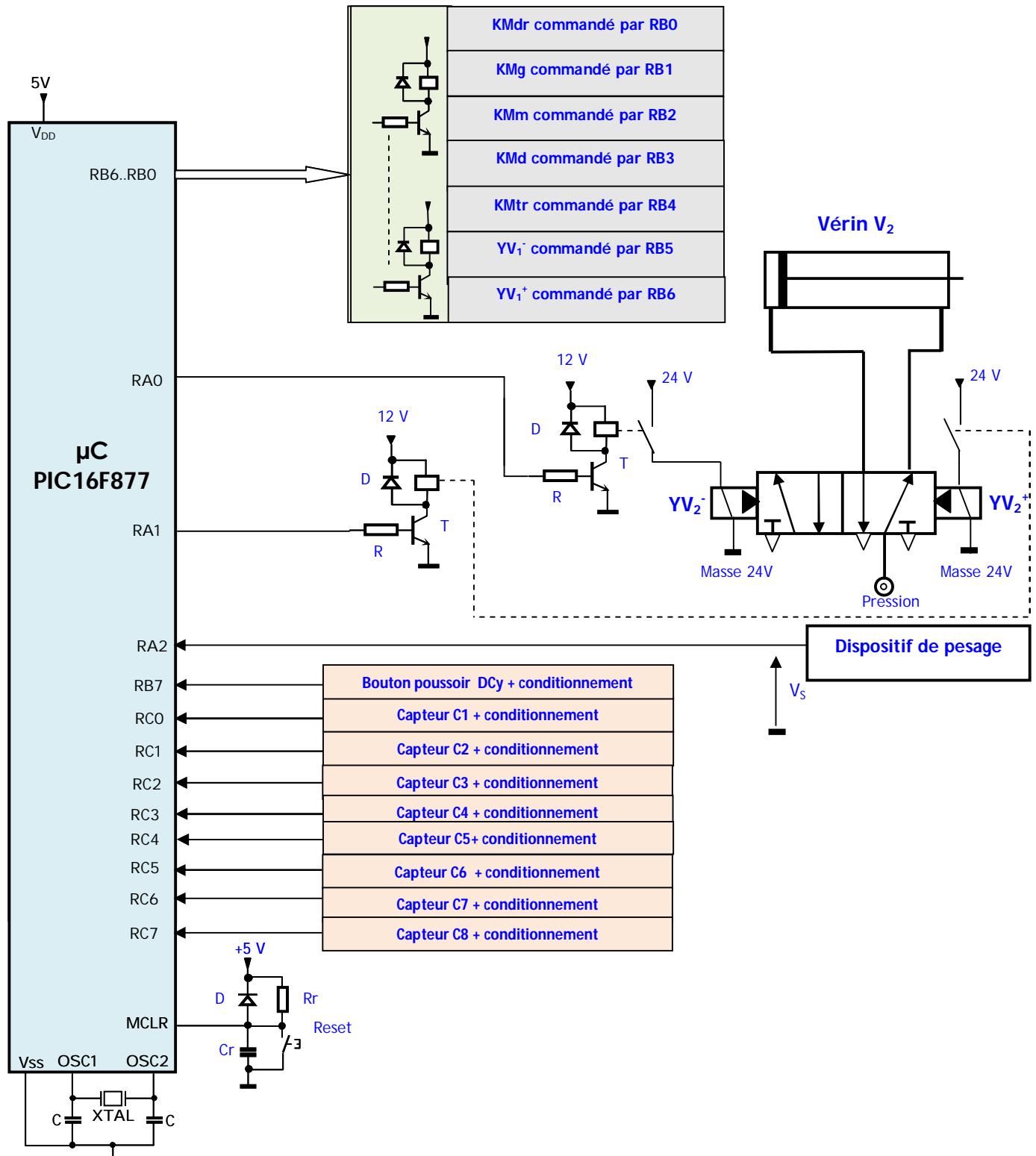
Action	Pré-actionneur	Actionneur
Déplacement du transporteur à benne : ✓ à droite ✓ à gauche	KMdr KMg	Moteur asynchrone triphasé M ₁
Montée de la benne Descente de la benne	KMm KMD	Moteur asynchrone triphasé M ₂
Motorisation du tapis roulant	KMtr	Moteur asynchrone triphasé M ₃
Ouverture de la benne Fermeture de la benne	YV ₁ ⁻ YV ₁ ⁺	Vérin V ₁ double effet
Ouverture de la trappe Fermeture de la trappe	YV ₂ ⁻ YV ₂ ⁺	Vérin V ₂ double effet
Temporisation de la motorisation du tapis roulant	T	

Les moteurs asynchrones M₁, M₂ et M₃ sont munis de réducteurs.

Les équipements électriques et hydrauliques sont alimentés respectivement par un réseau électrique et une installation hydraulique.

La commande du système est matérialisée par une carte électronique à base du microcontrôleur PIC 16F877 dont le schéma est donné sur le document **DRES 02 (page 10)**.

DRES 02



Les distributeurs pilotant les vérins V₁ et V₂ sont identiques et leur commande est de type bistable.

INSTRUCTIONS OPERANT SUR REGISTRE		indicateurs	Cycles
ADDWF F,d	W+F → {W,F ? d}	C,DC,Z	1
ANDWF F,d	W and F → {W,F ? d}	Z	1
CLRF F	Clear F	Z	1
COMF F,d	Complémente F → {W,F ? d}	Z	1
DECFSZ F,d	décrémente F → {W,F ? d}	Z	1
DECFSZ F,d	décrémente F → {W,F ? d} skip if 0		1(2)
INCF F,d	incrémente F → {W,F ? d}	Z	1
INCSFSZ F,d	incrémente F → {W,F ? d} skip if 0		1(2)
IORWF F,d	W or F → {W,F ? d}	Z	1
MOVF F,d	F → {W,F ? d}	Z	1
MOVWF F	W → F		1
RLF F,d	rotation à gauche de F à travers C → {W,F ? d}	C	1
RRF F,d	rotation à droite de F à travers C → {W,F ? d}	C	1
SUBWF F,d	F - W → {W,F ? d}	C,DC,Z	1
SWAPF F,d	permute les 2 quartets de F → {W,F ? d}		1
XORWF F,d	W xor F → {W,F ? d}	Z	1

INSTRUCTIONS OPERANT SUR LES BITS		indicateurs	Cycles
BCF F,b	mise à 0 du bit b de F	C,DC,Z	1
BSF F,b	mise à 1 du bit b de F	Z	1
BTFSZ F,b	teste le bit b de F, si 0 saute une instruction	Z	1(2)
BTFSZ F,b	teste le bit b de F, si 1 saute une instruction	Z	1(2)

INSTRUCTIONS OPERANT SUR CONSTANTE		indicateurs	Cycles
ADDLW K	W + K → W	C,DC,Z	1
ANDLW K	W and K → W	Z	1
IORLW K	W or K → W	Z	1
MOVLW K	L → W	Z	1
SUBLW K	K - W → W	C,DC,Z	1
XORLW K	W xor K → W	Z	1

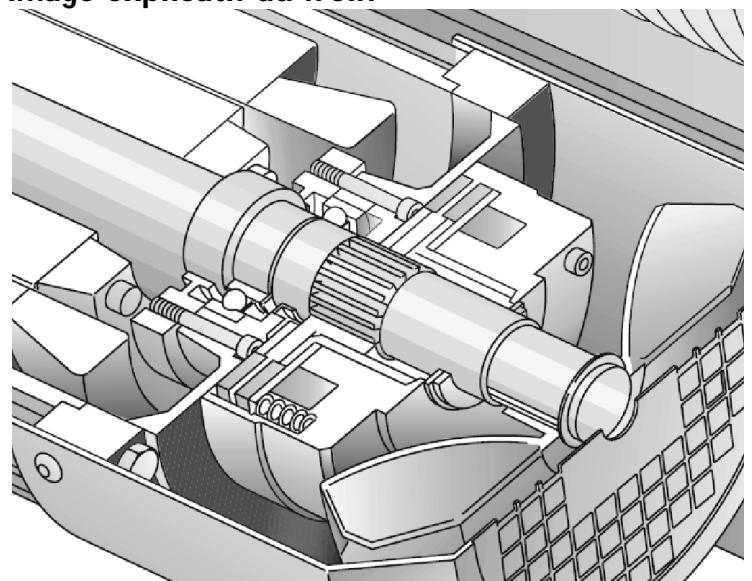
AUTRES INSTRUCTIONS		indicateurs	Cycles
CLRW	clear W	Z	1
CLRWD	clear Watchdog timer	TO', PD'	1
CALL L	Branchemet à un sous programme de label L		2
GOTO L	branchement à la ligne de label L		2
NOP	No operation		1
RETURN	retourne d'un sous programme		2
RETIE	Retour d'interruption		2
RETLW K	retourne d'un sous programme avec K dans W		2
SLEEP	se met en mode standby	TO', PD'	1

{W,F ? d} signifie que le résultat va soit dans W si d=0 ou w, soit dans F si d=1 ou f

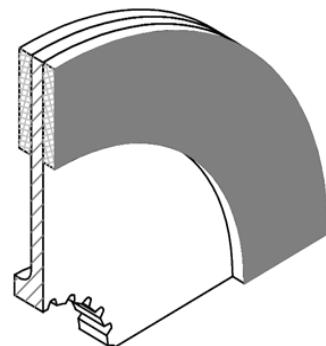
Tableau des données

Frein	Moteur M ₂	Réducteur	Tambour
$R = 115 \text{ mm}$ $r = 80 \text{ mm}$ $f = 0,25$	$P_u = 1,5 \text{ Kw}$ $N_m = 1440 \text{ tr/mn}$ $C_m = 10 \text{ Nm}$ $\eta_m = 0,786$	Rapport du réducteur $k = 1/100$ $\eta_r = 0,8$	Diamètre du tambour $d = 0,6 \text{ m}$

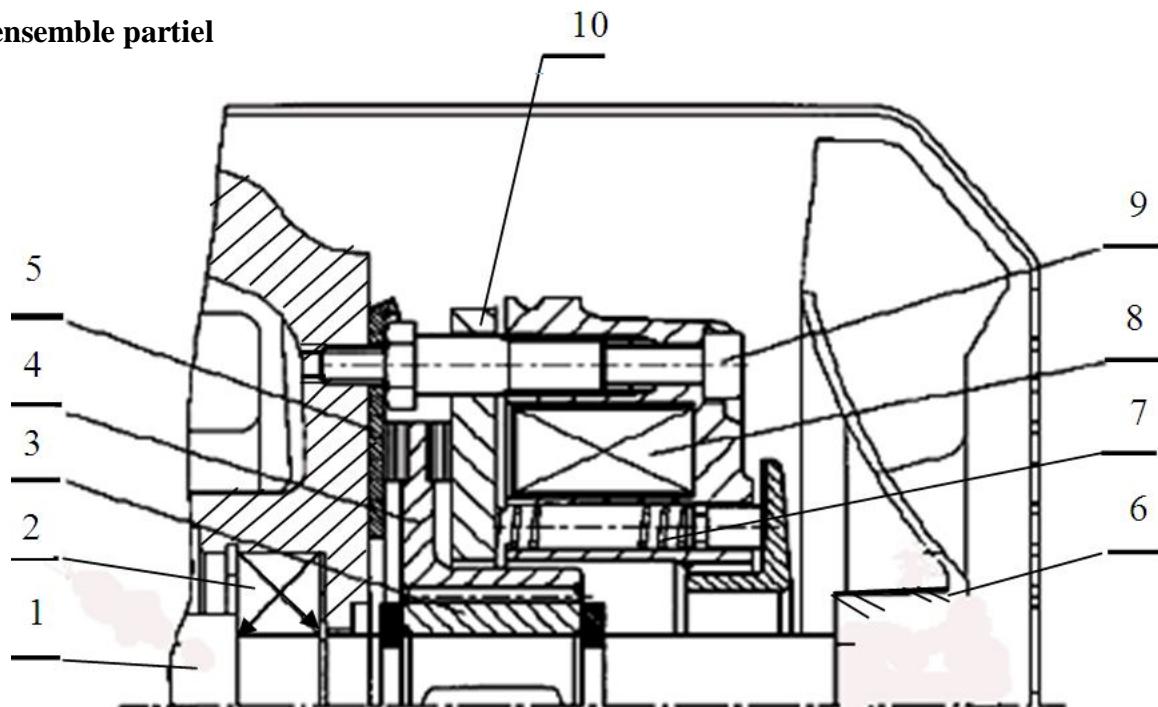
Image explicatif du frein



Surfaces frottantes du disque



Dessin d'ensemble partiel



DREP 01

DOCUMENT A RENDRE

SEV1 : ANALYSE FONCTIONNELLE

- 1- Enoncer le besoin en complétant le diagramme « *Bête à cornes* ». 1 pt

A qui le système rend-il service ? Sur quoi le système agit-il ?

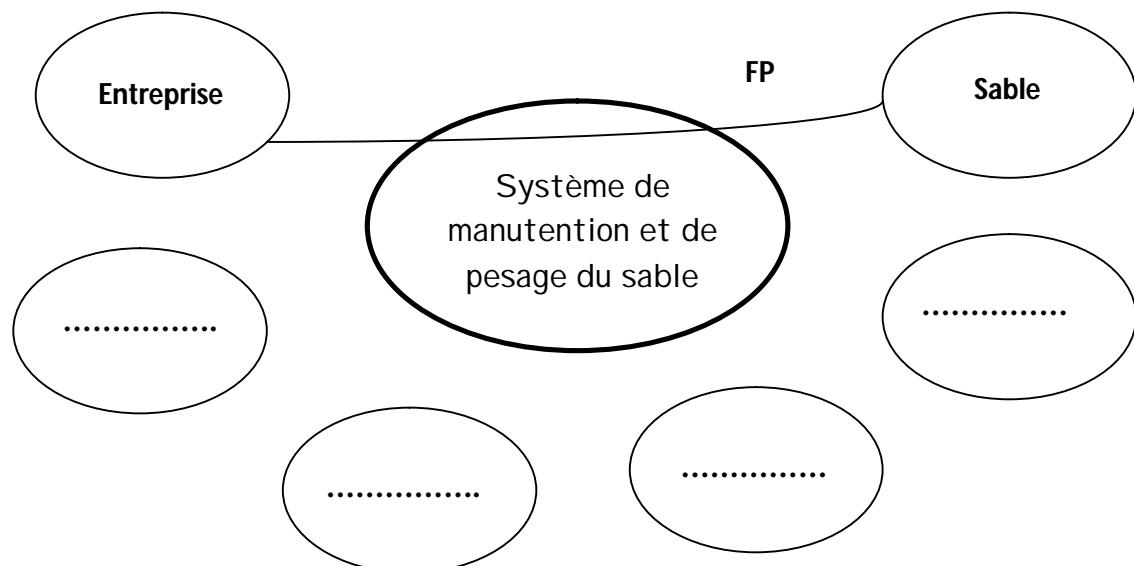


Dans quel but le système existe-t-il ?

.....

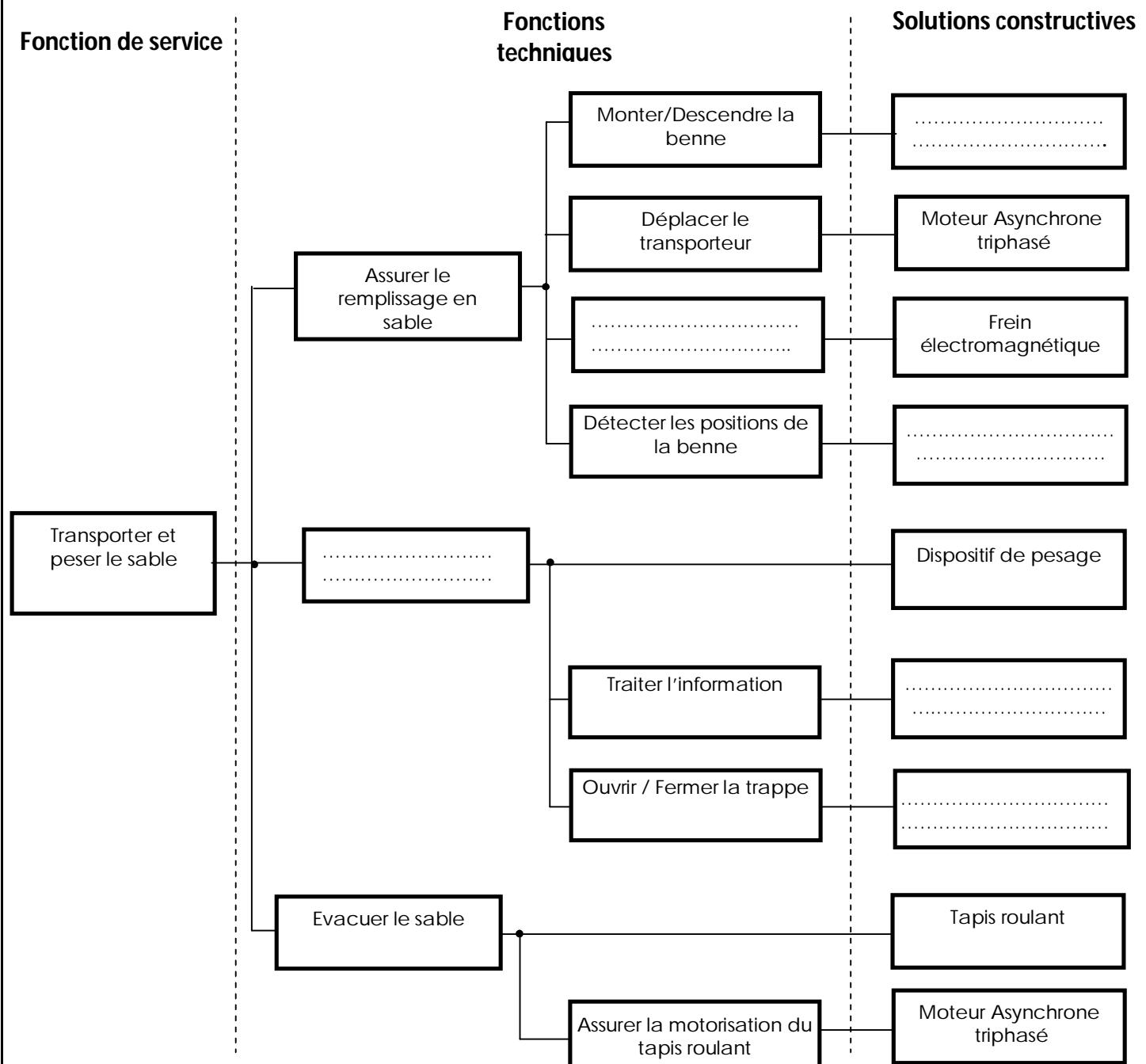
- 2- Compléter le diagramme des interactions « *Pieuvre* » en précisant la fonction principale et les fonctions de contraintes. 2 pts

FP : transporter et peser le sable ;
FC1 : être alimenté en énergies électrique et hydraulique;
FC2 : assurer la protection de l'opérateur ;
FC3 : être facile à maintenir par des techniciens qualifiés ;
FC4 : respecter les normes en vigueur (environnement, bruit,...).



3- Compléter le diagramme FAST descriptif partiel en se référant à la description et au fonctionnement du système

3 pts



DREP 03

DOCUMENT A RENDRE

SEV2 : FONCTION "LIBERER OU FREINER LA CHARGE"**Tâche 1 : Caractéristiques du système de levage.**

- 1.1- Calculer en tr/min la vitesse de rotation
- N_r
- à la sortie du réducteur :

2 pts

- 1.2- Déterminer la vitesse linéaire de montée de la charge
- V_c
- en m/s :

3 pts

- 1.3- Calculer le couple
- C_r
- à la sortie du réducteur :

3 pts

Tâche 2 : Etude du frein du moteur ;

- 2.1- Compléter le tableau suivant en se référant au dessin d'ensemble partiel :

2 pts

Repère	désignation	Fonction
7		
8		

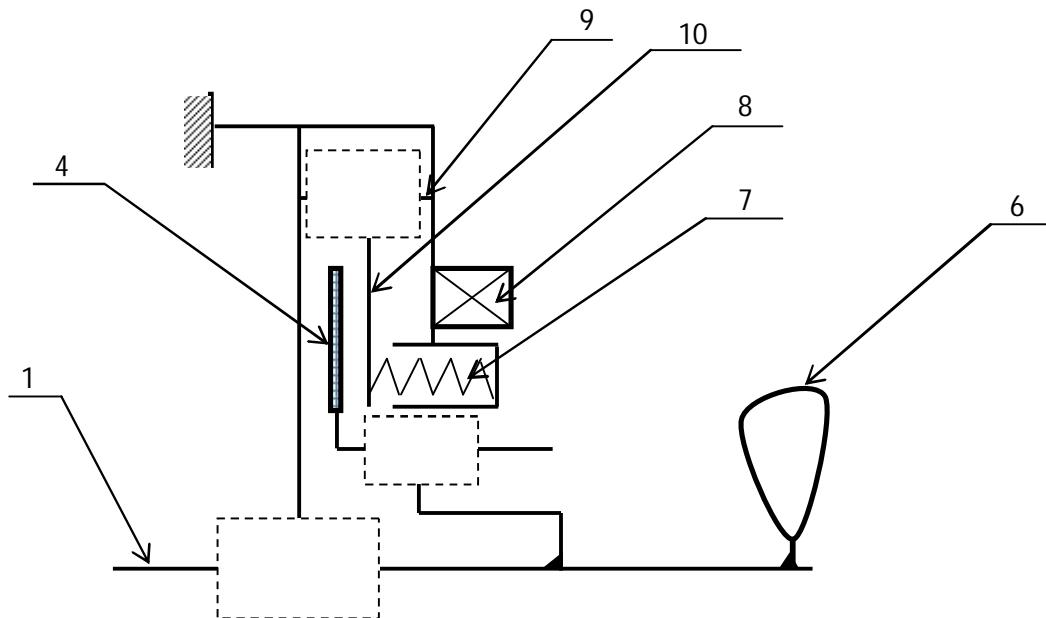
- 2.2- Déterminer l'effort presseur minimal
- $F_p \text{ mini}$
- que doit assurer le frein :

3 pts

Tâche 3 : Représentation graphique

3.1- Compléter les liaisons nécessaires sur le schéma ci-dessous :

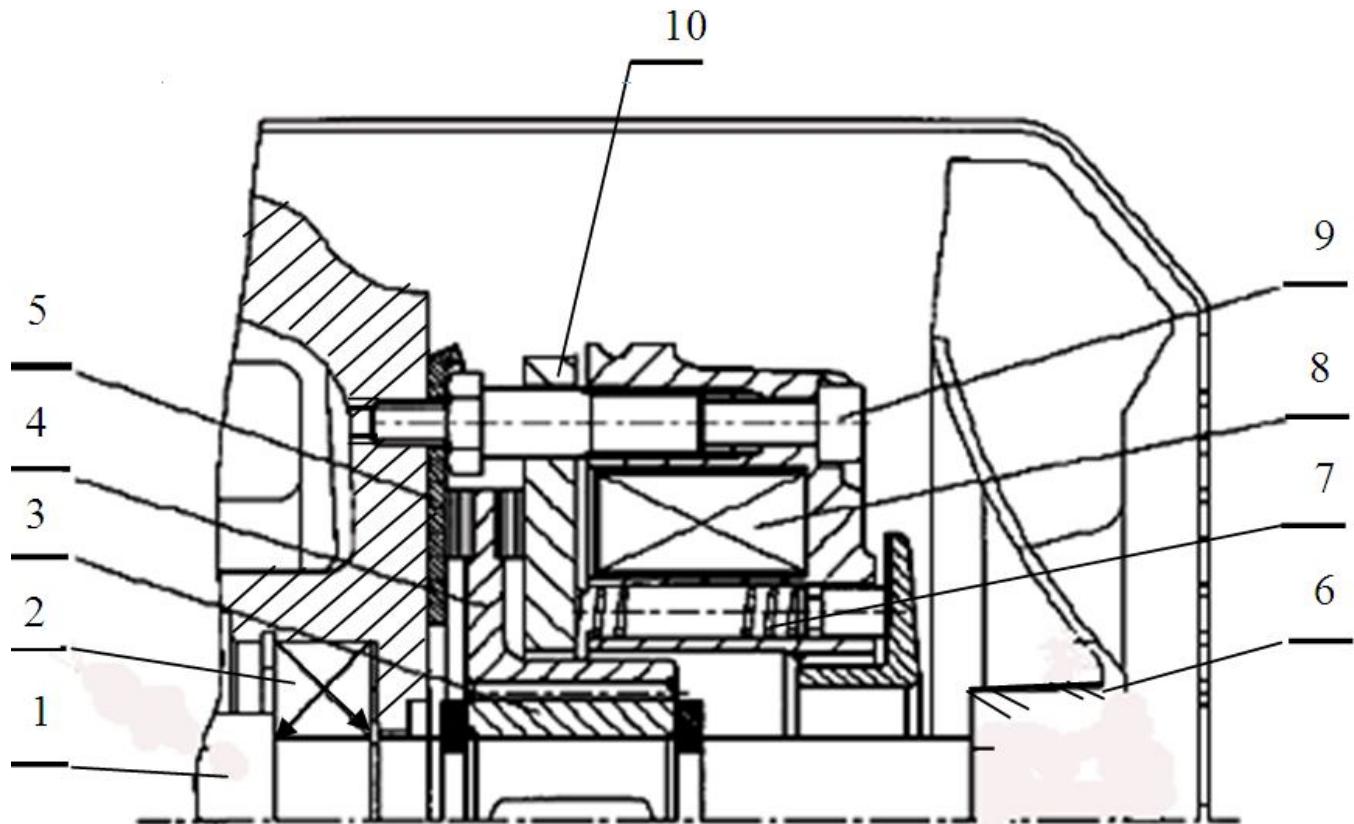
3 pts



3.2- Compléter la liaison encastrement du ventilateur 6 avec l'arbre 1 en utilisant :

4 pts

- Une clavette parallèle ;
- un anneau élastique.



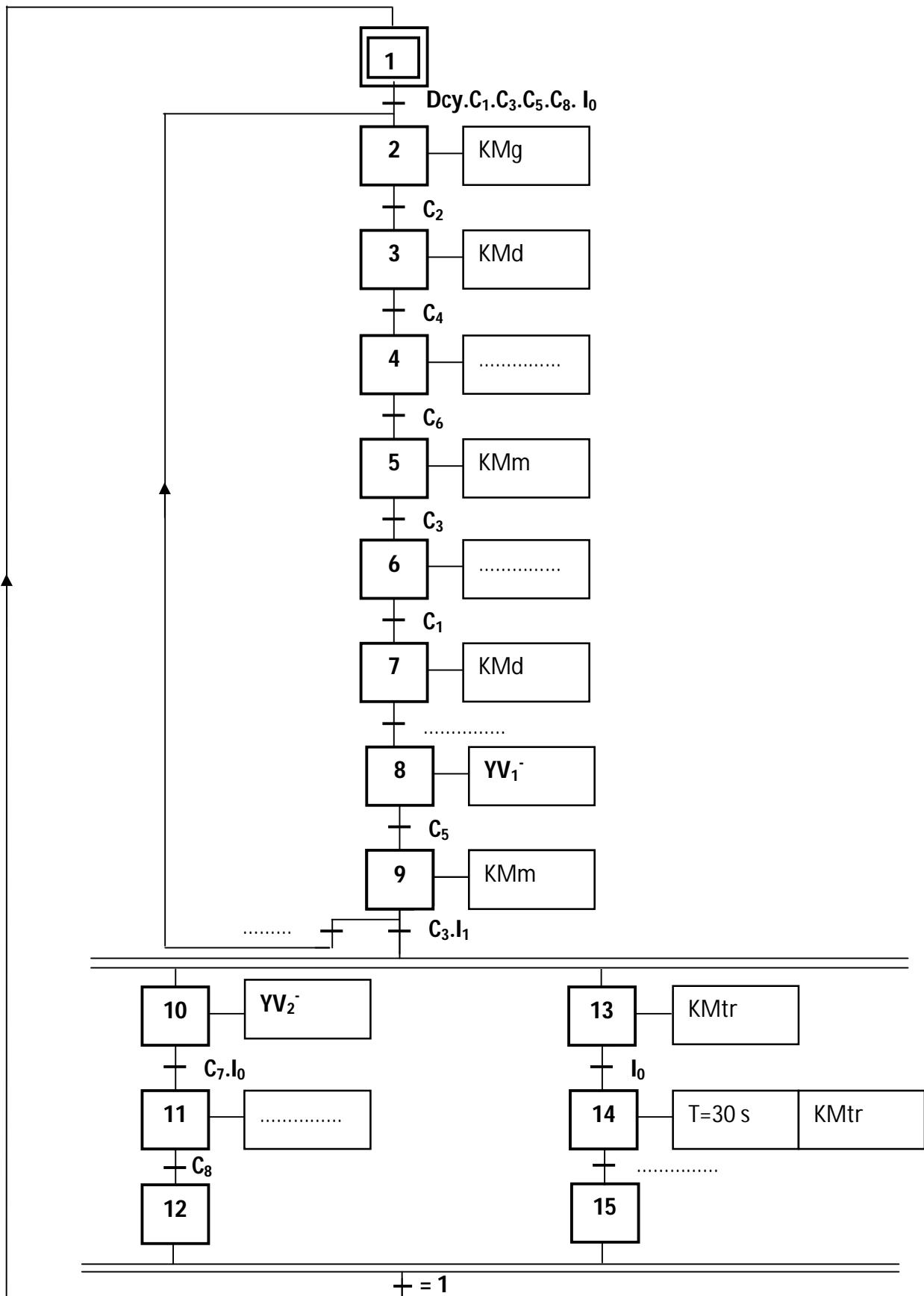
DREP 05

DOCUMENT A RENDRE

SEV3 : ETUDE PARTIELLE DE LA CHAINE D'INFORMATION

GRAFCET du point de vue partie commande (à compléter):

6 pts



DREP 06

DOCUMENT A RENDRE

2.1- Exprimer V_a en fonction de V_{cc} , R_0 et R_1 :

1pt

2.2- Montrer que sous l'action d'une masse m du sable : $V_a = V_{cc} \frac{R+\Delta R}{2.R}$:

1 pt

2.3- Sachant que $V_b = V_{cc} \frac{R_3}{R_2+R_3}$, montrer que sous l'action d'une masse m du sable : $U_{ab} = \frac{V_{cc}}{2} \frac{\Delta R}{R}$

1.5 pt

2.4- Exprimer alors la tension U_{ab} en fonction de m ; on donne $V_{cc} = 5$ V et $R = 5$ KΩ :

2 pts

2.5- a- En déduire alors l'expression de la tension V_s en fonction de U_{ab} et des éléments du montage ;
mettre cette expression sous la forme $V_s = K \cdot U_{ab}$ et donner alors l'expression de K :

3.5 pts

2.5- b- Exprimer alors la tension V_s (en volt) en fonction de m (en Kg) :

1 pt

2.6- Quelle est la valeur du rapport $\frac{R_6}{R_5}$ pour avoir $V_s = 5$ V correspondant à $m = 250$ Kg ?

1 pt

DREP 07

DOCUMENT A RENDRE

3.1- Quelle est la nature de l'entrée RA2? 1 pt

3.2- Donner, en Hexadécimal, les valeurs numériques de N correspondantes à m_0 et à m_1 : 2 pts

3.3- Compléter le programme partiel qui correspond à l'organigramme d'une séquence de GRAFCET : 8 pts

Etiquette	Mnémonique	Commentaire
	(configuration du PIC 16F877)	
	BCF STATUS,RP1 BSF STATUS,RP0	; Choisir bank1
	MOVLW H'04' MOVWF TRISA	; RA0 et RA1 en sortie ; RA2 en entrée
	CLRF TRISB BSF TRISB,7	; RB6..RB0 en sortie ; RB7 en entrée
	; PORTC en entrée
	
	BCF STATUS,RP0	; Choisir bank0
Reprise	Autres instructions	
	BSF PORTB,1	; Déplacer le transporteur ; à benne à gauche
Loop2	Autres instructions	
	BTFS PORTC,3 GOTO Loop1 MOVLW H'20' MOVWF PORTB	; Si la benne est en position basse ; alors ; Ouvrir la benne
Loop3	; Si la benne est ouverte ; alors ; Monter la benne
	
Loop3	BCF PORTB,5 BTFS PORTC,2 GOTO Loop3	; Si la benne est en position haute ; alors ; Appel de CONV_m
	
	MOVLW SUBWF CASE_m,W BTFS STATUS,Z GOTO Reprise BSF PORTB,4 BSF PORTA,0 BCF PORTA,1 BCF PORTB,2	; W=CASE_m - 250 ; Si la masse m_1 est atteinte ; alors ; Suite

DREP 08

DOCUMENT A RENDRE

SEV4 : ALIMENTATION ELECTRIQUE ET MOTORISATION**1.1-Calculer les puissances active P_t , réactive Q_t et apparente S_t de l'installation :****6 pts**

.....
.....
.....
.....

1.2-Déduire le facteur de puissance $\cos \varphi$ de l'installation :**2 pts**

.....
.....
.....

1.3- Déterminer la valeur de la capacité C (*en μF*) de chacun des trois condensateurs, à brancher en triangle et à l'entrée de cette installation, pour relever le facteur de puissance $\cos \varphi$ à $\cos \varphi' = 0,96$:**3 pts**

.....
.....
.....

2.1-Au démarrage, on souhaite réduire le rapport de couple à $M'_D/M_N = 1,2$:**a- Calculer le coefficient K sachant que $M'_D = K^2 \cdot M_D$:****2 pts**

.....
.....

b- Calculer la puissance absorbée nominale P_{aN} du moteur ; en déduire le courant nominal I_N :**3 pts**

.....
.....

c- Sachant que $K = U'_D/U = I'_D/I_D$, calculer alors la tension U'_D et le courant I'_D :**2 pts**

.....
.....

2.2- Au démarrage, le couple résistant de la charge est $M_R = 17 \text{ Nm}$.

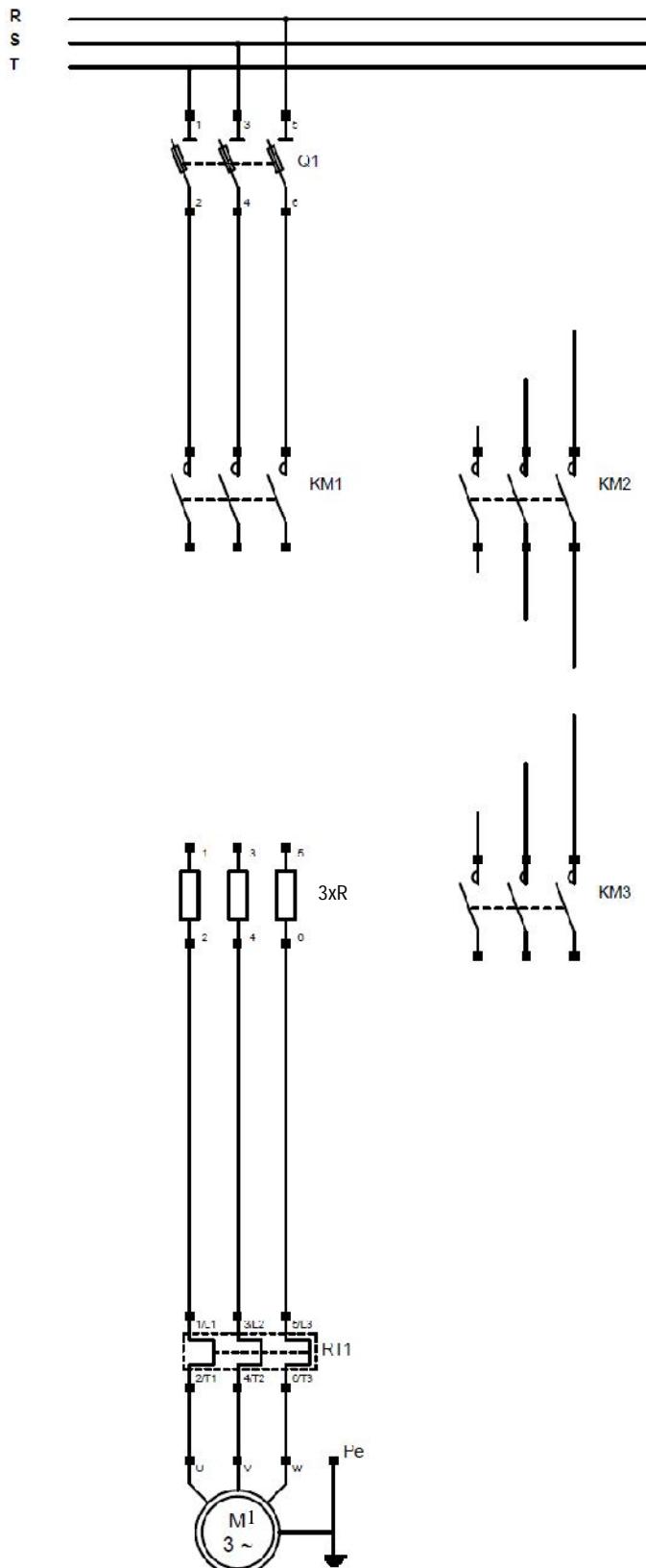
Le moteur peut-il démarrer ? Justifier votre réponse :

3 pts

.....
.....

2.3- Compléter le schéma du circuit de puissance du moteur M_1 illustrant les deux sens de marche et le démarrage par **élimination de résistances statoriques en deux temps** :

5 pts



Le démarrage par élimination de résistances statoriques s'effectue en deux temps :

- 1^{er} temps : Alimenter le stator sous une tension réduite par insertion d'une résistance dans chaque phase.
- 2^{ème} temps : Alimenter le stator par la pleine tension du réseau en court-circuitant les résistances.

KM₁ : Contacteur du sens 1 ;
KM₂ : Contacteur du sens 2 ;
KM₃ : Contacteur du court-circuit des résistances.