

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	01	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.

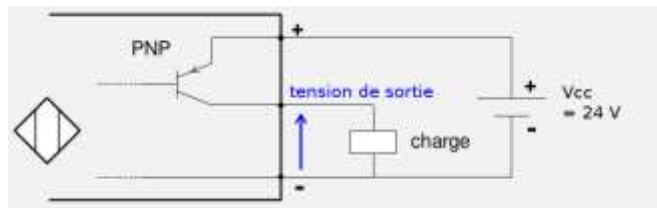
Détail du Barème :

N° Des Dossiers	Travaux à réaliser	Barème
Partie Théorique		
SUJET 1	QCM	10 points
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)

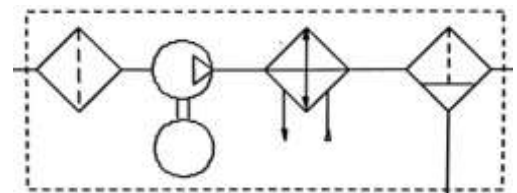
1. La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de de :
A. Procédés de fabrication automatisée
2. Pourquoi utilise-t-on un PT100 avec 3 ou 4 fils ?
A. Pour compenser les effets des fils de connexion
3. Quelle est la principale différence entre SCADA et un automate programmable (API) ?
A. Un SCADA est un système de supervision qui collecte et affiche les données, alors qu'un API exécute les commandes de contrôle
4. Quelle est la principale différence entre un API compact et un API modulaire ?
A. L'API compact est tout-en-un, tandis que l'API modulaire est extensible avec des modules supplémentaires
5. Dans un détecteur 3 fils normalement ouvert (NO) de technologie PNP, que vaut la tension de sortie en présence de cible ?
B. $V_{cc} = 24\text{ V}$



6. Lequel de ces détecteurs photoélectriques nécessite un réflecteur (ou catadioptré) ?
C. Le photo-détecteur de type reflex
7. La résistance d'une thermistance type CTP augmente quand :
A. la température augmente

8. Que représente la figure ci-contre ?

C. Compresseur intégré



9. Quel est le rôle d'un filtre dans un circuit pneumatique

B. Éliminer l'humidité et les particules de l'air comprimé

10. 10. Quel est le type de détecteur doit-on utiliser pour détecter des objets en plastique :

A. Capteur capacitif

SUJET 2:/10points

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



L'alimentation du moteur est assurée par un réseau triphasé **230/400V – 50 Hz**,

1. Compléter le tableau suivant : **(1,5points)**

Indice de protection	Puissance utile	Classe d'isolement	F.P	Tension supportée par chaque enroulement	Vitesse rotation
55	9 kW	F	0.81	400V	1440 tr/min

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

La tension supportée par chaque enroulement **400V** est égale à la tension composée **400V** du réseau donc le moteur sera couplé en **triangle**.

3. Déduire le nombre de pôles. **(1point)**

On a $N_r=1440$ tr/min donc N_s est la vitesse la plus proche donc $N_s=1500$ tr/min

$\text{nombre de paires de pôles} = \frac{60 \cdot f}{N_s} = 2$ Donc le nombre total de pôles du moteur est : $2 \times 2 = 4$ pôles

4. Calculer la puissance absorbée **Pa**. **(1point)**

On a $P_a = \sqrt{3} \times 400 \times 19 \times 0.81 = 10662.50$ W

5. Calculer La somme des pertes Σp . **(1point)**

On a $P_a = 10662.50$ KW et $P_u = 9000$ W

Donc $\Sigma p = P_a - P_u$ APN $\Sigma p = 10662.50 - 9000 = 1662.5$ W.

6. Calculer le moment de couple utile **Tu**. **(1point)**

On a $T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{P_u}{2\pi N_r} \times 60$ donc $T_u = \frac{9000}{2 \times \pi \times 1440} \times 60 = 59.68$ Nm

7. Sachant que la résistance mesurée entre deux bornes du stator est égale à 1Ω ; Calculer les pertes joule dans le stator **Pjs**. **(1point)**

$P_{js} = \frac{3}{2} \times R \times I^2$ Donc $P_{js} = \frac{3}{2} \times 1 \times 19^2 = 541.5$ W

Sachant que les autres pertes fer dans le stator **Pfs =350W**, Calculer :

a. La puissance transmise au rotor **Ptr**, en déduire les pertes Joule rotoriques **Pjr**. **(1,5point)**

• On a $P_{tr} = P_a - (p_{js} + p_{fs})$ APN $P_{tr} = 10662.5 - (541.5 + 350)$ Donc $P_{tr} = 9771$ W

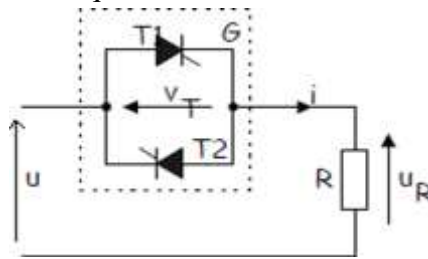
• On a $P_{jr} = g \times P_{tr}$ APN $P_{jr} = \frac{1500-1440}{1500} \times 9771 = 390.84$ W

b. Le moment de couple électromagnétique **Tem**. **(1point)**

On a $T_{em} = \frac{P_{tr}}{2\pi N_s} \times 60$ APN $T_{em} = \frac{9771}{2 \times \pi \times 1500} \times 60$ Donc $T_{em} = 62.20$ Nm

SUJET 3 : /10points

Soit le schéma de convertisseur statique ci-dessous :

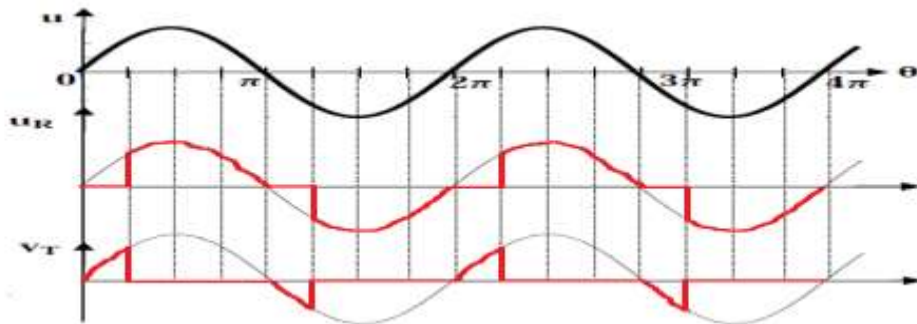


On donne : $u_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$, 50Hz et $R = 100\Omega$.

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

Un gradateur monophasé

2. Pour un angle de retard à la conduction $\alpha = 45^\circ$, 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)

$$U_R = U \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} - \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

$$U_R = 230 \sqrt{1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{2\pi}} = 176,78 \text{ V}$$

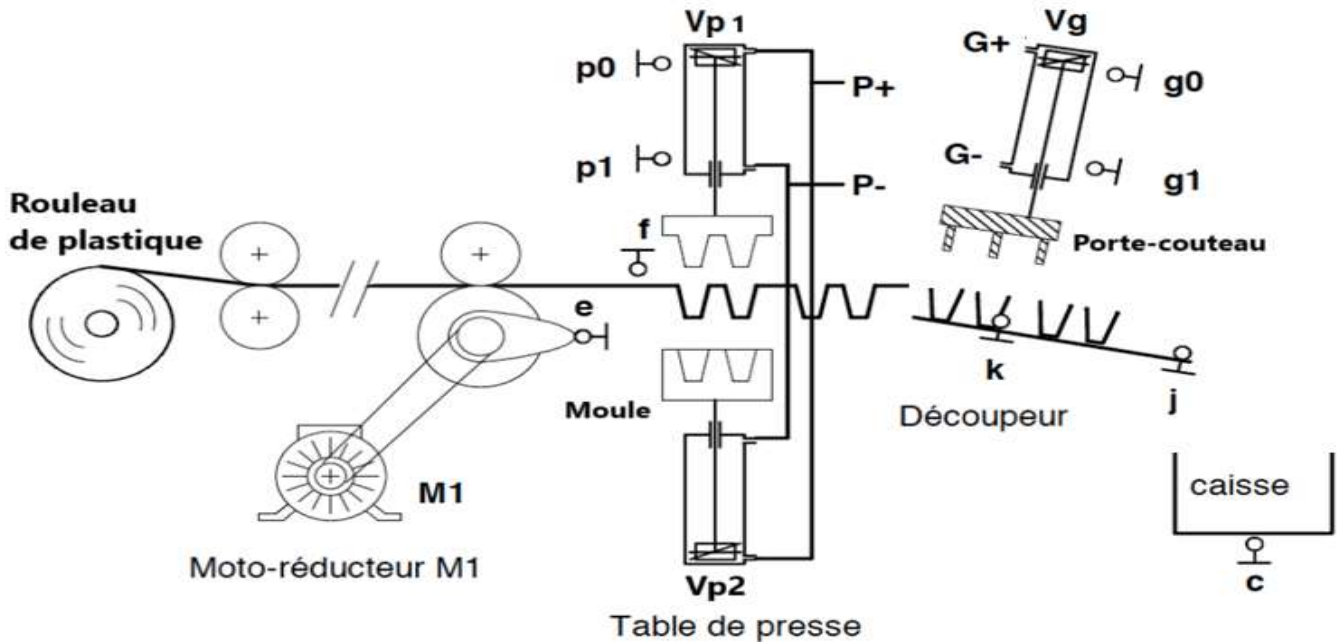
4. Calculer la puissance P dissipée dans R. (2 Points)

$$P = R \cdot I^2 = \frac{(U_R)^2}{R} = \frac{176,78^2}{100} = 312,51 \text{ W}$$

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+** et ouverture **P-**) ;
- Un découpeur qui coupe les gobelets en deux avec un porte-couteau qui se déplace verticalement (descente **G+** et montée **G-**) à l'aide d'un vérin **Vg** ;
- Après 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 dcyl 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 **15** 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 bistable ;
- Le vérin **Vg** est commandé par un distributeur bistable.

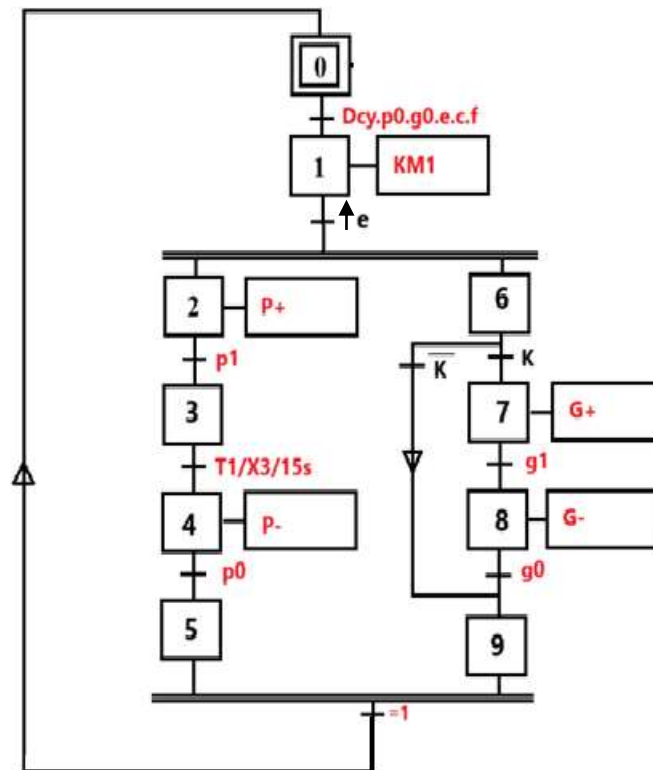
Travail à faire :

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

Filière		Variante	1	Page 5 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2025	

Entrées	Dcy	p0	p1	g0	g1	e	c	f	k
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+	P-	G+	G-	KM1				
Adresses	A0.0	A0.1	A0.2	A0.3	A0.4				

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)

Etape	Condition d'activation de l'étape	Condition de désactivation de l'étape
X1	$X0.Dcy.p0.g0.e.c.f$	$X2 . X6$
X9	$X8.g0+ X6. \overline{k}$	$X0$

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

Sorties	Equations
KM1	$X1$
P+	$X2$

SUJET 5 : /10points

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

On donne :

- Le diamètre du piston **Dp = 40 mm**.
- Le diamètre de la tige **d = 25 mm**.
- Vitesse de descente de la tige du vérin **V = 5 mm/s**.
- L'effort maximale fourni par le vérin à la sortie de la tige **F = 4000 daN**.

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

Expression :0,75pt $Sp = \frac{\pi D^2}{4}$

A.N :0,25pt **Sp = 12,56 cm²**

Expression :0,75pt $Sa = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$

A.N :0,25pt **Sa =7,65 cm²**

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

Expression :0,75pt $pmax = \frac{F}{Sp}$

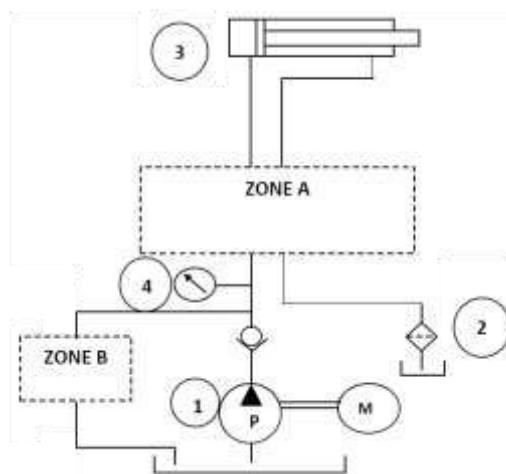
A.N :0,25pt **pmax= 318,47 bar**

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

Expression :0,75pt $Q = 6 \cdot V(m/s) \cdot Sp(cm^2)$

A.N :0,25pt **Q = 0,38 l/min**

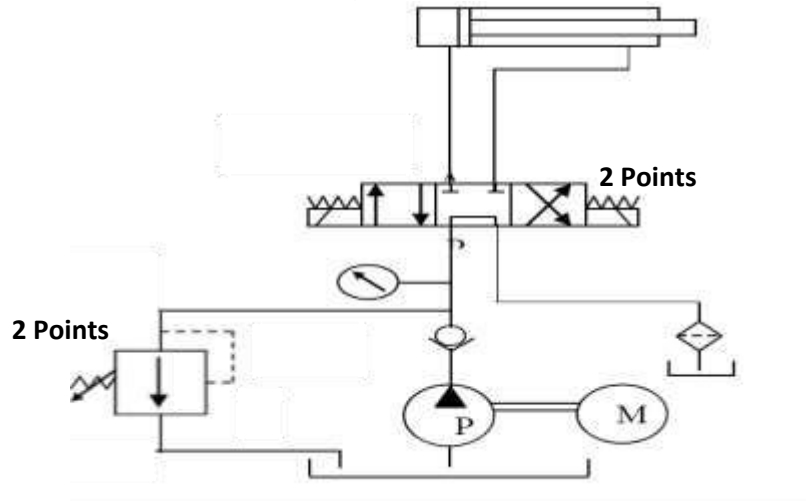
- Le schéma ci-dessous (non complet) représente le circuit hydraulique de puissance.



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

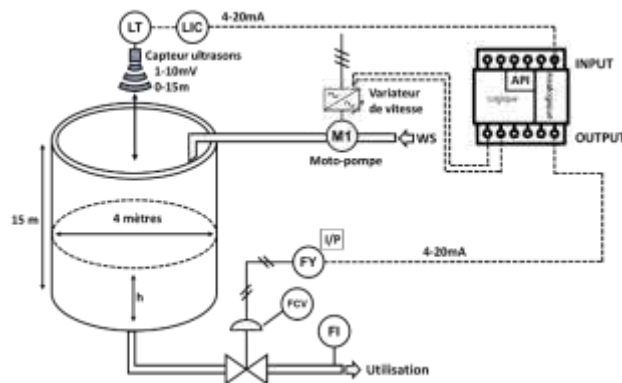
Repère	Nom de l'élément	Fonction
1	Pompe hydraulique	Transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique
2	Filtre	Filtrer l'huile
3	Vérin hydraulique double effet	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique
4	Manomètre	Indiquer la pression d'utilisation

5. Dessiner sur le schéma hydraulique :
- Zone A : un distributeur 4/3 bistable à commande électrique centre Tandem.
 - Zone B : un limiteur de pression réglable assurant la sécurité du circuit hydraulique.



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 3 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 du tableau suivants :

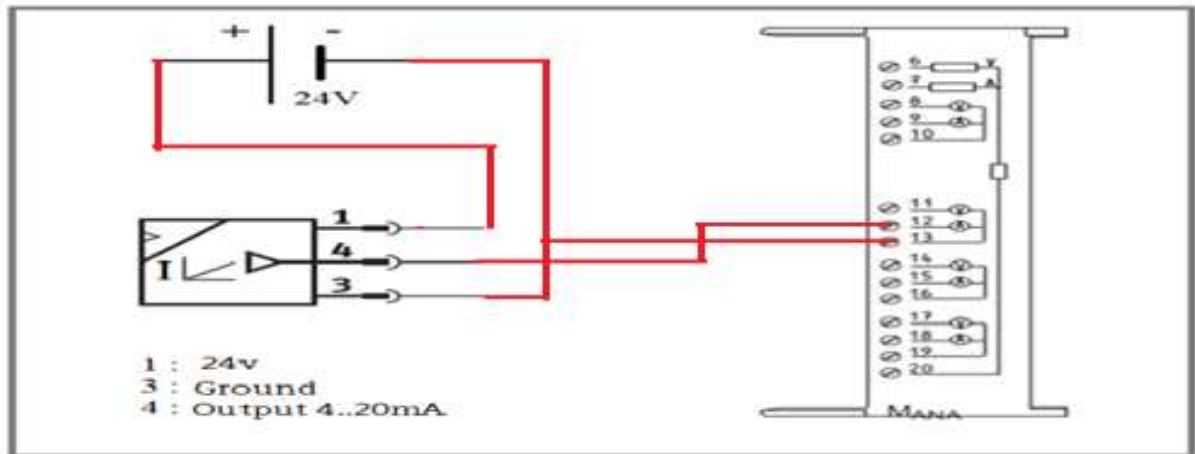
(4 points)

Élément	Identification
LT	Transmetteur de niveau
FCV	Vanne régulatrice de débit
FI	Indicateur de débit
-----	Liaison électrique

2) Déterminer le courant à la sortie du transmetteur (4-20mA) lorsque le niveau d'eau est de 10m.

$y = y_{min} + \frac{\Delta y}{\Delta x}(x - x_{min})$ Donc $y=14,66 \text{ mA}$ (2points)

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

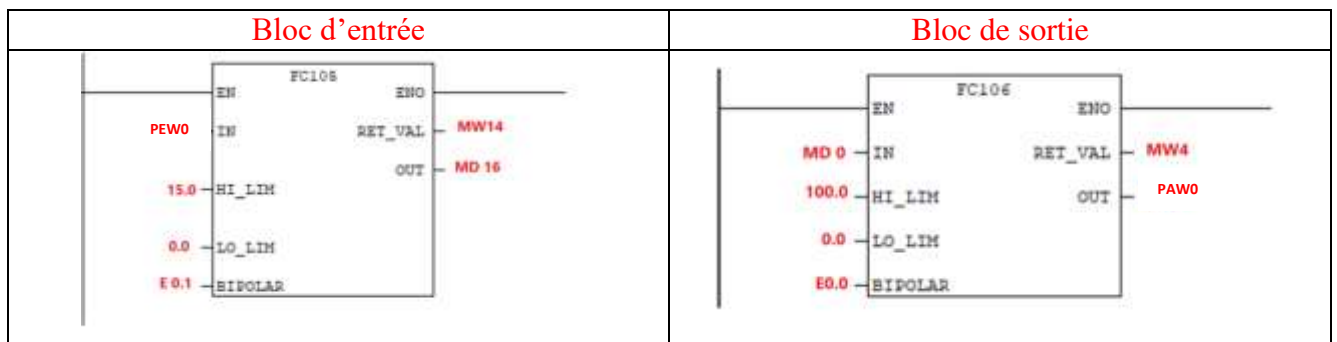


4) On désire contrôler la vitesse du moteur selon les mesures de niveau suivantes :

- Si le niveau est inférieur à 3 mètres le moteur doit démarrer à 100%.
- Si le niveau est compris entre 3 mètres et 5 mètres le moteur doit démarrer à 50%.
- Si le niveau est compris entre 5 mètres et 10 mètres le moteur doit démarrer à 20%.
- Si le niveau est supérieur à 10 mètres le moteur doit s'arrêter.

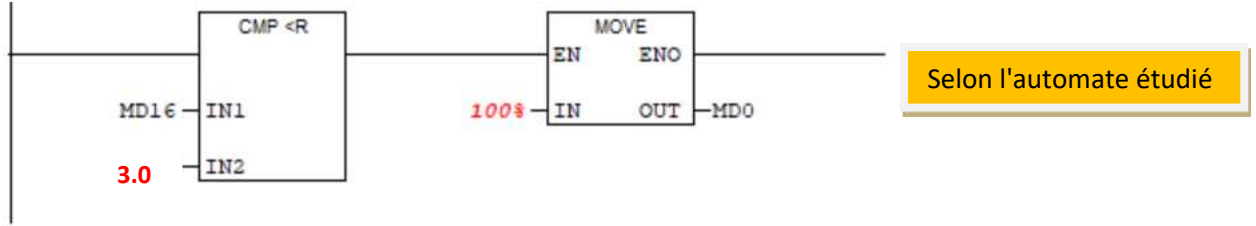
a) Etablir les blocs de la mise à l'échelle de l'entrée analogique et de la sortie analogique. (4points)

Selon l'automate étudié



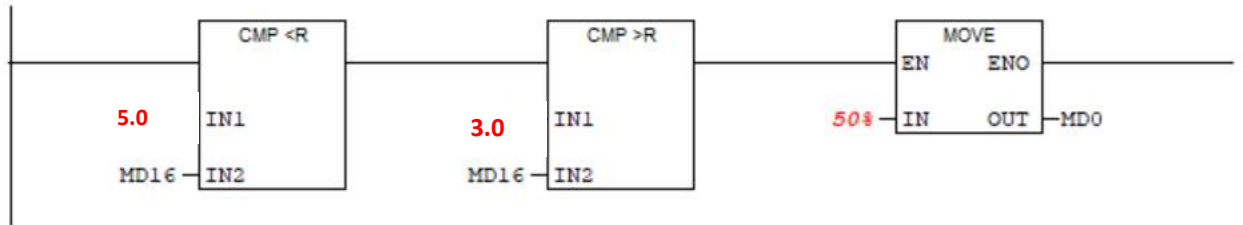
b) Etablir le programme API gérant ce cahier de charge. (8points)

(8points)

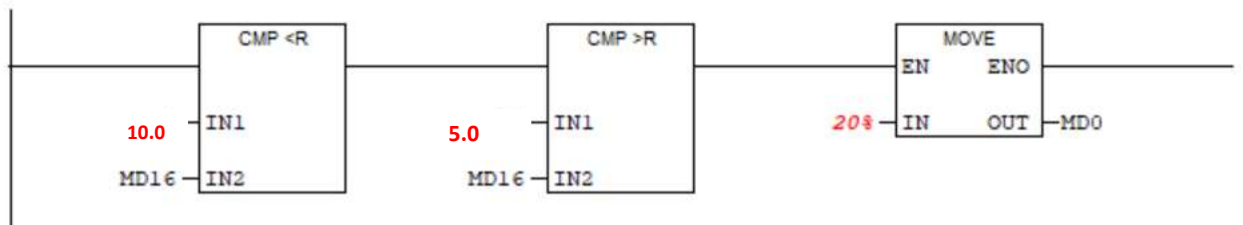


Selon l'automate étudié

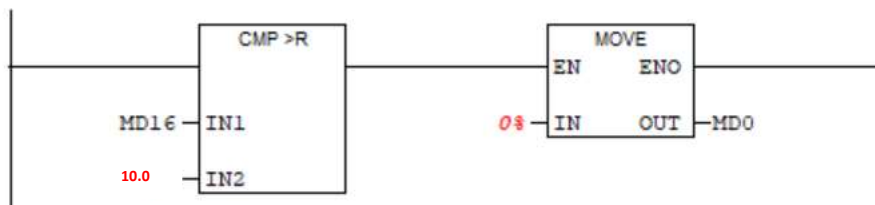
Réseau 4 : Titre :



Réseau 5 : Titre :

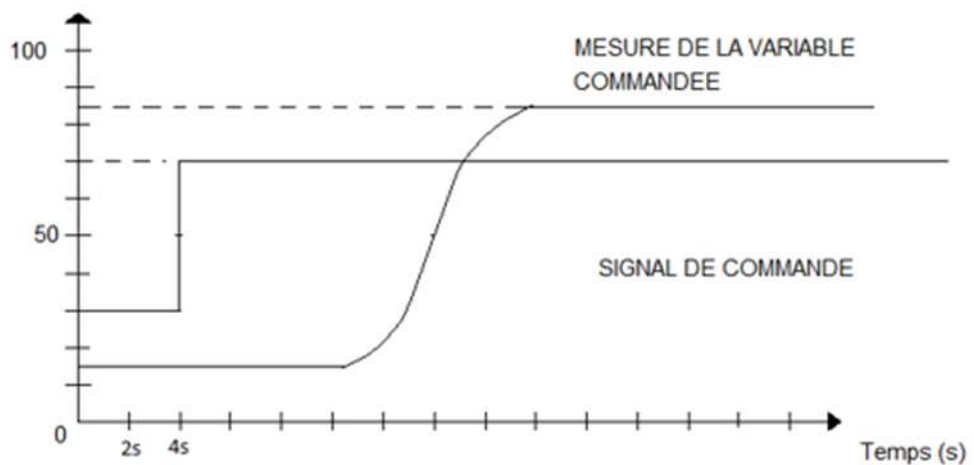


Réseau 6 : Titre :



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 :



L'échelon, nous avons obtenu le résultat suivant :

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

$$Gp = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{85-15}{70-30} = \frac{70}{40} = 1,75\%$$
- b) Calculer le temps délai **td**. (2points)

$$td = 11s - 4s = 7s \text{ (4 s le début de signal de commande)}$$
- c) Calculer La constante du temps τ . (2points)

$$\tau = 3s \text{ (Approximative)}$$
- d) En se basant sur le tableau ci-dessous déterminer les paramètres du régulateur PI à installer. (3points)

$$K_p = 0,9 \frac{\tau * 1}{I_a * G_o}$$

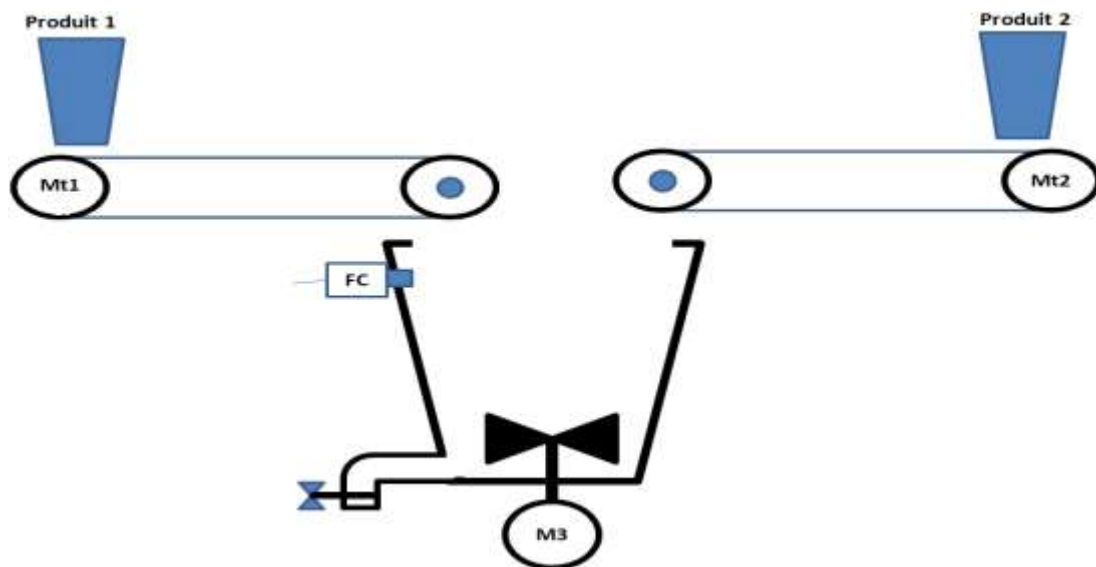
$$K_p = 0,22$$

$$T_i = 3,33 \times td = 23,31s$$

SUJET 7:/20points

Un poste de dosage est équipé de :

- Deux tapis roulantes **T1** et **T2** entraînées par deux moteurs respectivement **M1** et **M2** ;
- Une trémie de dosage avec un capteur **FC** ;
- Un malaxeur entraîné par le moteur **M3** ;
- Mt1, Mt2 et M3 sont des moteurs asynchrones en démarrage direct



Description de fonctionnement :

- **Étape 1** : On appuie sur le bouton poussoir à fermeture **Ma**, le moteur **M3** démarre.
- **Étape 2** : Après 7 s du démarrage de moteur **M3**, les deux moteurs **M1** et **M2** démarrent.
- **Étape 3** : le capteur **FC** est actionné alors les deux moteurs **M1** et **M2** s'arrêtent.
- **Étape 4** : le moteur **M3** s'arrête 6 s Après.
- 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 3 relais thermiques

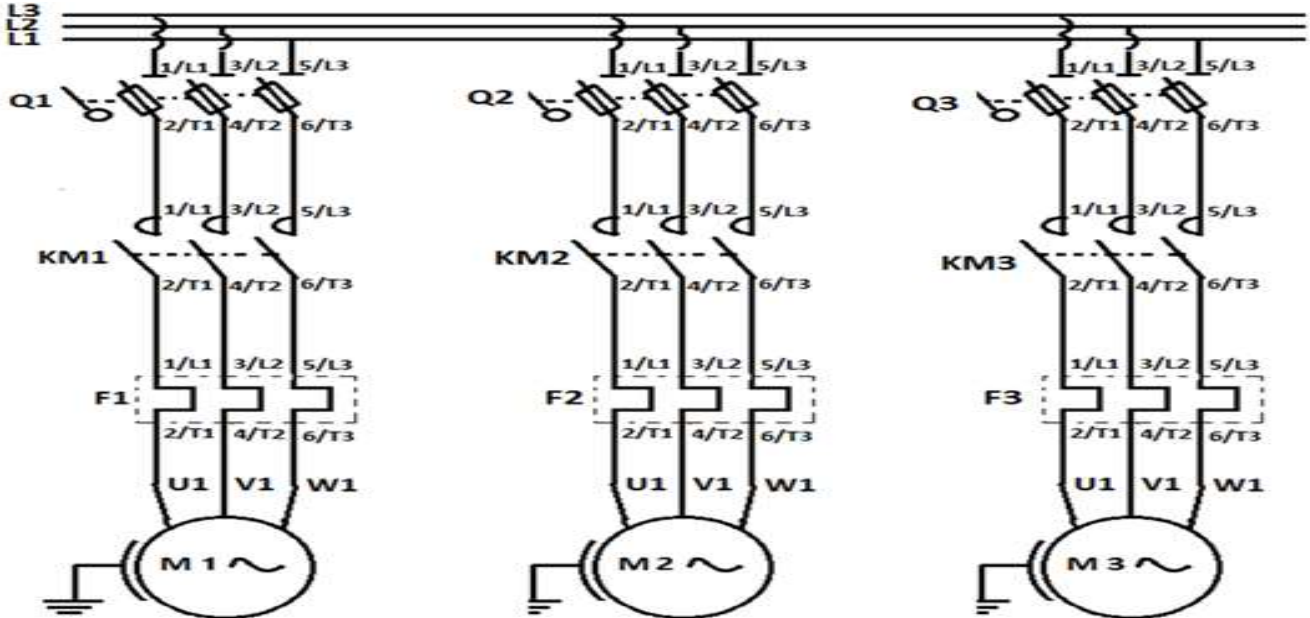
Signalisation :

3 lampes de signalisation signalent le fonctionnement du système :

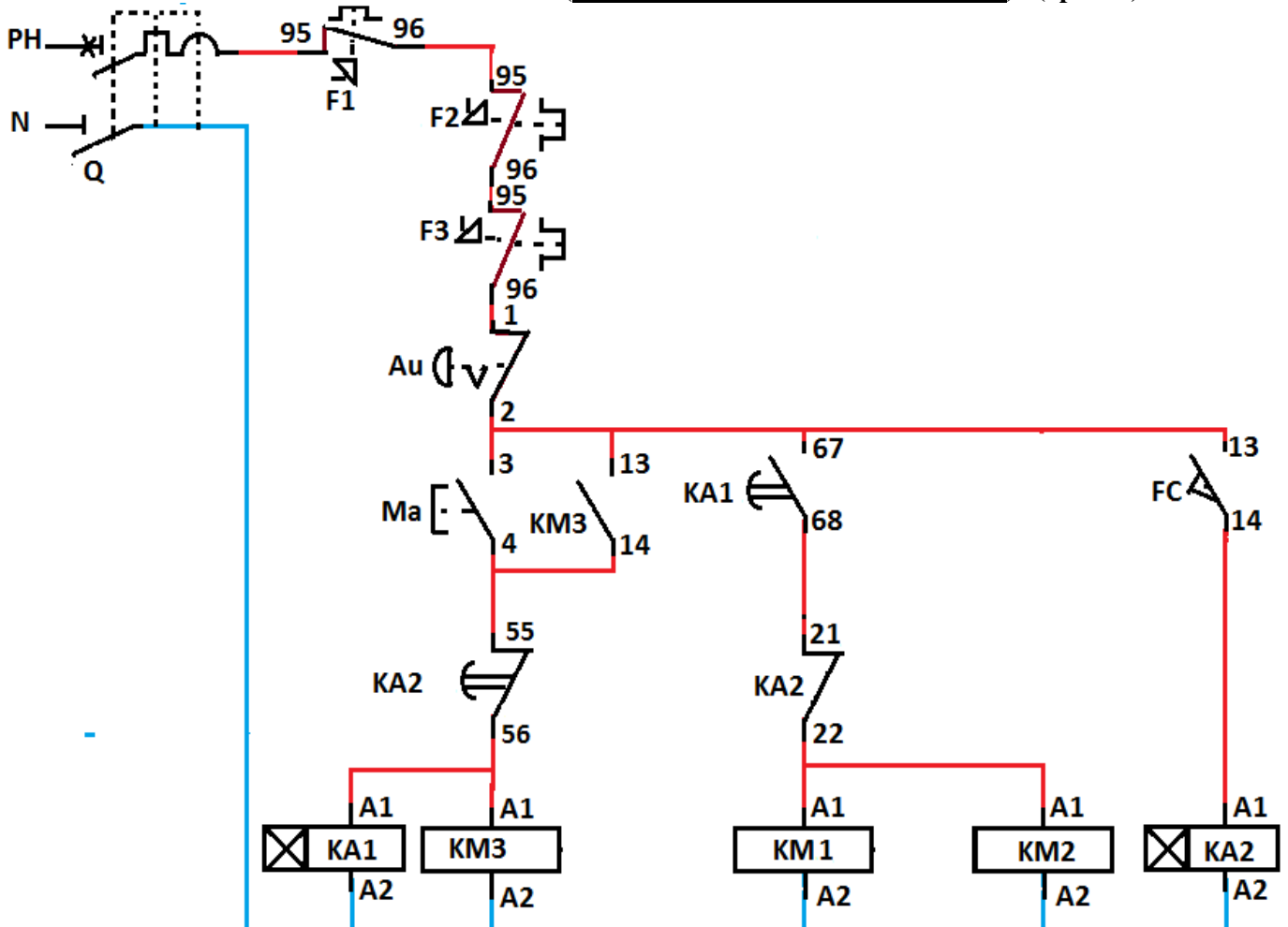
- H1 : marche de M3
- H2 : Marche de M1 ou M2
- H3 : l'arrêt de M1 et M2

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

(6points)

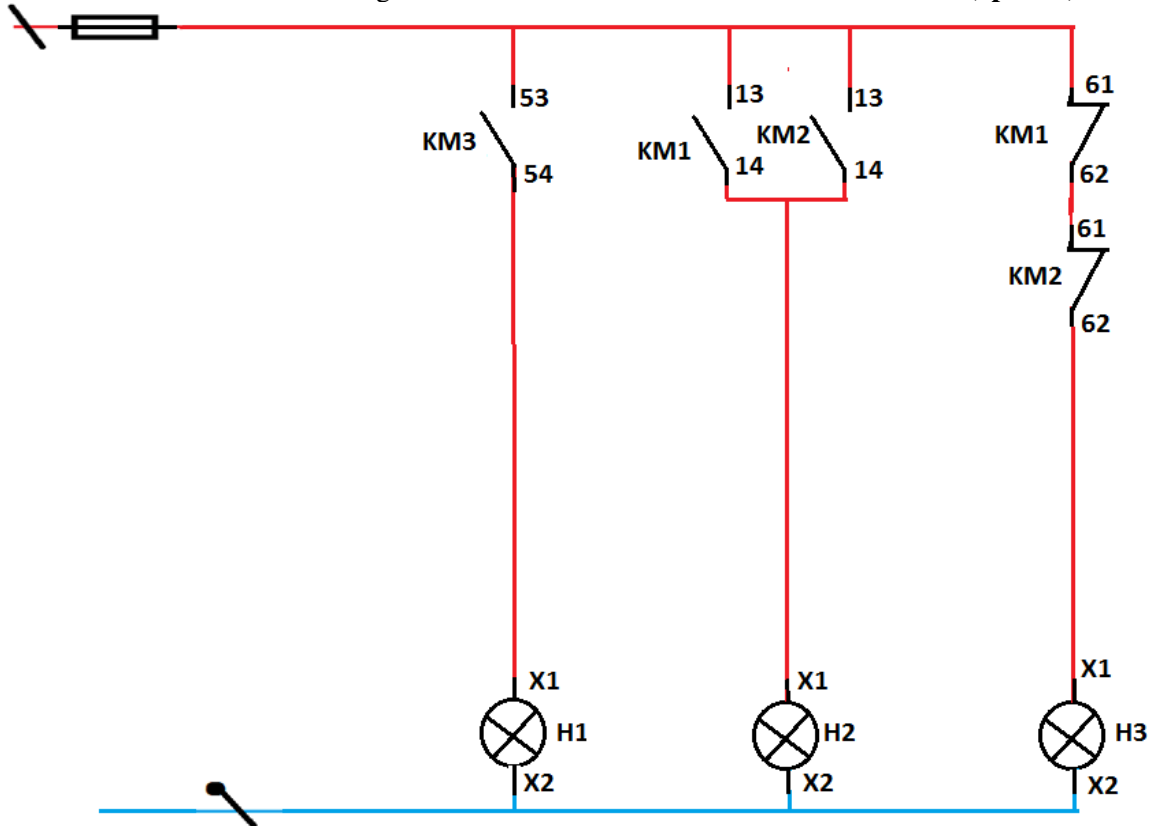


2. Tracer le schéma du circuit de commande (D'autres solutions sont envisageables). (8points)



3. Tracer le schéma du circuit de signalisation.

(3points)



4. Donner la liste des matériels pour réaliser l'installation :

(3points)

Désignation	Quantité
Moteur électrique asynchrone triphasé	3
Sectionneur porte fusible	3
Fusible aM	9
Fusible gG	1
Disjoncteur unipolaire + N	1
Contacteur de puissance	3
Relais de surcharge thermique	3
Bloc additif de contacts instantanés	3
Bloc additif temporisé au travail	2
Contacteur auxiliaire	2
Capteur de fin de course	1
Bouton poussoir a fermeture	1
Bouton arrêt d'urgence	1
Lampe de signalisation	3