Examen National de Fin de formation
Session de Juin
Examen de Fin de Formation (Epreuve de Synthèse)

Eléments de correction

Secteur :	**Génie Electrique**	**Niveau :**	**Technicien Spécialisé**
Filière :	**Automatisation et Instrumentation Industrielle**		

Variante	**2**	**Durée :**	**4h00**	**Barème**	**/100**

Consignes et Précisions aux correcteurs :

Veuillez respecter impérativement les consignes suivantes :

- **Le corrigé est élaboré à titre indicatif,**
- **Eviter de sanctionner doublement le stagiaire sur les questions liées,**
- **Pour toutes les questions de synthèse et de compréhension le correcteur s'attachera à évaluer la crédibilité et la pertinence de la réponse du stagiaire. Et à apprécier toute réponse cohérente du stagiaire,**
- **Le stagiaire n'est pas tenu de fournir des réponses aussi détaillées que celles mentionnées dans le corrigé,**
- **Pour les exercices de calcul :**
  - Prendre en considération la méthode de calcul correcte (formule et relation de calcul correcte) même si le résultat final de calcul est faux
  - Le résultat final correct non justifié ne doit pas avoir la totalité de la note.
- **En cas de suspicion d'erreur au niveau du corrigé, prière de contacter la Division de Conception des Examens.**

Détail du Barème :

N° Des Dossiers	Travaux à réaliser	Barème
Partie Théorique		
SUJET 1	Commande électrique de machines électriques	**/14 points**
SUJET 2	Commande électronique de machines électriques	**/11,5 points**
SUJET 3	Hydraulique	**/14,5 points**
	Total partie Théorique	**/40 points**
Partie Pratique		
SUJET 4	Automate Programmable	**/21 points**
SUJET 5	Capteurs	**/14 points**
SUJET 6	Commande électrique de machines électriques	**/25 points**
	Total partie Pratique	**/60 points**
	Total Général	**/100 points**

Partie Théorique : /40 points

SUJET 1 : **/14 points**

Sur la plaque signalétique d'un moteur triphasé asynchrone**,** on relève les indications suivantes :

1,1 kW	**400 V/ 690 V**	**2,4 A / 1,4 A**	**960 tr.min^{-1}**	**cos φ = 0,84**

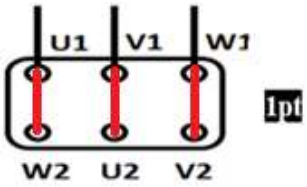
❖ **On précise que :**

L'alimentation du moteur est assurée par un réseau triphasé **400 V-50 Hz.**

La résistance d'un enroulement statorique **R = 2 Ω**

1. Déterminer le couplage des enroulements du stator, et compléter la représentation de la plaque à bornes avec les barrettes de couplage. **/2**

Couplage triangle **1pt**



1pt

2. Sachant que le moteur est **hexa polaire**, Calculer la valeur de la vitesse **ns** de synchronisme. **/1**

Expression :0,75pt $ns = \frac{60.f}{p}$ **A.N :0,25pt** **ns = 1000 tr/min**

3. Calculer son glissement **gn** à la vitesse nominale. **/1**

Expression :0,75pt **gn =(ns-nr) / ns** **A.N :0,25pt** **gn = 0,04 = 4%**

4. En fonctionnement nominal, calculer les pertes joules statoriques **Pjs**. **/2**

Expression :1,5pt **Pjs = R.I²** **A.N :0,5pt** **Pjs = 11,52 W**

5. Calculer la valeur du moment du couple utile **Cu**. **/1**

Expression :0,75pt $Cu = \frac{Pu.60}{2\pi nr}$ **A.N :0,25pt** **Cu = 10,94 Nm**

6. En fonctionnement nominal, calculer la puissance électrique absorbée **Pa**. **/1**

Expression :0,75pt **Pa = U.I.$\sqrt{3}$.cos φ** **A.N :0,25pt** **Pa =1396,72 W**

7. Calculer le rendement **η** du moteur dans ces mêmes conditions. **/1**

Expression :0,75pt $\eta = \frac{Pu}{Pa}$ **A.N :0,25pt** **η = 78,75 %**

8. Que faut-il faire pour inverser le sens de rotation du moteur ? **/1**

Permuter deux phases d'alimentation du moteur

❖ **Dans le cas d'un démarrage direct sur le réseau ; On donne Cd / Cn = 3 , Id / In = 6**

9. Calculer le courant au démarrage **Id** du moteur et la valeur du couple de démarrage **Cd**. **/2**

Expression :0,75pt **Cd = 3 x Cn** **A.N :0,5pt** **Cd = 32,82 Nm**

Expression :0,75pt **Id = 6 x 2,4** **A.N :0,5pt** **Id = 14,4 A**

❖ **On alimente le moteur par un démarreur électronique**

Au démarrage avec le démarreur, sous la tension d'une phase **V'**, le moteur absorbe le courant **Id'** et développe un couple **Cd'**. On suppose que la réduction de couple pendant le démarrage est égale au rapport du carré des courants $\frac{Cd'}{Cd} = \left(\frac{Id'}{Id}\right)^2$

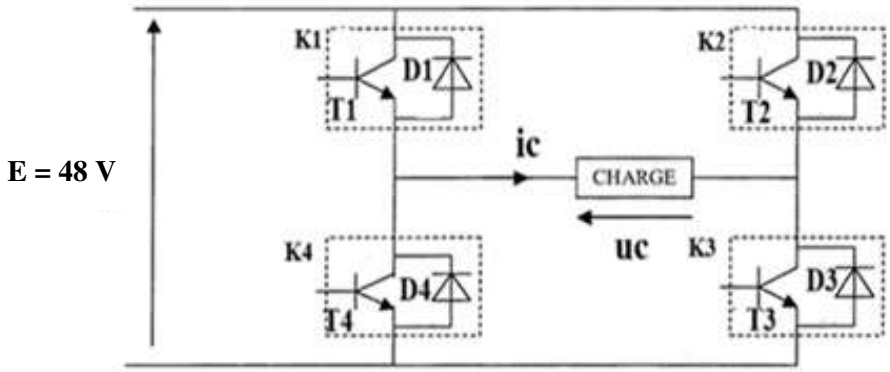
Le démarreur est réglé pour avoir une limitation du courant à **Id' = 2.In**.

10. Calculer le nouveau couple de démarrage **Cd'**. **/2**

Expression :1,5pt $\frac{Cd'}{Cd} = \left(\frac{Id'}{Id}\right)^2 = \left(\frac{2.In}{6.In}\right)^2$ **Cd' = 0,11 x Cd** **A.N :0,5pt** **Cd' = 3,64 Nm**

SUJET 2 : **/11.5 points**

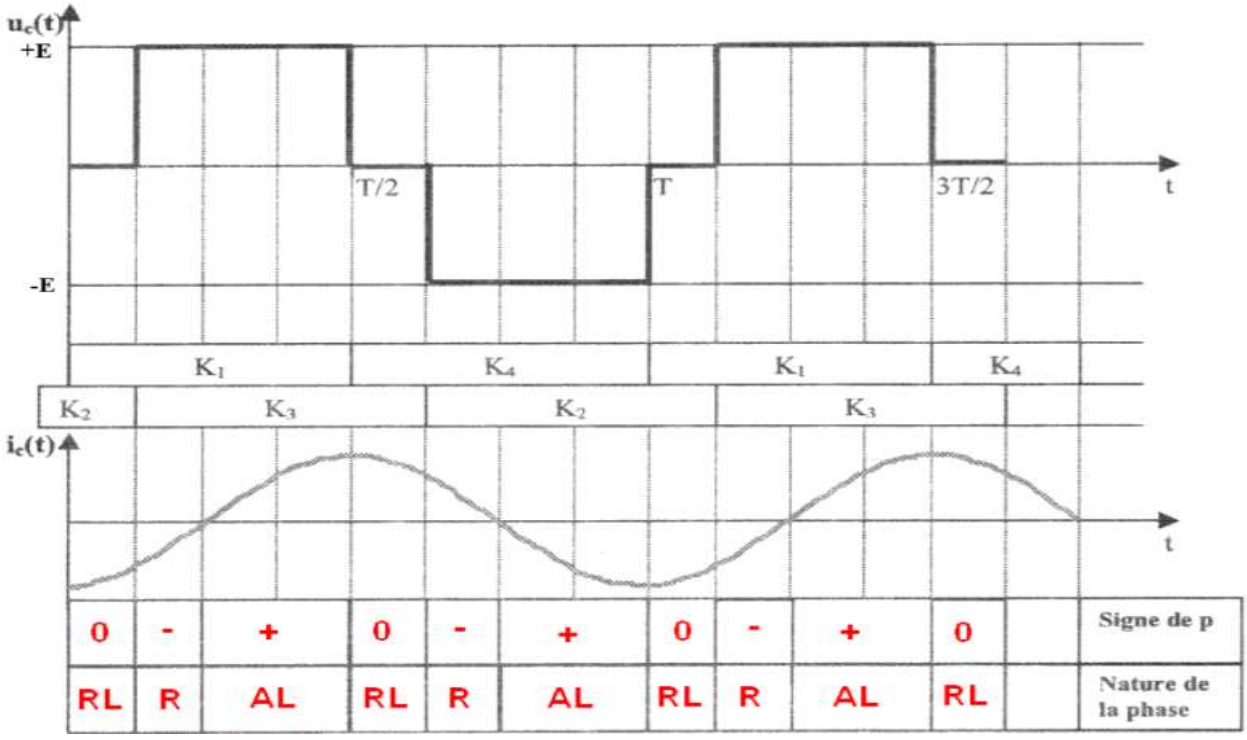
La figure ci-dessous représente Le schéma de principe d'un onduleur monophasé.



1. Quel type de conversion réalise un onduleur ? **/2**

Convertir une tension continue en une tension alternative

❖ **La figure ci-dessous représente en fonction du temps la tension uc(t) aux bornes de la charge et le courant ic(t) circulant dans celle-ci.**



2. Choisir le type de commande utilisé dans cet onduleur **/1**

☒ **Commande décalée**

3. Exprimer la valeur efficace **uc_{eff}** de la tension **uc(t)** en fonction de **E,** puis calculer sa valeur**.** **/2**

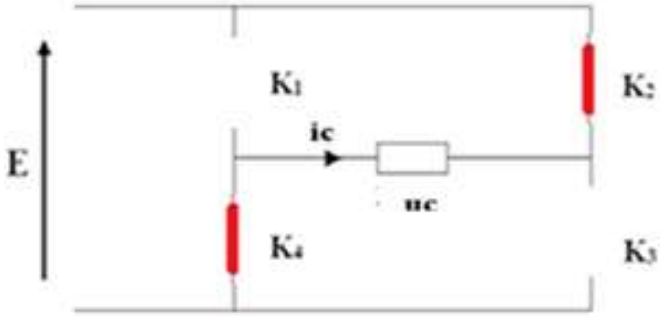
Expression :1,5pt $uc_{eff} = E\sqrt{1 - \frac{2t}{T}}$ = E x 0,86 **A.N :0,5pt** uc_{eff} = 41,28 V

❖ **On note p(t)= uc(t) x ic(t), la puissance instantanée reçue par la charge.**

4. Compléter le tableau, en précisant le signe de la puissance p(t). **/2,25**
5. Indiquer dans ce même tableau la nature de chaque phase de fonctionnement : **/2,25**

AL = phase d'alimentation, **RL** = phase de roue libre, **R** = phase de récupération.

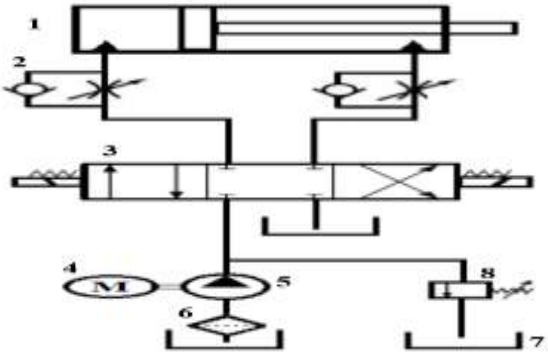
6. compléter le schéma équivalent du montage pour l'intervalle $\left[\frac{5T}{8}, T\right]$ et exprimer la tensions **uc(t)** en fonction de la tension **E**. **/2**



Uc = - E

SUJET 3 : **/14,5 points**

Le circuit hydraulique ci-dessous représente le circuit de puissance d'une benne.



Données et notations	
P = 100 bars : Pression de la pompe. **Q = 25 l/min :** débit de la pompe **N = 1440 tr/min** : Vitesse de rotation de la pompe	• **D = 80 mm** : diamètre piston. • **d = 25 mm** : diamètre tige.

1. Compléter le tableau ci-dessous. **16 x 0,5pt** **/8**

Repère	Nom	Fonction
1	**Vérin hydraulique double effet**	**Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique (translation)**
2	**Limiteur de débit unidirectionnel**	**Réglage de la vitesse de rentrée de la tige**
3	**Distributeur 4/3 à commande électrique centre fermé**	**Commuter (distribuer) l'énergie hydraulique**
4	**Moteur électrique**	**Actionner la pompe (transformer l'énergie électrique en énergie mécanique)**
5	**Pompe hydraulique**	**Générer un débit d'huile (transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique)**
6	**Filtre à l'aspiration**	**Filtrer l'huile**
7	**Réservoir**	**Stocker l'huile**
8	**Limiteur de pression réglable**	**Protéger le circuit hydraulique**

2. Citer deux paramètres pour le choix d'une pompe. **/1**

Pression, débit (cylindrée), vitesse de rotation

3. Exprimer et calculer **Sp** la section piston et **Sa** la section annulaire **(en cm²).** **/1**

Expression :0,25pt $Sp = \frac{\pi . D^2}{4}$ **A.N :0,25pt** $Sp = 50,26\ cm^2$

Expression :0,25pt $Sa = \frac{\pi . (D^2 - d^2)}{4}$ **A.N :0,25pt** $Sa = 45,35\ cm^2$

4. Calculer **Cyl** la cylindrée de la pompe **(en cm³/tr).** **/1**

Expression :0,5pt Cyl = (Qth / N) x1000 **A.N :0,5pt** Qth = 17,369 cm³/tr

5. Calculer P_{hyd} la puissance de la pompe **(en kW).** **/1**

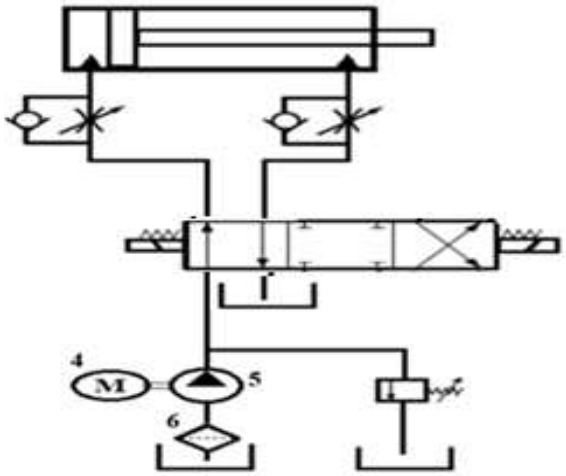
Expression :0,5pt $Phyd = \frac{P(bar) . Q(\frac{l}{min})}{600}$ **A.N :0,5pt** $Phyd = 4,16\ kW$

6. Calculer **Vs** la vitesse de sortie et **Vr** la vitesse de la rentrée de la tige du vérin **(en m/s)**. **/1**

Expression :0,25pt $Vs = \frac{Q\ (\frac{l}{min})}{6 . Sp\ (cm^2)}$ **A.N :0,25pt** $Vs = 0,082\ m/s$

Expression :0,25pt $Vr = \frac{Q\ (\frac{l}{min})}{6 . Sa\ (cm^2)}$ **A.N :0,25pt** $Vr = 0,091\ m/s$

7. Compléter le traçage du circuit hydraulique pendant **la phase de sortie de la tige.** **/1.5**



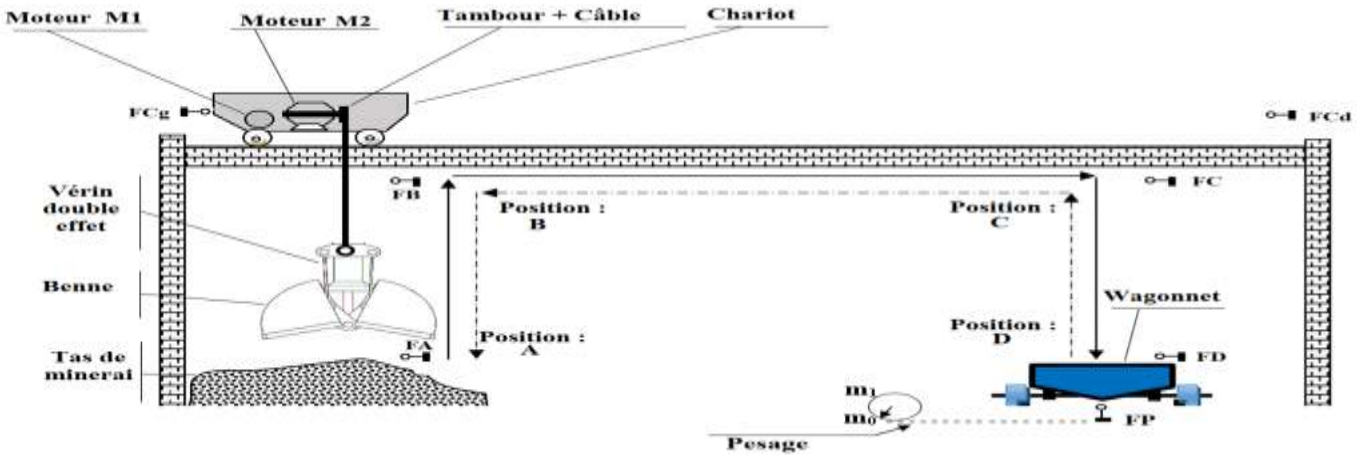
Partie Pratique : /60 points

SUJET 4 : **/21 points**

La figure ci-dessous représente un poste de chargement de wagonnets par des minerais.

Description du système :

- Le déplacement horizontal du chariot est assuré par **le moteur M1**
- Le déplacement vertical de la benne est assuré par **le moteur M2** associé à un tambour plus câble.
- **Un vérin double effet V** permet l'ouverture et la fermeture de la benne.



Fonctionnement du système :

- A l'état initial :
  - Le chariot à benne est en position gauche détectée par le capteur **FCg** ;
  - La présence d'un wagonnet est détectée par le capteur **FP.**
  - Le wagonnet est complètement vide ($\mathbf{m_0}$) ;
  - La benne est ouverte et son ouverture est détectée par un détecteur de proximité **FO** ;
  - La benne est en position basse détectée par le capteur **FA** ;
- Une action sur le bouton poussoir **Dcy** permet de lancer le cycle suivant :
  - Fermer la benne par **le vérin double effet V;**
  - Monter la benne à travers **le moteur M2** jusqu'à **FB ;**
  - Déplacer le chariot vers la droite par **le moteur M1** avec une vitesse de 250 **tr/min** jusqu'à **FCd ;**
  - Descendre la benne jusqu'à **FD ;**
  - Ouvrir la benne **;**
  - Après **20 secondes** d'ouverture, remonter la benne jusqu'à **FC ;**
  - Déplacer le chariot vers la gauche à travers **le moteur M1** avec une vitesse de **800 tr/min** jusqu'à **FCg ;**
  - Descendre la benne jusqu'à **FA ;**
- Le cycle se répète jusqu'à l'atteinte de la masse souhaitée détectée par le capteur ($\mathbf{m_1}$).

Remarque :

- Le vérin **V** est commandé par un distributeur 4/2 monostable **;**
- L'ouverture et la fermeture de la benne est détectée par les détecteurs de proximité **FO** et **FF ;**
- Le **moteur M1** du chariot est commandé par un variateur de vitesse (**VAR**) raccordé avec un **API**.
- Une tension de **0V** à **10V** correspond à une vitesse de **0 à 1500trs/min**.
- La montée et la descente de la benne à travers **le moteur M2** sont commandées respectivement par les contacteurs **KM1** et **KM2 ;**

1. Identifier les entrées et les sorties en leurs accordant les adresses correspondantes. **/5**

(Adressage selon l'API étudié)

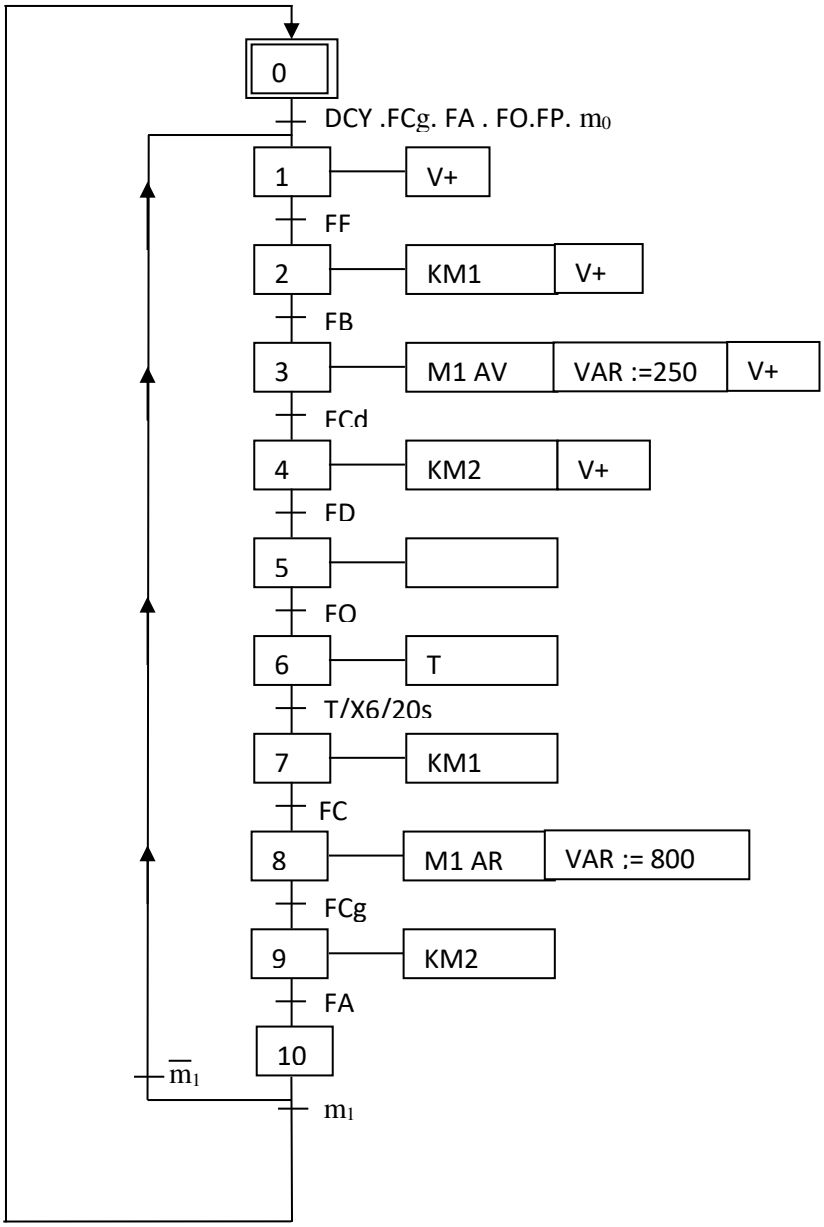
Entrées	**Dcy**	**FCg**	**FCd**	**FA**	**FB**	**FC**	**FD**	**FP**	**FO**	**FF**	**m_0**	**m_1**
Adresses	**Adressage selon l'API étudié**											
Sorties	**KM1**	**KM2**	**V+**		**M1AV**	**M1AR**	**VAR**					
Adresses	**Adressage selon l'API étudié**											

2. Compléter le tableau par les codes API correspondants aux vitesses de rotation. **/2**

(Selon l'API étudié)

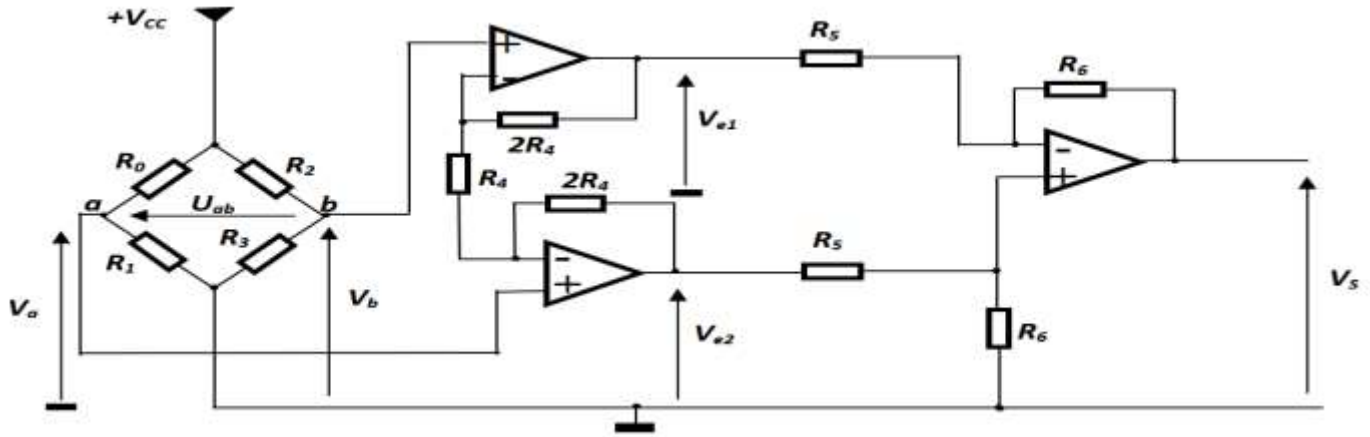
Vitesse	**0 tr/min.**	**250 tr/min**	**800 tr/min**	**1500 tr/min**
Code	**0**	**4608**	**14746**	**27648**

3. Etablir le grafcet du poste. **(D'autres solutions sont envisageables).** **/14**



SUJET 5 : **/14 points**

Le dispositif de pesage est constitué principalement de capteurs de contrainte pour la détection de la masse m du minerai. 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 du minerai 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 minerai.

1. Exprimer **Va** en fonction de **Vcc**, R_0 et R_1. **/2**

$$Va = \frac{Vcc \cdot R_1}{R_0 + R_1}$$

2. Montrer que $Va = Vcc \frac{R + \Delta R}{2R}$ **/2**

On remplace R_0 par **(R - ΔR)** et R_1 par **(R + ΔR)**, on en déduit que $Va = Vcc \frac{R + \Delta R}{2R}$

3. Sachant que $Vb = \frac{Vcc \cdot R_3}{R_2 + R_3}$ **,** montrer que sous l'action d'une masse **m** du minerai : $Uab = \frac{Vcc}{2} \frac{\Delta R}{R}$ **/2**

$$U_{ab} = Va - Vb = Vcc \frac{R + \Delta R}{2R} - \frac{Vcc}{2} = \frac{Vcc}{2} \frac{\Delta R}{R}$$

4. Dans la zone linéaire de la caractéristique du capteur, la variation ΔR est proportionnelle à la masse : $\Delta R = k_0 . m$; avec 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 la masse m (en kg) ; on donne **Vcc = 5 V** et **R = 5 kΩ**. **/2**

$$Uab = \frac{Vcc}{2} \frac{\Delta R}{R} = \frac{5\,V}{2} \frac{2\,\frac{\Omega}{Kg} . m}{5\,k\Omega} = 0{,}001 . m = 10^{-3} . m$$

5. Sachant que les tensions : $V_{e1} = 3Vb - 2Va$ et $V_{e2} = 3Va - 2Vb$ **,** montrer que $Vs = \frac{5 . R_6}{R_5} . Uab$ **/2**

$$Vs = \frac{5 . R_6}{R_5} . Uab$$

6. Montrer que $Vs = \frac{5 . R_6}{R_5} . 10^{-3} . m$ **/2**

$$Vs = \frac{5 . R_6}{R_5} . Uab = \frac{5 . R_6}{R_5} . 10^{-3} . m$$

7. Calculer la valeur du rapport $\frac{R_6}{R_5}$ pour avoir **Vs = 5 V** correspondant à **m = 250 kg.** **/2**

$$\frac{R_6}{R_5} = 10^3 \frac{Vs}{5 . m} = 10^3 \frac{5}{5 \times 250} = 4$$

SUJET 6 : **/25 points**

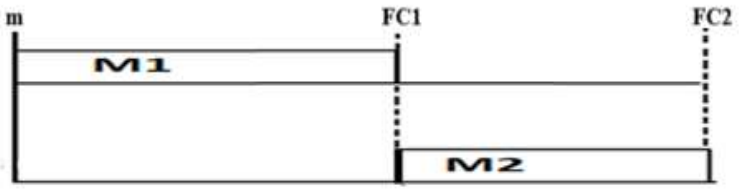
Une installation industrielle comporte :

- Deux moteurs asynchrones triphasés M1 (**démarrage direct**) et M2 (**démarrage par élimination des résistances statoriques en deux temps**).
- **m** bouton poussoir Marche ; **a** bouton poussoir arrêt ;
- Deux capteurs (Fin de course) **FC1 et FC2**.
- Quatre lampes de signalisations **H1, H2, H3 et H4**.

Fonctionnement :

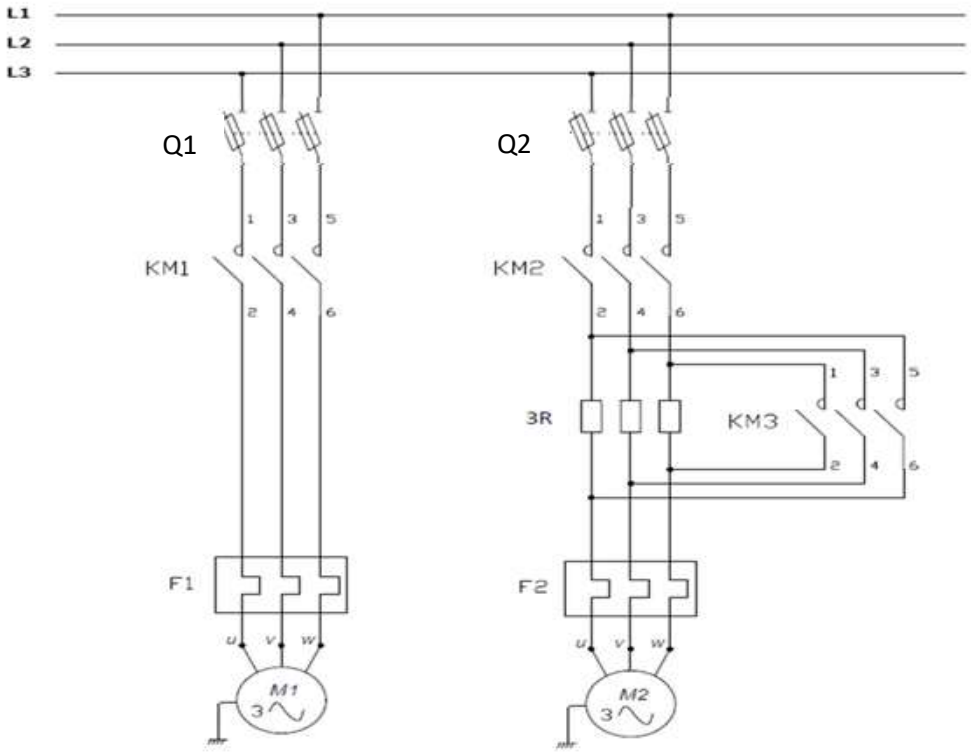
En appuyant sur le bouton poussoir **m**, le moteur **M1** démarre, une fois le capteur **FC1** actionné, le moteur **M1** s'arrête et le moteur **M2** démarre.

L'action sur le capteur **FC2** permet d'arrêter le moteur **M2**, Chaque moteur est protégé par un relais thermique, le déclenchement de l'un de ces relais provoque l'arrêt de toute l'installation.

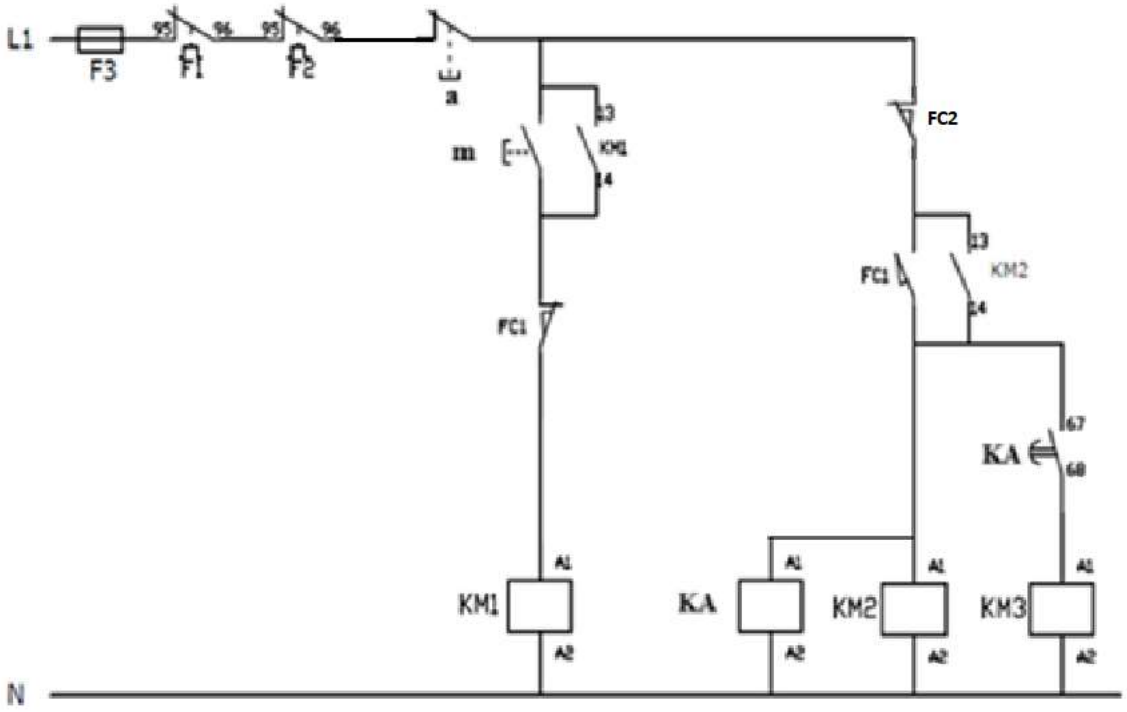


- Par une action sur un bouton poussoir arrêt **a**, on peut arrêter le moteur à n'importe quel moment
- Un voyant **H1** signale la marche du moteur **M1**.
- Un voyant **H2** signale la marche complète du moteur **M2.**
- Un voyant **H3** signale l'arrêt des deux moteurs.
- Un voyant **H4** signale le défaut thermique de **M1** ou **M2**.

1. Compléter le schéma du circuit de puissance. **/8**



2. Tracer le schéma du circuit de commande **(D'autres solutions sont envisageables).** **/12**



3. Compléter le schéma du circuit de signalisation. **/5**

