

Examen National de Fin de Formation
Session de Juin 2025

Examen de Fin de Formation Epreuve de Synthèse

Eléments de correction					
Secteur :	Génie Électrique	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	QCM	10points
SUJET 2	La commande électrique des machines	10 points
SUJET 3	La commande électronique des machines	10 points
SUJET 4	Automate Programmable	10 points
Total Partie Théorique		/40 points
Partie Pratique		
SUJET 5	Hydraulique	10 points
SUJET 6	API, Capteurs, Contrôleurs & Régulation PID	30 points
SUJET 7	La commande électrique des machines	20 points
Total Partie Pratique		/60 points
Total Général		/100 points

SUJET 1:/10points

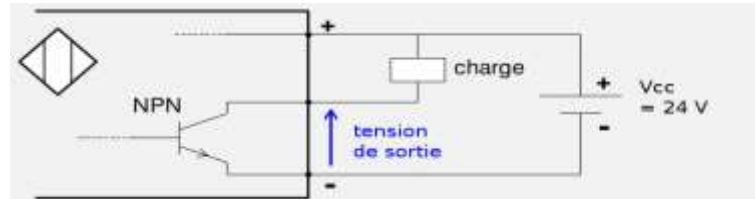
(1Point pour chaque question)

1. Un détecteur 3 fils en technologie PNP s'utilise directement avec un automate à entrée en :

B. logique positive

2. Dans un détecteur 3 fils normalement fermé (NF) de technologie NPN, que vaut la tension de sortie en présence de cible ?

C. $V_{cc} = 0 \text{ V}$



3. La résistance d'une thermistance type CTN augmente quand :

B. la température diminue

4. Quel type de matériau peut détecter un détecteur de proximité inductif

B. métal

5. La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de :

A. Procédés de fabrication automatisée

6. Lequel de ces détecteurs photoélectriques possède une grande portée ?

A. Le photo-détecteur de type barrage

7. La vitesse de transmission des données est exprimée en :

B. bits/s

8. Quel est le composant représenté sur l'image ?

C. Distributeur 3/2



9. Quelle est la principale différence entre un vérin simple effet et un vérin double effet ?


A. Un vérin simple effet fonctionne avec un seul flux d'air, tandis qu'un double effet utilise deux flux d'air

10. Choisissez la bonne réponse.

B. Un distributeur 5/2 possède 5 orifices et 2 positions

SUJET 2 : /10points

La plaque signalétique ci-dessous comporte les indications d'un moteur asynchrone triphasé :

		MOT. 3 ~ LS 180 LR		N°		110 kg	
IP 55		I c.l.F		40°C		S1	
	V	Hz	min ⁻¹	kW	cos φ	A	
Δ	230	50	968	15	0,78	55,3	
Y	400					31,9	

L'alimentation du moteur est assurée par un réseau triphasé 400V – 50 Hz,

1. Que signifient les indications suivantes : (1point)

F : Classe d'isolement

230: Tension supportée par chaque enroulement

S1 : Service de fonctionnement

15 : Puissance utile

2. En justifiant la réponse, préciser le couplage des enroulements statoriques. (1point)

La tension supportée par chaque enroulement 230V est égale à la tension simple du réseau 230V donc le moteur sera couplé en **étoile**.

3. Déduire la vitesse de synchronisme N_s et le nombre de pôles. (1,5points)

On a $N=968$ tr/min donc N_s est la vitesse la plus proche donc $N_s=1000$ tr/min

Le nombre total de pôles du moteur est : **6 pôles**

4. Calculer la puissance absorbée. (1point)

$$\text{On a } P_a = \sqrt{3} \times 400 \times 31,9 \times 0,78 = 17238,75\text{W}$$

5. Calculer le rendement. (1point)

$$\text{On a } \eta = \frac{P_u}{P_a} \times 100 \quad \text{APN} \quad \eta = \frac{15000}{17238,75} \times 100 = 87\%$$

6. Sachant que les pertes dans le stator $P_{js} + P_{fs} = 1150\text{W}$, calculer

a. La puissance transmise. (1,5point)

$$\text{On a } P_{tr} = P_a - (p_{js} + p_{fs}) \quad \text{APN} \quad P_{tr} = 17238,75\text{W} - 1150 \text{ Donc } P_{tr} = 16088,75\text{W}$$

b. les pertes joule rotoriques. (1,5point)

$$\text{On a } P_{jr} = g \times P_{tr} \quad \text{APN} \quad P_{jr} = \frac{1000-968}{1000} \times 16088,75 = 514,84\text{W}$$

c. les couples: utile T_u , électromagnétique T_{em} et de pertes mécaniques T_{pm} (1,5points)

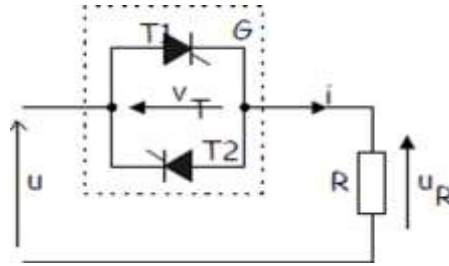
$$\bullet \text{ On a } T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{P_u}{2\pi N} \times 60 \quad \text{APN} \quad T_u = \frac{15000}{2 \times \pi \times 968} \times 60 = 148 \text{ Nm}$$

$$\bullet \text{ On a } T_{em} = \frac{P_{tr}}{\Omega_s} = \frac{P_{tr}}{2\pi N_s} \times 60 \quad \text{APN} \quad T_{em} = \frac{16088,75}{2 \times \pi \times 1000} \times 60 \text{ Donc } T_{em} = 153,63\text{Nm}$$

$$\bullet \text{ On a } T_{pm} = T_{em} - T_u \quad \text{APN} \quad T_{pm} = 153,63 - 148 = 5,63 \text{ Nm}$$

SUJET 3 : /10points

Soit le schéma de convertisseur statique ci-dessous :

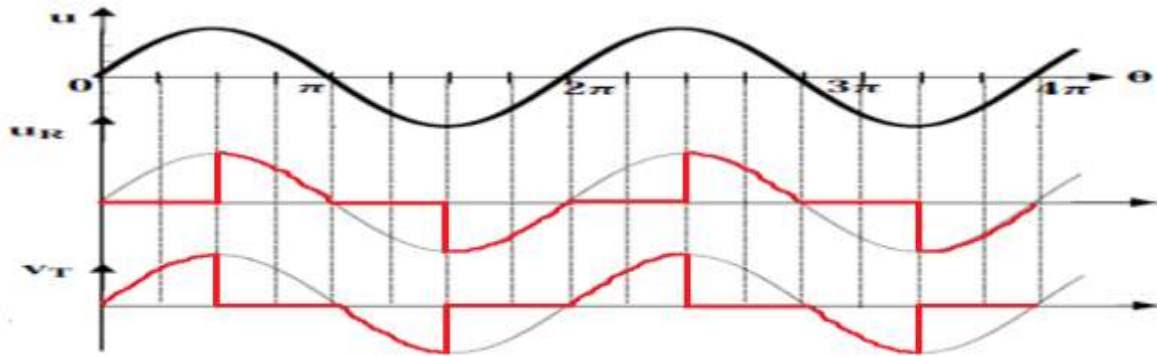


On donne : $u_{\text{eff}} = 220 \text{ V}$, 50Hz et $R = 150\Omega$.

1. Quel est le rôle de convertisseur statique représenté dans le schéma ? (1 Point)

La conversion de tension alternative a une tension alternative variable

2. Pour un angle de retard à la conduction $\alpha = 90^\circ$, tracer les signaux des tensions $u_R(t)$ et $v_T(t)$. (3 Points)



3. Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace de la tension $u_R(t)$.

- La valeur moyenne : (1 Point)

$$\langle u_R \rangle = \int_0^{2\pi} u_R(t) \cdot dt = 0$$

- La valeur efficace : (3 Points)

$$u_R = u_{\text{eff}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} - \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

$$u_R = 220 \sqrt{1 - \frac{1}{2} - 0} = 155,56 \text{ V}$$

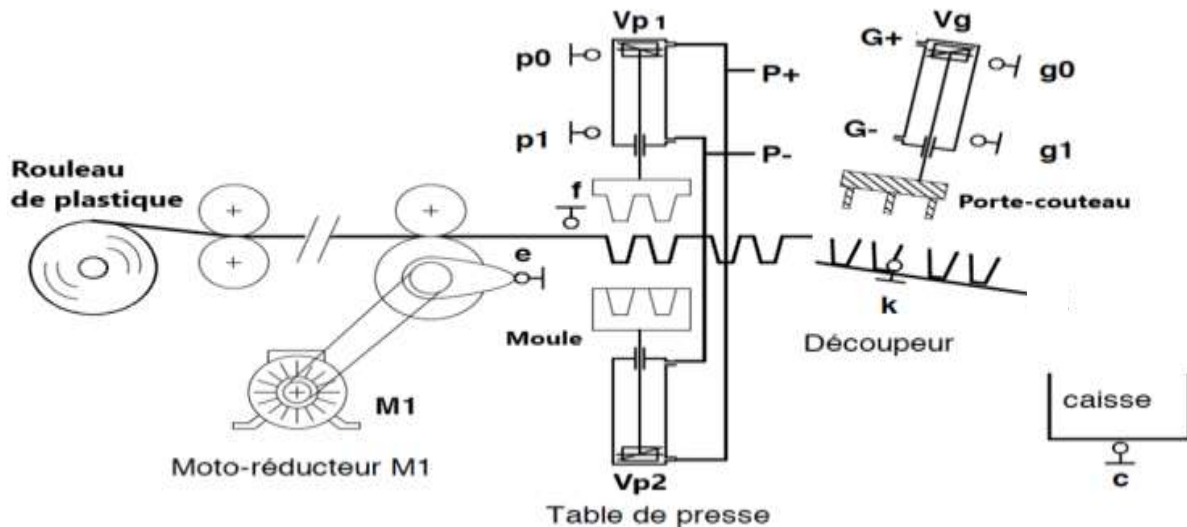
4. Calculer la puissance P dissipée dans R. (2 Points)

$$P = R \cdot I^2 = \frac{(u_R)^2}{R} = \frac{155,56^2}{150} = 161,33 \text{ W}$$

SUJET 4 : /10points

La machine représentée sur la figure ci-dessous, permet de fabriquer des gobelets à partir d'un rouleau de plastique. La machine comprend :

- Un support pour le rouleau de plastique entraîné en rotation dans un seul sens par le moteur asynchrone triphasé **M1** ;
- Une table de presse comportant un moule qui se déplace verticalement à l'aide de deux vérins **Vp1** et **Vp2** (fermeture pour moulage **P+**) ;
- Un découpeur qui coupe les gobelets en deux avec un porte-couteau qui se déplace verticalement (descente **G+**) à l'aide d'un vérin **Vg** ;
- Après le découpage, les gobelets glissent un par un le long d'une pente jusqu'à la caisse.



Fonctionnement :

Si les conditions initiales (**p0**, **g0**, **e**, **c** et **f**) sont réalisées et si l'opérateur actionne le commutateur de la machine commence le cycle suivant :

- Le plastique avance d'un pas grâce au moteur **M1** (un pas est détecté par le front montant du capteur '**e**') ;
- La fermeture de la presse se fait par les vérins **Vp1** et **Vp2** ;
- Afin de pouvoir réaliser un parfait moulage, la presse restera en position fermée pendant **10** secondes ;
- Le poste de découpage est mis en service simultanément avec la presse lorsqu'une détection de présence de pièces est signalée par le capteur '**k**' ;

Les gobelets découpés tombent dans la caisse et le cycle se termine.

NB :

- **g0**, **g1** sont des capteurs de position des vérins **Vg** ;
- **p0**, **p1**, sont des capteurs de position des vérins **Vp1**;
- La présence de la caisse détectée par '**c**'.
- Les vérins **Vp1** et **Vp2** sont commandés par un seul distributeur monostable ;
- Le vérin **Vg** est commandé par un distributeur monostable.

Travail à faire :

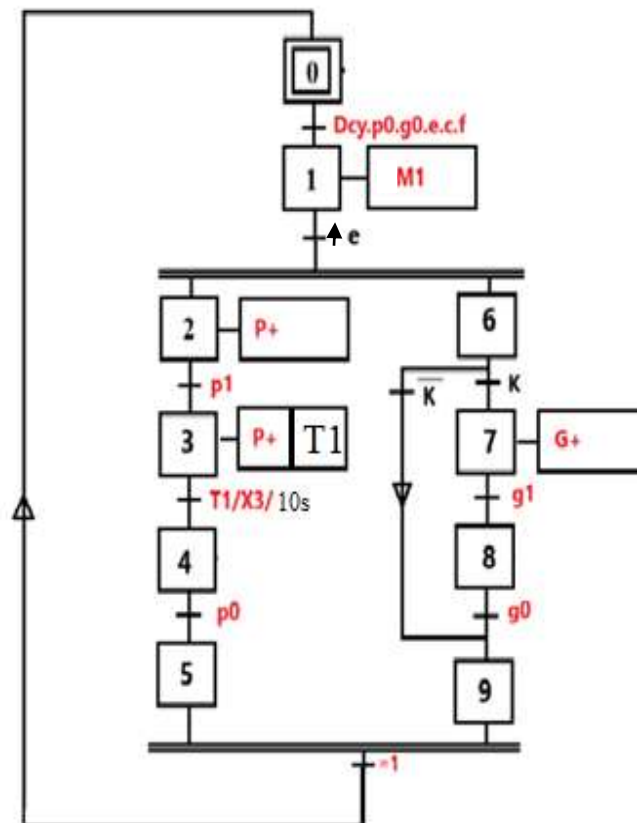
- 1) Identifier les entrées et les sorties en leurs accordant les adresses correspondantes (Adressage selon l'API étudié) (2 points)

Filière	AII	Variante	2	Page 5 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2025	

Entrées	Dcy	p0	p1	g0	g1	e	k	f	c	
Adresses	E 0.0	E 0.1	E 0.2	E 0.3	E 0.4	E 0.5	E 0.6	E 0.7	E 1.0	

Sorties	P+	G+	M1							
Adresses	A0.0	A0.1	A0.2							

2) Compléter le GRAFCET ci-dessous de commande de cette machine (Niveau 2) : (4 points)



3) Donner les équations d'activation et de désactivation (Set/Reset) des étapes dans le tableau ci-dessous : (2 points)

Étape Xi	CAXi (Condition d'activation de l'étape Xi)	CDXi (Condition de désactivation de l'étape Xi)
X0	(init)+(X5.X9)	X1
X7	X6 . k	X8

1) Donner les équations des actions : (2 points)

Actions	Equations
P+	X2+X3
M1	X1

SUJET 5 : /20points

La descente de l'embout d'une presse hydraulique permettant l'assemblage de deux pièces (coussinet + bague).

On donne :

- Le diamètre du piston **Dp = 45 mm.**
- Le diamètre de la tige **d = 30 mm.**
- Vitesse de descente de la tige du vérin **V = 6 mm/s.**
- L'effort maximale fourni par le vérin à la sortie de la tige **F = 4500 daN.**

1. Calculer la section du piston (section d'alésage) **Sp** et la section annulaire (section annulaire) **Sa** en cm². **(2points)**

$$S_p = \frac{\pi D^2}{4} \qquad S_p = 15,89 \text{ cm}^2$$

$$S_a = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \qquad S_a = 8,83 \text{ cm}^2$$

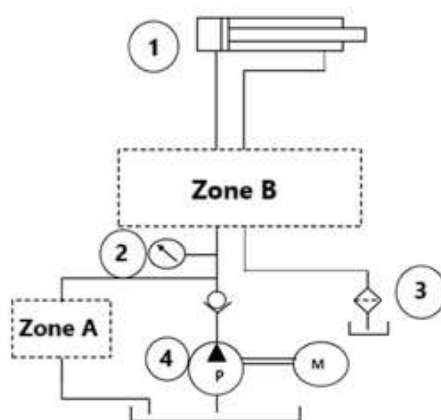
2. Calculer la pression maximale **pmax** en bars dans la chambre du vérin à la sortie de sa tige. **(1point)**

$$p_{max} = \frac{F}{S_p} \qquad p_{max} = 283,19 \text{ bar}$$

3. Calculer le débit **Q** nécessaire pour la descente de la tige en L/min. **(1point)**

$$Q = 6 \cdot V(\text{m/s}) \cdot S_p(\text{cm}^2) \qquad Q = 0,57 \text{ l/min}$$

- Le schéma ci-dessous (non complet) représente le circuit hydraulique de puissance.



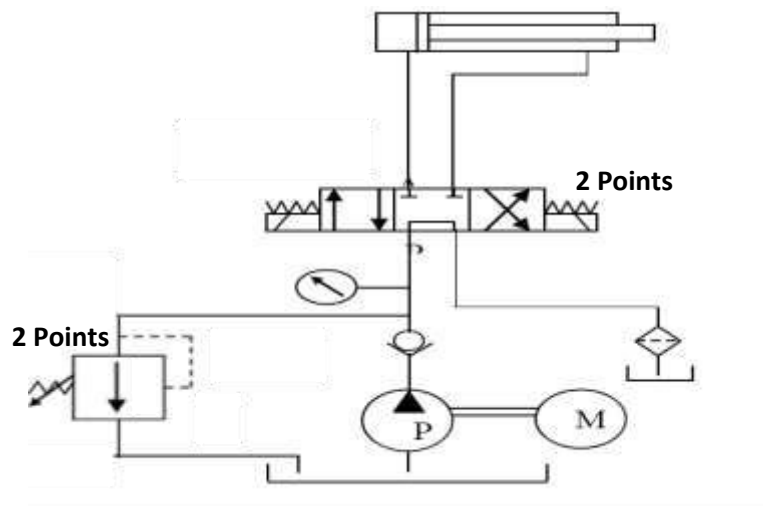
4. Compléter le tableau en indiquant le nom de chaque composant repéré dans le schéma du circuit hydraulique et sa fonction. **(2 points)**

Repère	Nom de l'élément	Fonction
1	Vérin hydraulique double effet	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique
2	Manomètre	Indiquer la pression d'utilisation
3	Filtre	Filtrer l'huile
4	Pompe hydraulique	Transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique

5. Dessiner sur le schéma hydraulique :

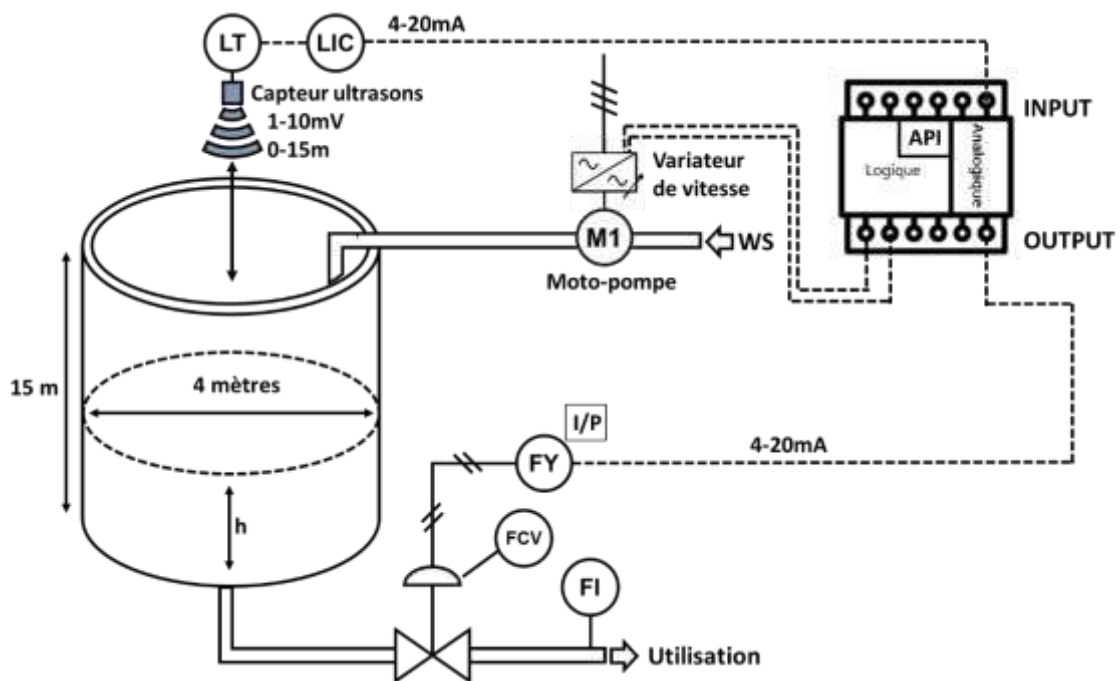
Zone A : **un limiteur de pression réglable assurant la sécurité du circuit hydraulique.**

Zone B : **un distributeur 4/3 bistable à commande électrique centre Tandem.**



SUJET 6 : /30points

D'après la figure ci-dessous, un système de contrôle du niveau d'eau dans un réservoir a été mis en place, intégrant un automate programmable pour gérer l'ensemble du processus. Un variateur de vitesse pilote le moteur M1 afin d'optimiser la consommation d'énergie électrique.



Propriétés du capteur-transmetteur ultrasons :




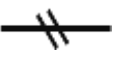
C'est un transmetteur 2 fils qui délivre un signal courant de 4 à 20 mA.

La valeur maximale : 15 m

La valeur minimale : 0 m

1) Identifier les éléments suivants :

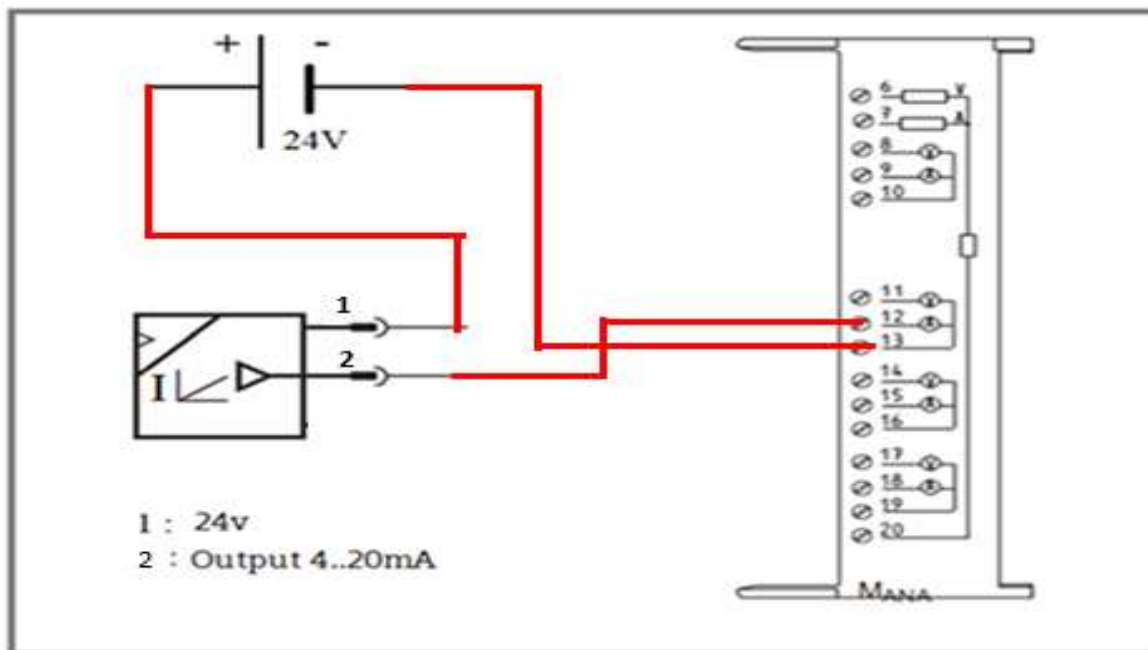
(4points)

Elément	Identification
	Convertisseur de débit
	Vanne régulatrice de débit
	Convertisseur courant pression
	Liaison pneumatique

2) Déterminer le courant à la sortie du transmetteur (4-20mA) lorsque le niveau d'eau est de 12m. (2 points)

$$y = y_{min} + \frac{\Delta y}{\Delta x} (x - x_{min}) \text{ Donc } y = 16,80 \text{ mA}$$

3) Compléter le schéma de câblage du capteur de niveau avec l'API. (Le branchement peut se faire dans n'importe entrée analogique) (2points)

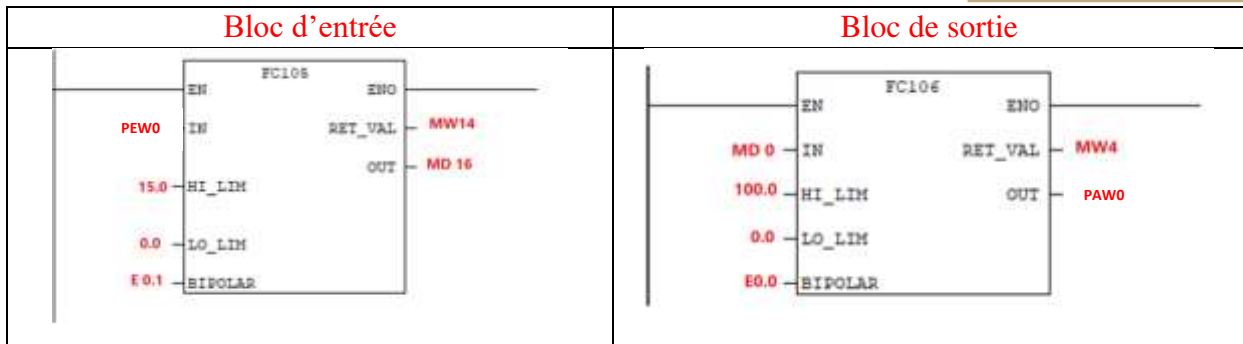


4) On désire contrôler la vitesse du moteur selon les mesures de niveau suivantes :

- Si le niveau est inférieur à 4 mètres le moteur doit démarrer à 100%.
- Si le niveau est compris entre 4 mètres et 6 mètres le moteur doit démarrer à 50%.
- Si le niveau est compris entre 6 mètres et 12 mètres le moteur doit démarrer à 20%.
- Si le niveau est supérieur à 12 mètres le moteur doit s'arrêter.

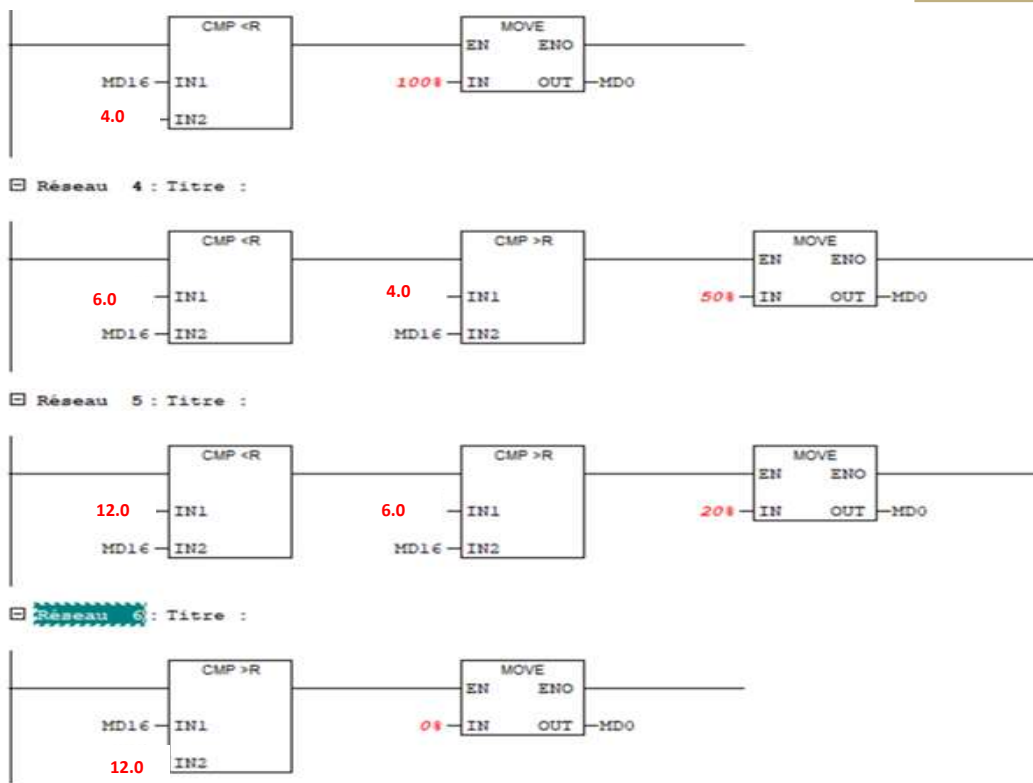
- a) Etablir les blocs de la mise à l'échelle de l'entrée analogique et de la sortie analogique. (6points)

Selon l'automate étudié



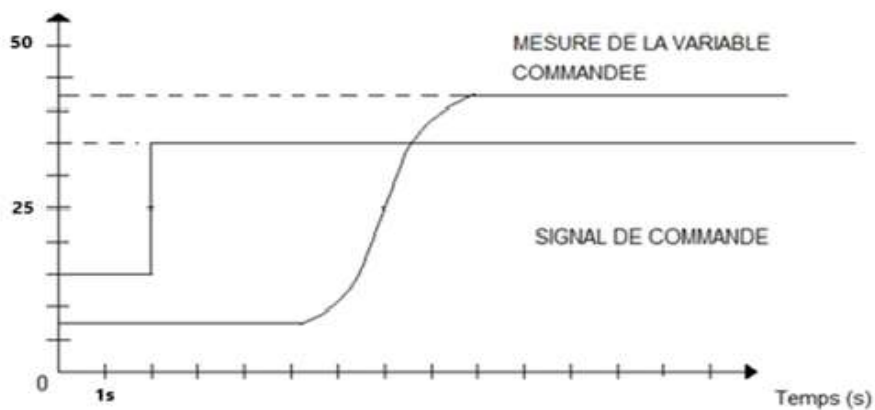
- b) Etablir le programme API gérant ce cahier de charge. (8points)

Selon l'automate étudié



5) Maintenant on désire réaliser une régulation continue PID par l'API.

Suite à la mise au point par le test à l'échelon, nous avons obtenu le résultat suivant :



- a) Calculer le gain de procédé **GP** (2points)

$$G_p = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{42,5-7,5}{35-15} = \frac{35}{20} = 1,75\%$$
- b) Calculer le temps délai **td**. (2points)

$$td = 5,5s - 2s = 3,5s$$
- c) Calculer La constante du temps τ . (2points)

$$\tau = 7,5s - 5,5s = 1,5s$$
- d) En se basant sur le tableau ci-dessous déterminer les paramètres du régulateur PI à installer. (2points)

$$K_p = 0,9 \cdot \frac{\tau}{td} \cdot \frac{1}{G_p}$$

$$K_p = 0,22$$

$$T_i = 3,33 \times td = 11,65s$$

$$K_p = 1,2 \cdot (1,5 / 3,5) \cdot (1 / 1,75) = 0,29$$

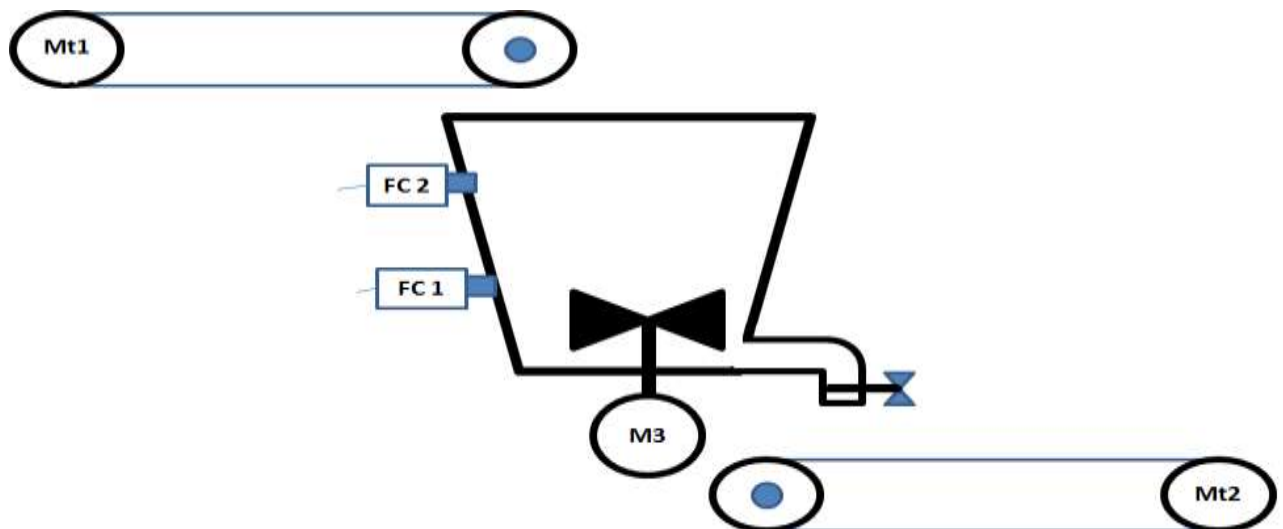
$$T_i = 2,0 \times td = 23,31s = 7s$$

$$T_d = 0,5 \cdot td = 1,75$$

SUJET 7:/20points

Un poste de dosage est équipé de :

- Deux tapis roulantes **T1** et **T2** entraînées par deux moteurs respectivement **Mt1** et **Mt2** (à démarrage direct).
- Une trémie de dosage avec 2 capteurs **FC1** et **FC2**.
- Un malaxeur entraîné par le moteur **M3**.



Description de fonctionnement :

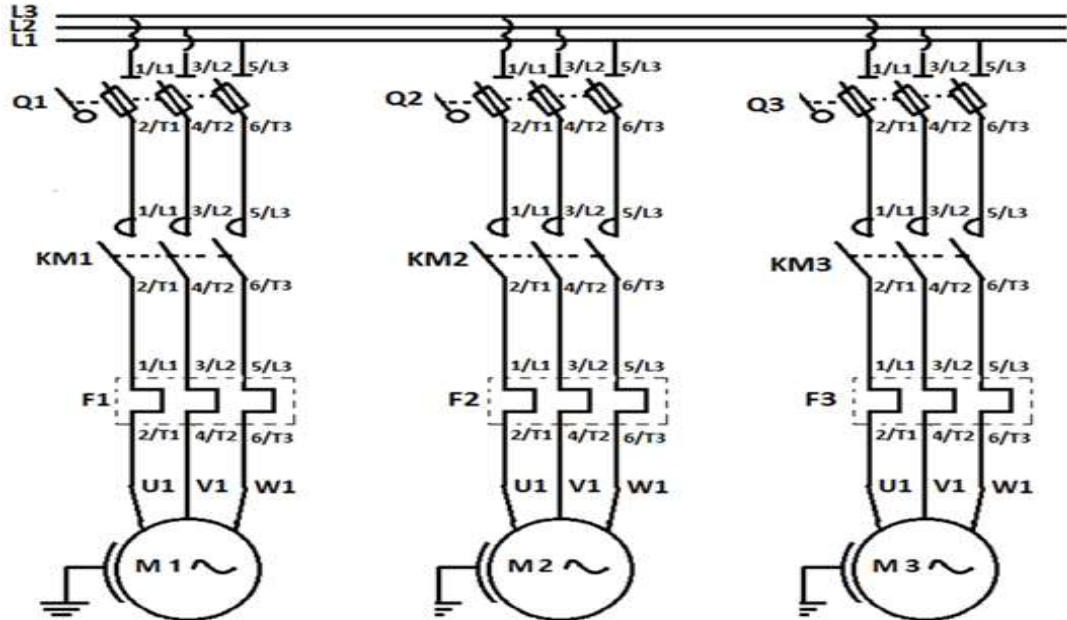
- **Étape 1** : on appuie sur le bouton poussoir **m**, le moteur **Mt1** démarre
- **Étape 2** : le capteur **FC1** est actionné alors le moteur **M3** démarre
- **Étape 3** : le capteur **FC2** est actionné alors les deux moteurs **Mt1**, **M3** s'arrêtent et **Mt2** démarre
- **Étape 4** : le moteur **Mt2** s'arrête au bout de **10s**
- L'appui sur le bouton d'arrêt d'urgence « **Au** » provoque l'arrêt total de toute l'installation
- La protection des moteurs contre les surcharges est assurée par trois relais thermiques

Signalisation :

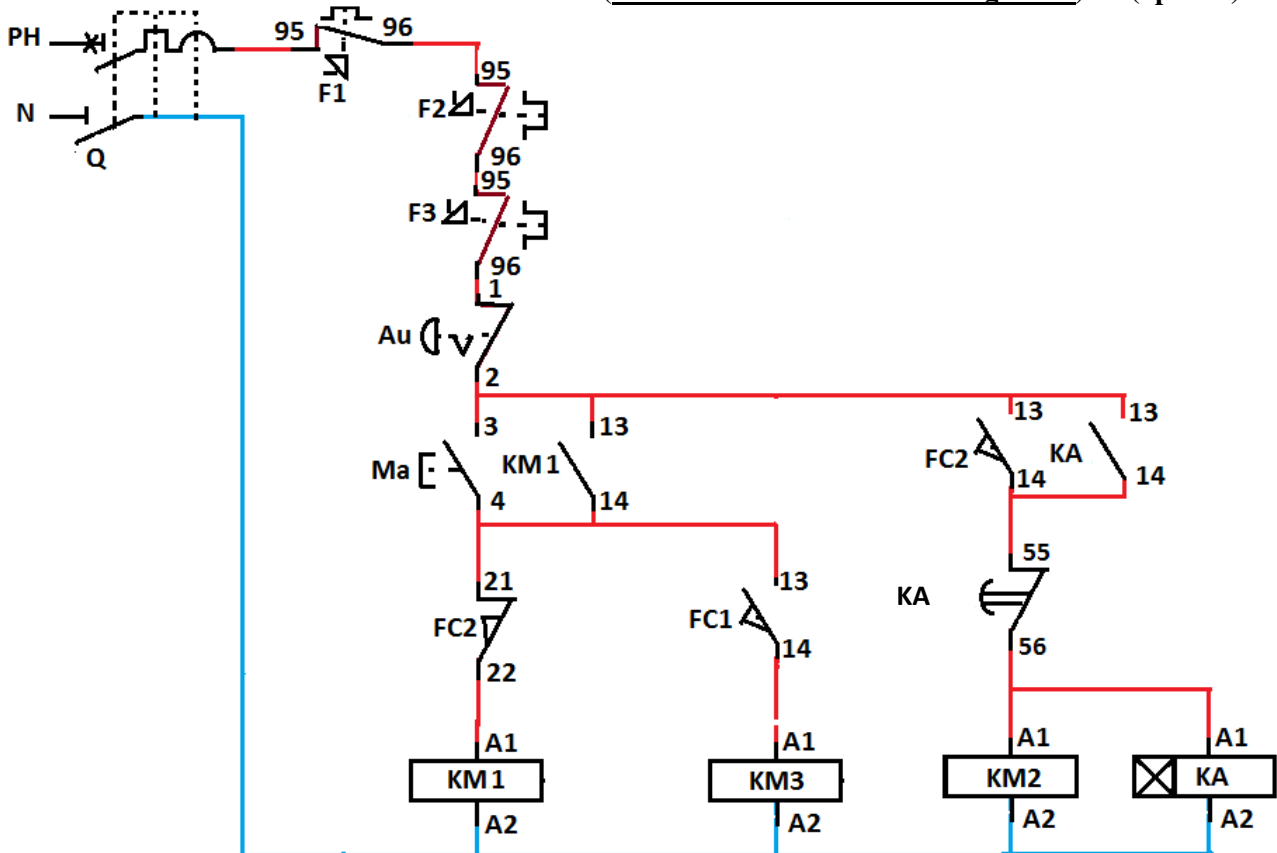
3 lampes de signalisation signalent le fonctionnement du système :

- H1 : marche de **Mt1**
- H2 : marche de **M3**
- **H3** : l'arrêt de toute l'installation

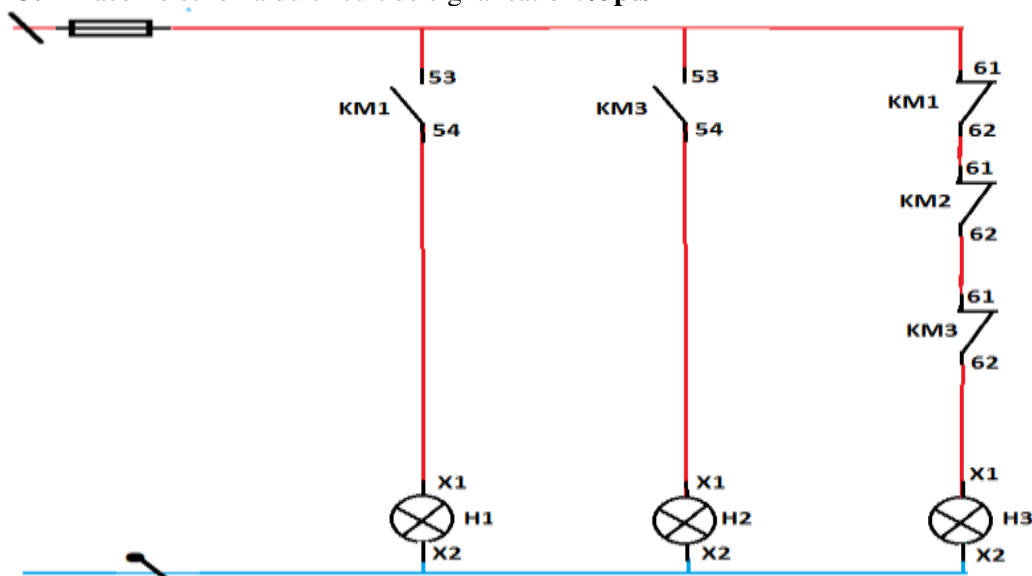
1. Compléter le schéma du circuit de puissance. / (6points)



2. Tracer le schéma du circuit de commande (D'autres solutions sont envisageables). / (8points)



3. Tracer le schéma du circuit de signalisation. /3pts



4. Donner la liste des matériels pour réaliser l'installation : (3points)

Désignation	Quantité
Moteur électrique asynchrone triphasé	3
Sectionneur porte fusible	3
Fusible aM	3
Fusible gG	1
Disjoncteur unipolaire + N	1
Contacteur de puissance	3
Relais de surcharge thermique	3
Bloc additif de contacts instantanés	3
Capteur de fin de course	2
Bloc additif de contacts instantanés	3
Bouton d'arrêt	1
Contacteur auxiliaire	1
Bouton poussoir a fermeture	1
Bouton arrêt d'urgence	1
Lampe de signalisation	3