



مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

Direction de la Recherche et de l'Ingénierie de la Formation
Division Conception des Examens



Examen National de Fin de Formation

Session de Juin 2025

Examen de Fin de Formation (Epreuve de Synthèse)

Elément de correction

Secteur :	Génie électrique	Niveau :	Technicien Spécialisé
Filière :	Électromécanique des systèmes automatisés		

Variante	1	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	/5points
SUJET 2	Bilan de puissance d'un moteur asynchrone triphasé	/13,5points
SUJET 3	Etude d'un variateur de vitesses	/13points
SUJET 4	Transmission mécanique	/8,5points
		/40points
Partie Pratique		
SUJET 5	Installation et réparation de moteurs à CA	/20points
SUJET 6	Circuit hydraulique	/17points
SUJET 7	Système automatisé contrôlé par API	/23points
		/60points
Total Général		/100points

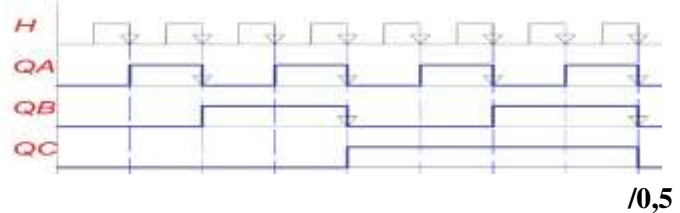
Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 1 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

Partie théorique : /40PTS

SUJET 1 (QCM) : Cocher la bonne réponse.

1. Quel est le résultat de l'équation $Y = A + B + \bar{C}$ en binaire, Si $A = 0$; $B = 0$ et $C = 0$? /0,5
- $Y = 0$
 $Y = 1$
 $Y = 2$
 $Y = 3$

2. Le chronogramme ci-contre représente : /0,5
- Compteur asynchrone modulo 7
 Compteur asynchrone modulo 8
 Décompteur asynchrone modulo 7
 Décompteur asynchrone modulo 8



3. Quelle est la nature de la courroie utilisée dans ce système de transmission ? /0,5
- Courroie trapézoïdale
 Courroie crantée
 Courroie plate
 Courroie ronde

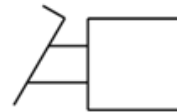


4. Pendant le démarrage d'un moteur à courant continu : /0,5
- On limite le courant dans l'induit**
 On limite la résistance dans l'induit
 On limite le courant dans l'inducteur
 On limite la tension de l'inducteur

5. Pour faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu : /0,5
- En variant la tension de l'induit**
 En variant la résistance de l'induit
 En variant la fréquence

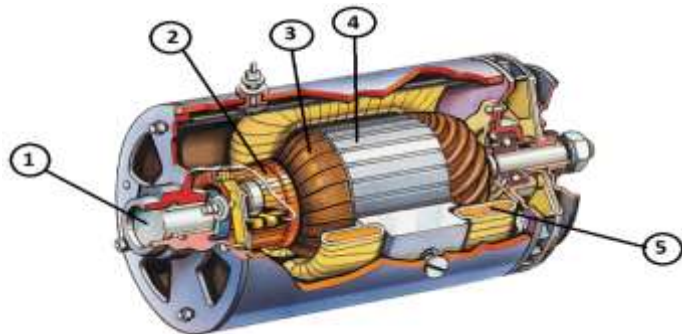
6. Si le courant d'excitation d'un moteur à courant continu est accidentellement coupé alors que l'induit reste alimenté : /0,5
- Le moteur ralentit lentement
 Le moteur ralentit rapidement
 Le moteur se bloque
 Le moteur s'emballle

7. Quel est le type de commande représenté par le symbole suivant ? /0,5
- Commande par bobine à un enroulement
 Commande manuelle par levier
 Commande par pédale
 Commande mécanique à galet



8. La figure ci-dessous représente une machine à courant continu : Quels sont les repères des éléments suivants : /1,5

Collecteur	2
Pôle inducteur	5
Induit	3



SUJET 2 : Un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil possède les caractéristiques techniques suivantes :

230 V/400V	11 A /6,5 A	1440 tr/min	cos φ = 0,8
------------	-------------	-------------	-------------

➤ Le moteur est alimenté par une tension triphasé $U = 400 \text{ V}$ entre phases ; $f = 50 \text{ Hz}$

❖ **Remarque : Les résultats des calculs seront arrondis à 2 chiffres après la virgule.**

1. Préciser le couplage du moteur en justifiant votre réponse. /1,5

Couplage étoile 1 pt justification : pour qu' un enroulement soit soumis à 230 V. 0,5 pt

2. Calculer le nombre de pôles. /1

Expression : 0,75 pt $p = \frac{60.f}{ns}$ **A.N: 0,25 pt** $p = 2$ **donc 4 pôles**

3. Calculer g le glissement nominal (en %). /2

Expression : 1,5 pt $g = (ns - nr) / ns$ **A.N: 0,5 pt** $g = 4 \%$

- À vide, le moteur tourne à une vitesse proche de la vitesse de synchronisme. Il absorbe un courant $I_0 = 1,7 \text{ A}$ et consomme une puissance $P_{a0} = 130 \text{ W}$. Les pertes mécaniques sont $P_{méc} = 65 \text{ W}$.
- La mesure à chaud de la résistance d'un enroulement du stator donne $R = 0,45 \Omega$.

4. Calculer les pertes joules à vide au stator P_{jso} . /1

Expression : 0,75 pt $P_{jso} = 3.R.I_0^2$ **A.N: 0,25 pt** $P_{jso} = 3,9 \text{ W}$

5. Calculer les pertes fer au niveau du stator P_{fS} . /2

Expression : 0,75 pt $P_c = P_{a0} - P_{jso}$ **A.N: 0,25 pt** $P_c = 126,1 \text{ W}$

Expression : 0,75 pt $P_{fS} = P_c - P_{méc}$ **A.N: 0,25 pt** $P_{fS} = 61,1 \text{ W}$

- **Au point de fonctionnement nominal du moteur**

6. Déterminer les pertes par effet Joule au stator P_{js} . /1

Expression : 0,75 pt $P_{js} = 3.R.I^2$ **A.N: 0,25 pt** $P_{js} = 57,04 \text{ W}$

7. Calculer la puissance absorbée P_a . /1

Expression : 0,75 pt $P_a = U.I. \sqrt{3}. \cos \varphi$ **A.N: 0,25 pt** $P_a = 3602,66 \text{ W}$

8. Déterminer les pertes par effet Joule au rotor P_{jr} . /2

Expression : 0,75 pt $P_{TR} = P_a - P_{js} - P_{fS}$ **A.N: 0,25 pt** $P_{TR} = 3484,52 \text{ W}$

Expression : 0,75 pt $P_{jr} = g. P_{TR}$ **A.N: 0,25 pt** $P_{jr} = 139,38 \text{ W}$

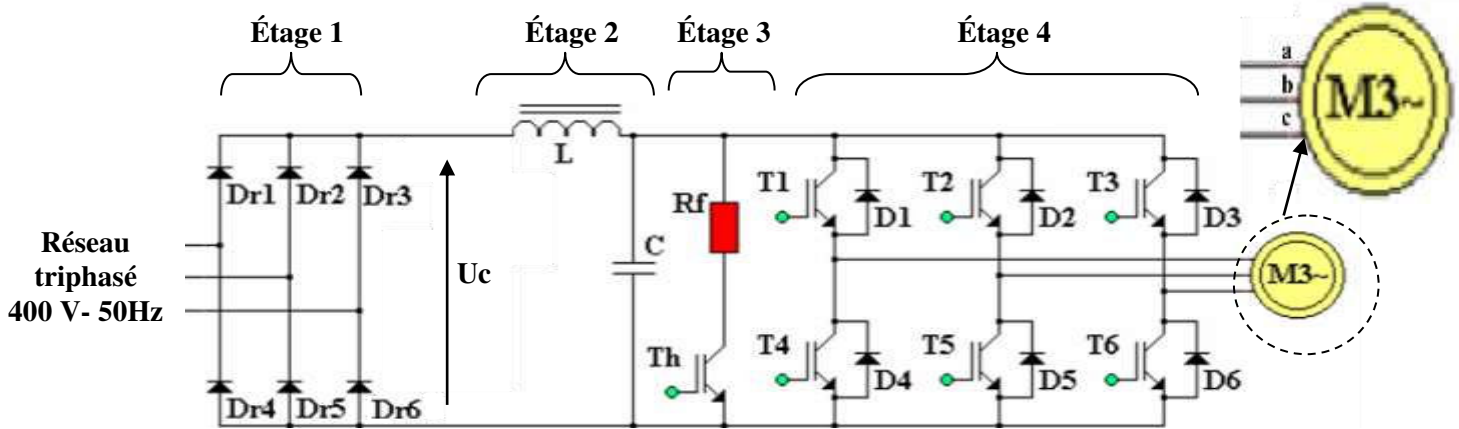
9. Déterminer le moment du couple utile T_{UN} et le rendement η_N du moteur. /2

Expression : 0,75 pt $T_u = \frac{P_u.60}{2.\pi.Nr}$ **A.N: 0,25 pt** $T_U = 21,76 \text{ W}$

Expression : 0,75 pt $\eta_N = P_u / P_a$ **A.N: 0,25 pt** $\eta = 91 \%$

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 3 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

SUJET 3 : Un moteur asynchrone triphasé est commandé par un variateur de vitesse électronique qui impose le rapport $U/f = \text{constante}$, La structure du variateur est schématisée par la figure ci-dessous :



1. Donner le nom et préciser le rôle de chaque étage. /2

Étage 1	Redresseur (Pont de diode triphasé PD3) qui transforme une tension sinusoïdale alternative à une tension redressée.
Étage 2	Circuit L-C : filtrage de la tension redressée et lissage du courant.
Étage 3	Circuit Rf-Th : hacheur de freinage.
Étage 4	Onduleur qui transforme une tension continue à une tension alternative avec fréquence variable.

- Lors d'une phase de freinage, l'énergie cinétique d'une machine est convertie en énergie électrique.

2. Cette énergie de freinage est-elle dissipée ou récupérée par le réseau ? Justifier votre réponse. /2

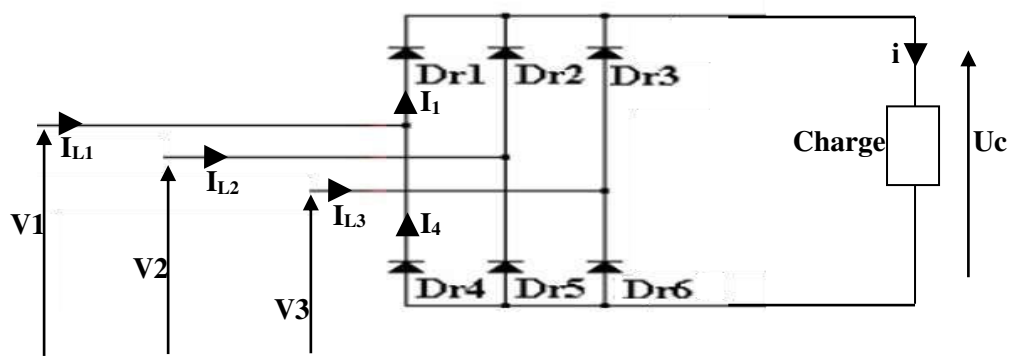
▪ **Oui ; Le circuit Rf-Th consiste un hacheur de freinage par dissipation dans la résistance Rf.**

3. Quelle modification faut-il apporter au circuit si on désire procéder à un freinage par récupération. /1

▪ **Eliminer le circuit de freinage Rf-Th.**

▪ **Changer l'étage 1 (Pont de diode triphasé PD3) par deux ponts montés en parallèle inverse tous thyristors.**

➤ La figure ci-dessous donne le schéma du circuit électronique du montage de l'étage 1.

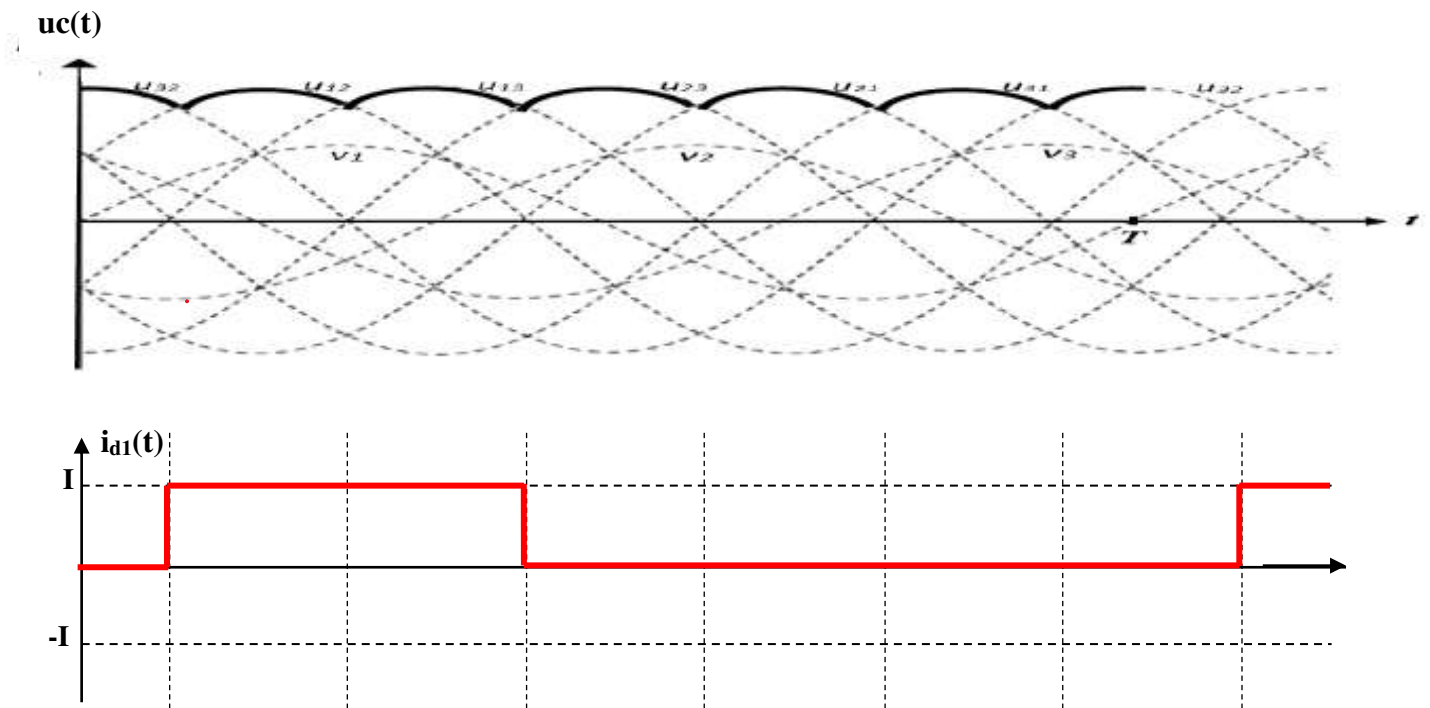


- $V1, V2$ et $V3$ sont les trois tensions simples du réseau de valeur efficace $V_{\text{eff}} = 230V$.
- Les diodes sont toutes supposées parfaites.
- On suppose que le courant i dans la charge est tel que $i = I = \text{Constante}$.

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 4 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

4. Représenter pour une période :
- La tension $u_c(t)$, tension aux bornes de la charge.
 - Le courant $i_{d1}(t)$ dans la diode **D1**.

/2



5. Calculer U_{cmoy} la valeur moyenne de la tension $u_c(t)$.

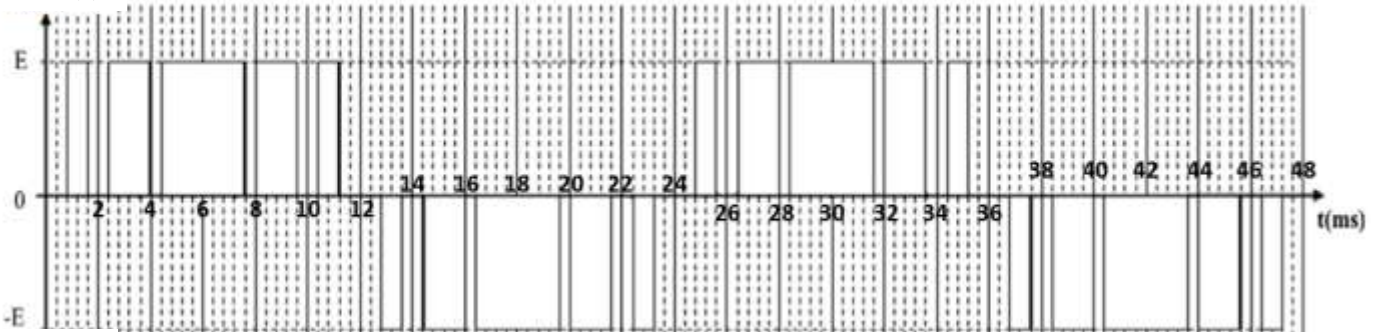
/1

Expression : 0,75 pt $U_{cmoy} = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_{eff} / \pi$ **A.N: 0,25 pt** $U_{cmoy} \approx 538 V$

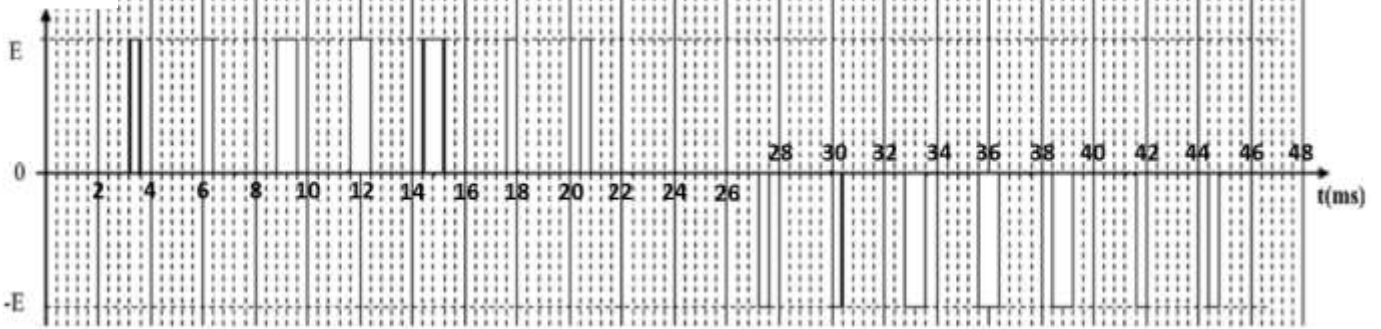
- L'étage 4 fonctionne sur le principe de la modulation de largeur d'impulsion.
- La figure ci-dessous représente les tensions $u_{ab1}(t)$ et $u_{ab2}(t)$ des variations de la tension $u_{ab}(t)$.

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 5 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

$u_{ab1}(t)$



$u_{ab2}(t)$



6. Calculer les fréquences F_1 et F_2 des tensions $u_{ab1}(t)$ et $u_{ab2}(t)$.

/2

Expression : 0,75 pt

$F_1 = 1/T_1$

A.N: 0,25 pt

$F_1 = 41,6$ Hz

Expression : 0,75 pt

$F_2 = 1/T_2$

A.N: 0,25 pt

$F_2 = 20,8$ Hz

7. Sachant que $E = 540$ V ; Calculer la valeur efficace des tensions $u_{AB1}(t)$ et $u_{AB2}(t)$.

/2

$$U_{AB1\text{ eff}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u_{AB1}^2(t) dt = \frac{2 \cdot E^2}{24} (0,8 + 1,6 + 3,2 + 1,6 + 0,8)$$

$$U_{AB1\text{ eff}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} E = 440,9 \text{ V}$$

$$U_{AB2\text{ eff}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u_{AB2}^2(t) dt = \frac{2 \cdot E^2}{48} (0,4 + 0,4 + 0,8 + 0,8 + 0,8 + 0,4 + 0,4)$$

$$U_{AB2\text{ eff}} = \frac{1}{\sqrt{6}} E = 220,45 \text{ V}$$

8. Calculer les rapports U_{ab1}/F_1 et U_{ab2}/F_2 ; déduire la conséquence de ce type de commande.

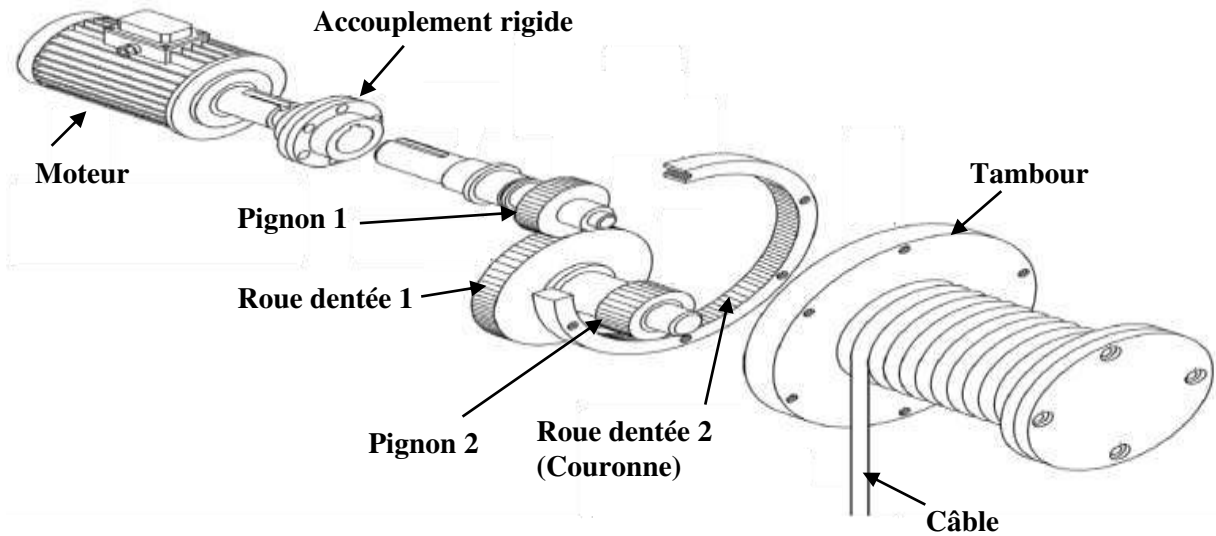
/1

$$\frac{U_{AB1}}{F_1} = 10,58 \text{ et } \frac{U_{AB2}}{F_2} = 10,58 \text{ donc } \frac{U_{AB1}}{F_1} \approx \frac{U_{AB2}}{F_2} \approx cte$$

$$\frac{U_{AB}}{F} = Cte \text{ ,donc l'étage 4 fonctionne à couple constant}$$

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 6 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

SUJET 4 : La figure ci-dessous représente une vue éclatée d'un système de transmission moteur + réducteur à deux étages associés au tambour + câble.



❖ **Remarque : Les résultats des calculs seront arrondis à 2 chiffres après la virgule.**

1. Compléter le tableau des caractéristiques des engrenages du réducteur.

/3

		Z : nombre de dents	m : module (mm)	d : diamètre primitif (mm)	a : Entraxe (mm)
Etage 1	Pignon 1	20	2	40	94
	Roue dentée 1	74		148	
Etage 2	Pignon 2	18	3	54	93
	Roue dentée 2 (Couronne)	80		240	

2. Exprimer et calculer le rapport de réduction rg du réducteur à engrenages.

/1

Expression : 0,75 pt $rg = Z_1 \cdot Z_3 / Z_2 \cdot Z_4$ A.N: 0,25 pt $rg = 0,06$

3. Sachant que la vitesse de rotation du moteur est $N_m = 796 \text{ tr/min}$; Calculer la vitesse de rotation du tambour N_t en tr/min.

/1

Expression : 0,75 pt $N_t = rg \cdot N_m$ A.N: 0,25 pt $N_t = 47,76 \text{ tr/min}$

4. En déduire la vitesse angulaire du tambour Ω_t en rad/s.

/1

Expression : 0,75 pt $\Omega_t = \frac{2 \pi N_t}{60}$ A.N: 0,25 pt $\Omega_t = 5 \text{ rad/s}$

5. Pour soulever la charge, le tambour nécessite une puissance minimale $P_t \text{ mini} = 2000 \text{ W}$, le moteur est-il capable de soulever cette charge ? justifier votre réponse.

/2,5

- $\eta_r = 0,9$: Rendement du réducteur à deux étages.
- $\eta_t = 0,9$: Rendement du tambour.
- $C_m = 45,65 \text{ Nm}$: Couple moteur.

$P_m = C_m \cdot \Omega_m$ donc $P_m = C_m \cdot \frac{2 \pi N_m}{60}$ A.N: $P_m = 3805,24 \text{ W}$

$\eta_g = \eta_r \cdot \eta_t$ A.N: $\eta_g = 0,81$

$P_t = P_m \cdot \eta_g$ A.N: $P_t = 3082,24 \text{ W}$

$P_t = 3082,24 \text{ W} > P_t \text{ mini} = 2000$, donc le moteur est capable de soulever la charge

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 7 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

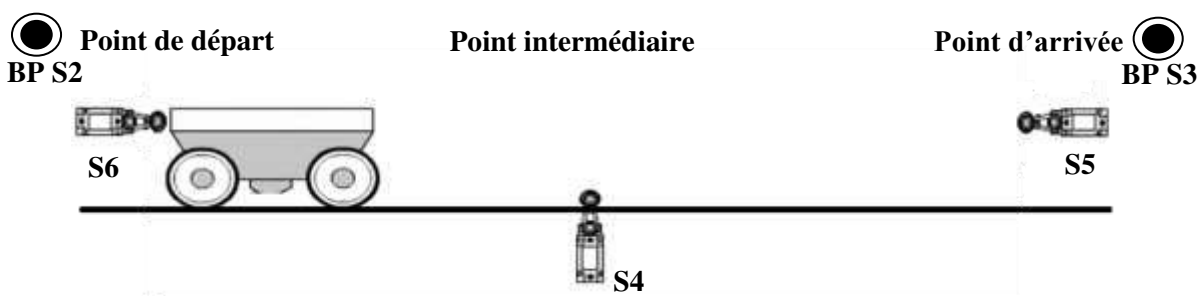
SUJET 5 :

Un chariot de transport de pièces produites dans une usine est entrainé par un moteur asynchrone triphasé à cage à démarrage direct en deux sens de rotation.

Le trajet du chariot contient : **le point de départ** ; **le point intermédiaire** et **le point d'arrivée**.

Fonctionnement

Le départ est commandé par une action sur un bouton poussoir marche **S2** « **aller** » ; une fois le chariot arrive au point intermédiaire ; le chariot s'arrête automatiquement par un capteur de position **S4** ; 30 secondes après ; le chariot continu automatiquement son déplacement « **aller** » jusqu'au point d'arrivée et s'arrête automatiquement par un capteur de position **S5**. Après déchargement ; un opérateur actionne un bouton poussoir marche « **retour** » **S3** pour le retour du chariot jusqu'au point de départ et s'arrête automatiquement par un capteur de position **S6**.

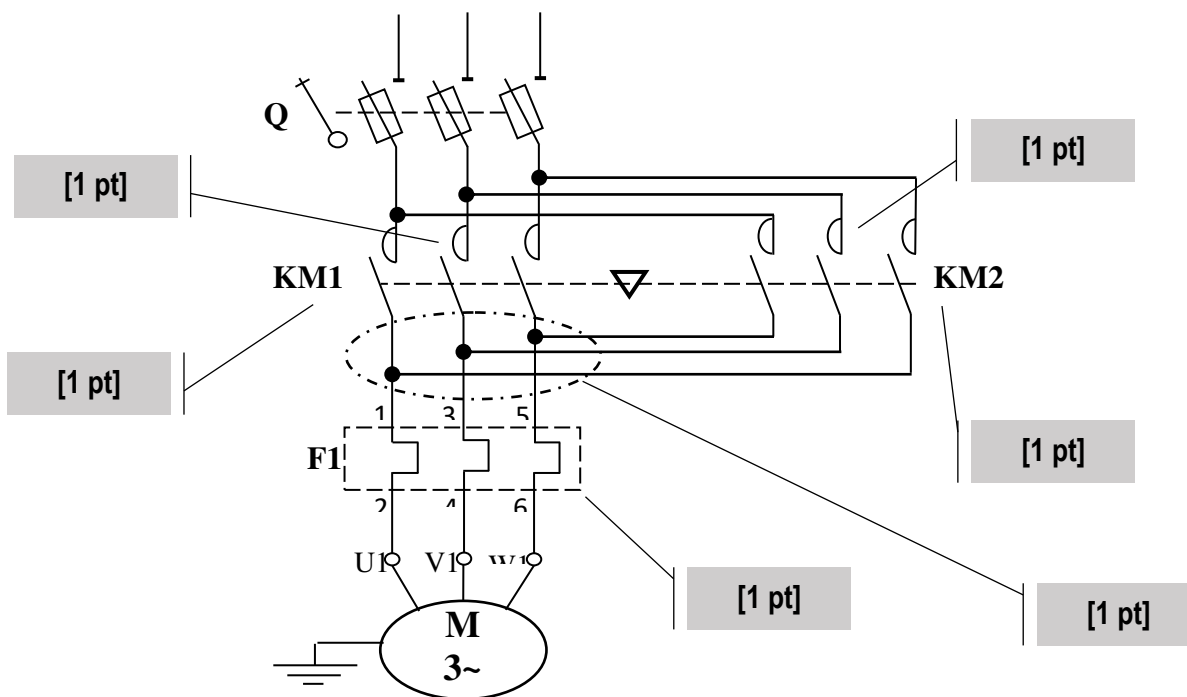


Le moteur est protégé contre les courts-circuits et les surcharges.

- Lampe H1 signale la marche allée.
- Lampe H2 signale la marche retour.
- Lampe H3 signale l'arrêt normal du moteur.

1. Compléter le schéma du circuit de puissance.

/6

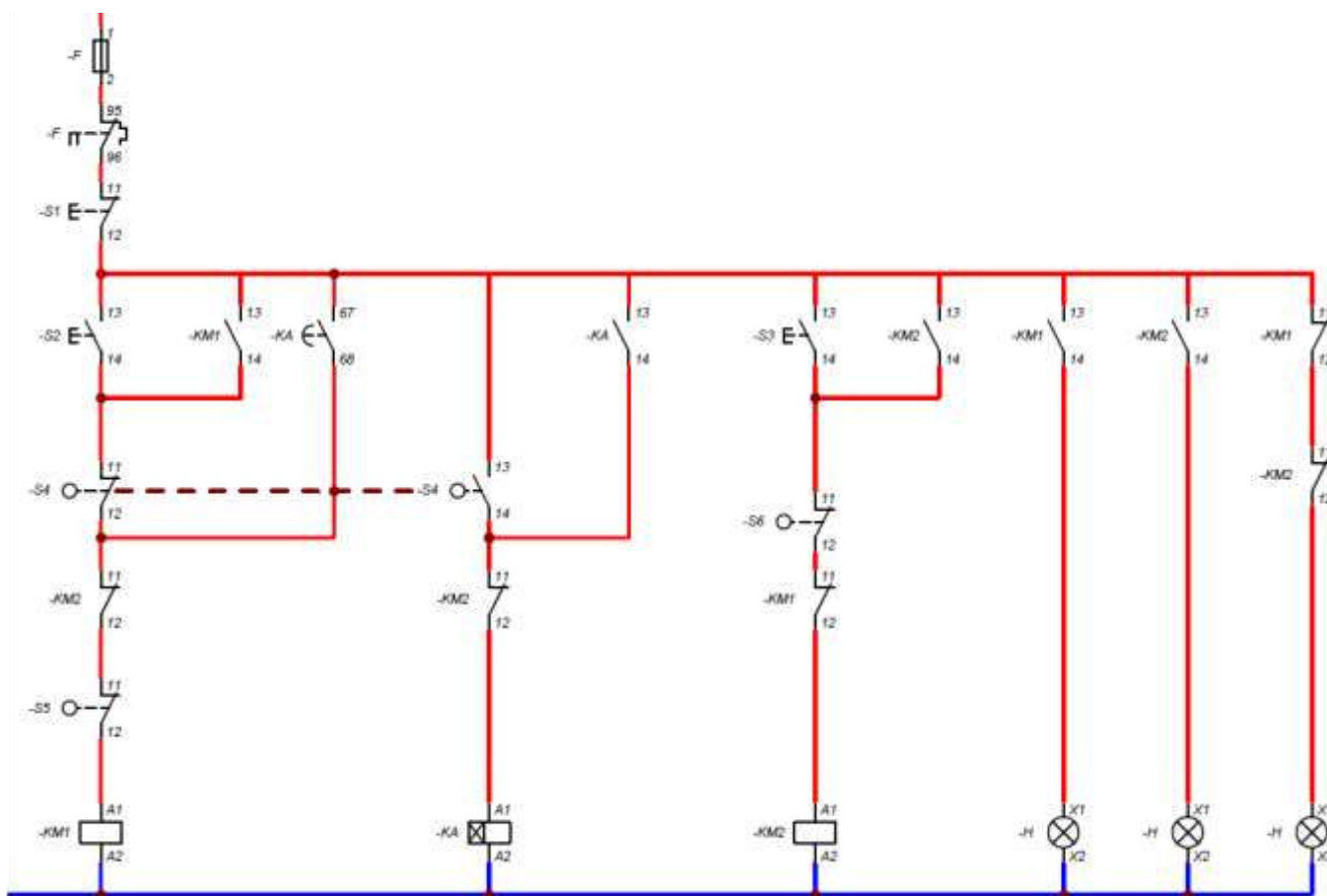


Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 8 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

2. Compléter le schéma du circuit de commande avec signalisation.

/8

(D'autres solutions sont envisageables). Circuit de commande **5pts** circuit de signalisation **3pts**



3. Donner la liste de matériel pour réaliser les circuits de puissance, commande et de signalisation.

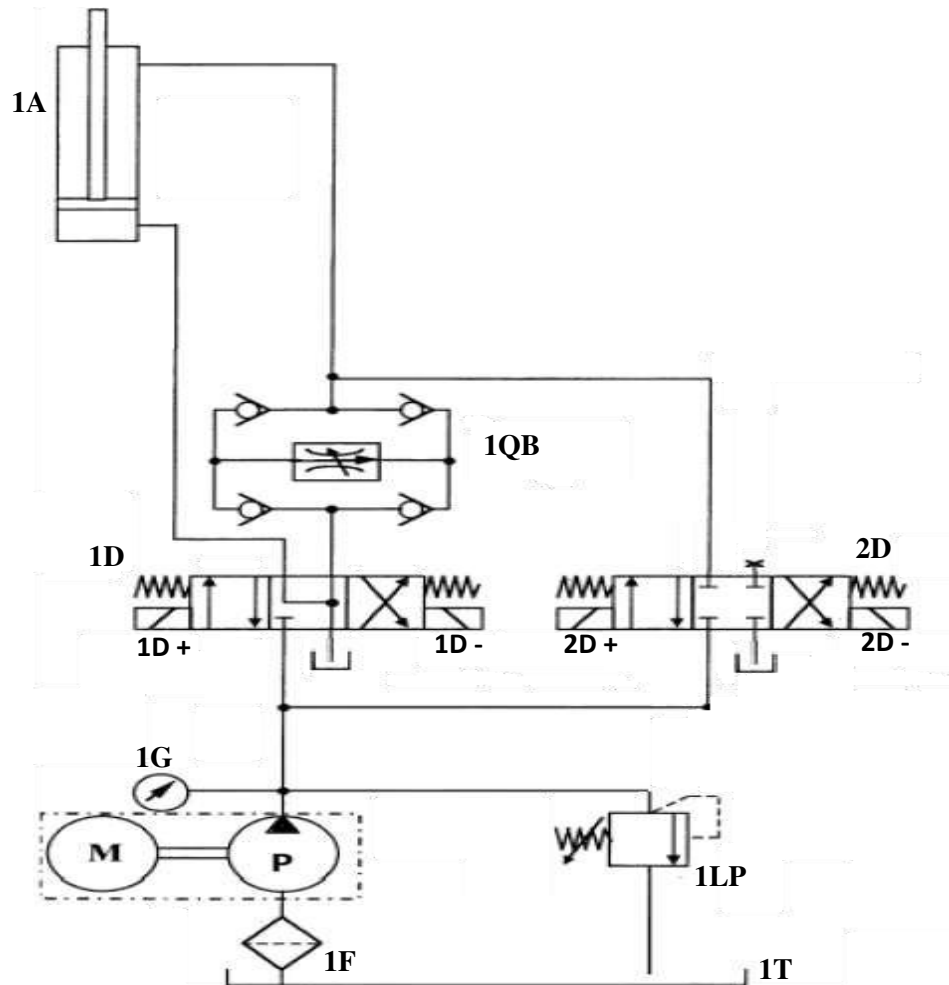
/6

12 x 0,5pt = 6pts

Liste de matériel	Quantité
Sectionneur porte fusible	1
Contacteur de puissance	2
Relais thermique	1
Moteur électrique asynchrone triphasé	1
Contacteur auxiliaire	1
Bloc additif de contacts instantanés	2
Bloc additif de contacts temporisés au travail	1
Bouton poussoir NO	2
Bouton poussoir NC	1
Fin de course	3
Lampe de signalisation	3
Conducteur électrique	-

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 9 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

SUJET 6 : Soit le schéma du circuit hydraulique de puissance ci-dessous.



1. Compléter le tableau en identifiant les composants hydrauliques et en précisant leurs fonctions.

/8

16 x 0,5pt = 8pts

Repère	Nom du composant	Fonction
1A	Vérin hydraulique double effet	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique
1QB	Limiteur de débit + pont à clapets	Régler la vitesse de la montée ou de la descente de la tige du vérin
1D	Distributeur 4/3, commande électrique, centre en Y	Distribuer l'énergie hydraulique au vérin 1A
2D	Distributeur 4/3, commande électrique, centre fermé	Commande la sortie ou la rentrée rapide de la tige du vérin 1A
1G	Manomètre	Indiquer la pression d'utilisation
1LP	Limiteur de pression réglable	Assurer la protection du circuit hydraulique
1F	Filtre à huile	Filtrer l'huile
1T	Réservoir	Stocker l'huile

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 10 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

2. Compléter le tableau en donnant l'état des bobines de distributeurs pour chaque phase.

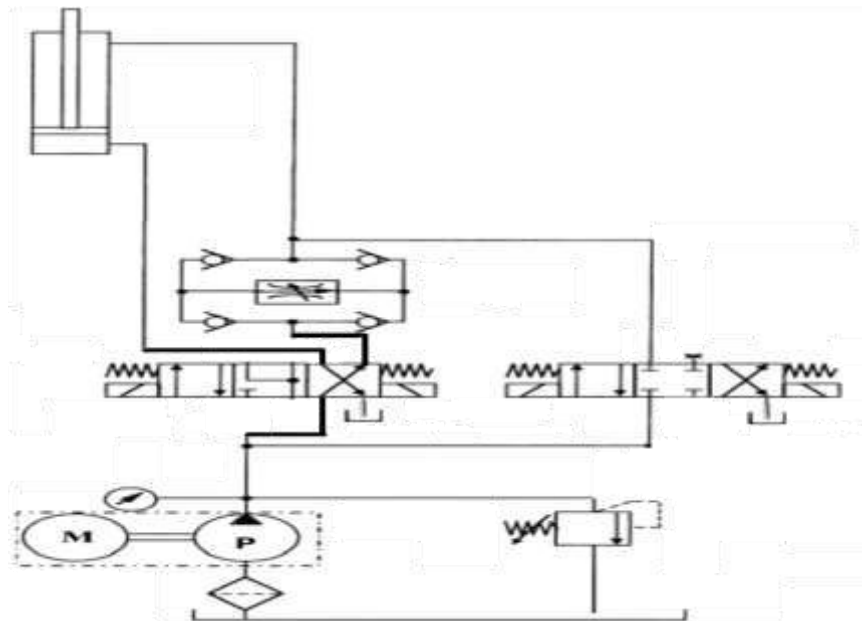
/4

Bobine activé :1 , Bobine désactivé :0

Phases	1D		2D	
	1D +	1D -	2D +	2D -
Arrêt de la tige	0	0	0	0
Sortie lente de la tige	1	0	0	0
Sortie rapide de la tige	1	0	0	1
Rentrée lente de la tige	0	1	0	0
Rentrée rapide de la tige	0	0	1	0

3. Compléter le circuit hydraulique en représentant les éléments 1D et 2D pendant la phase (rentrée lente de la tige).

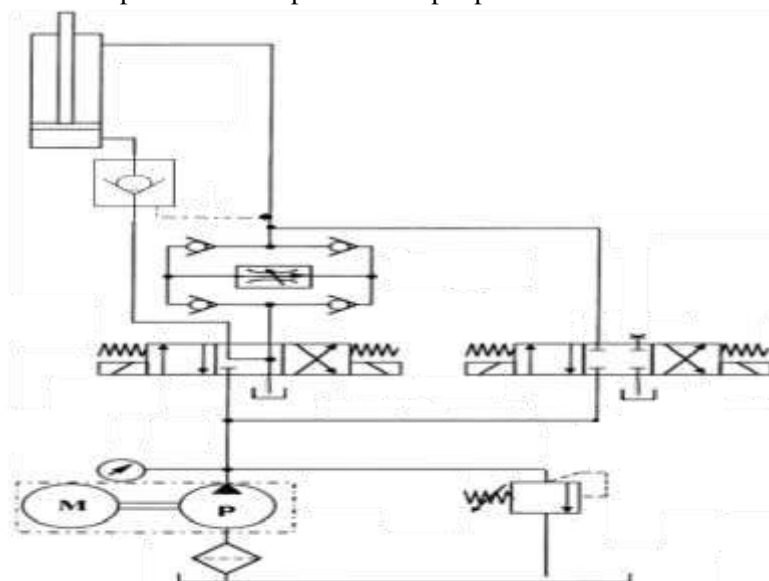
/3



On veut apporter une modification en introduisant **un clapet anti-retour piloté** qui aurait pour rôle de bloquer instantanément la tige du vérin en descente.

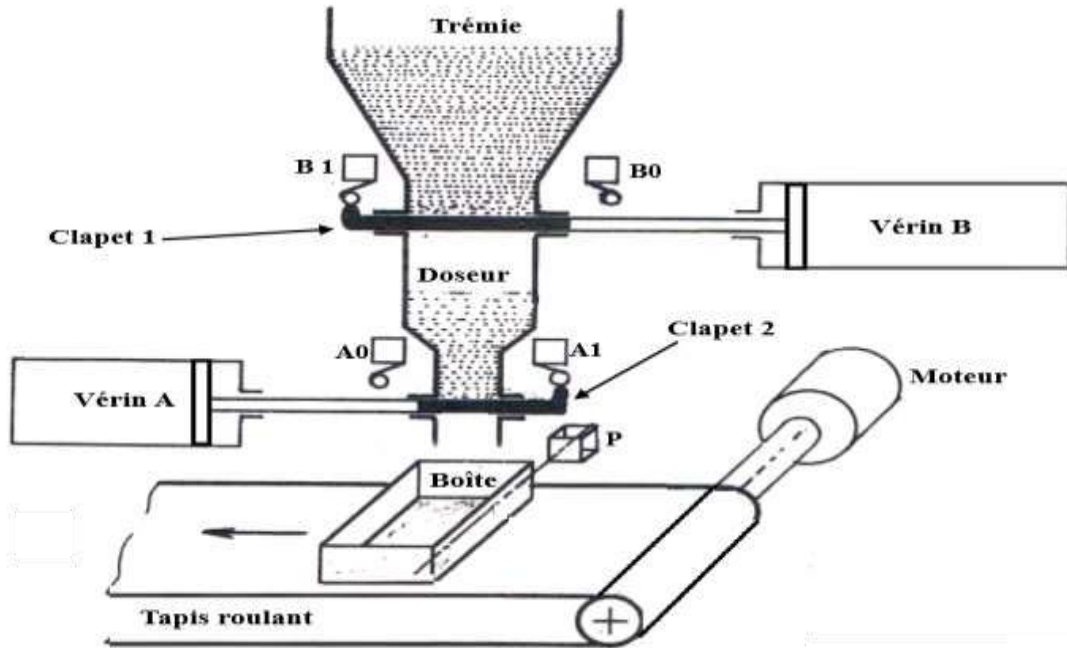
4. Compléter le schéma ci-dessous par la mise en place du clapet piloté dans la **zone A**.

/2



Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 11 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

SUJET 7 : Le système ci-dessous permet de remplir un produit dosé dans des boîtes.



- Conditions initiales : Le clapet 1 est avancé B1, le clapet 2 est reculé A0.

Fonctionnement :

- L'action sur le bouton poussoir Dcy provoque le dosage du produit de la manière suivante :
 - Le moteur entraîne le tapis jusqu'à ce que la présence d'une boîte soit détectée par le capteur P.
 - Le clapet 2 avance pour fermer le doseur par l'intermédiaire du vérin A.
 - Le clapet 1 recule par l'intermédiaire du vérin B permettant au produit de s'écouler dans le doseur.
 - Après une temporisation de **10 secondes**, le clapet 1 avance pour fermer à nouveau la trémie.
 - Le clapet 2 recule pour transférer le produit dans la boîte et le cycle se termine.
- Les deux vérins sont commandés par des distributeurs **bistables**.
- Le moteur est commandé par un contacteur **KM**.

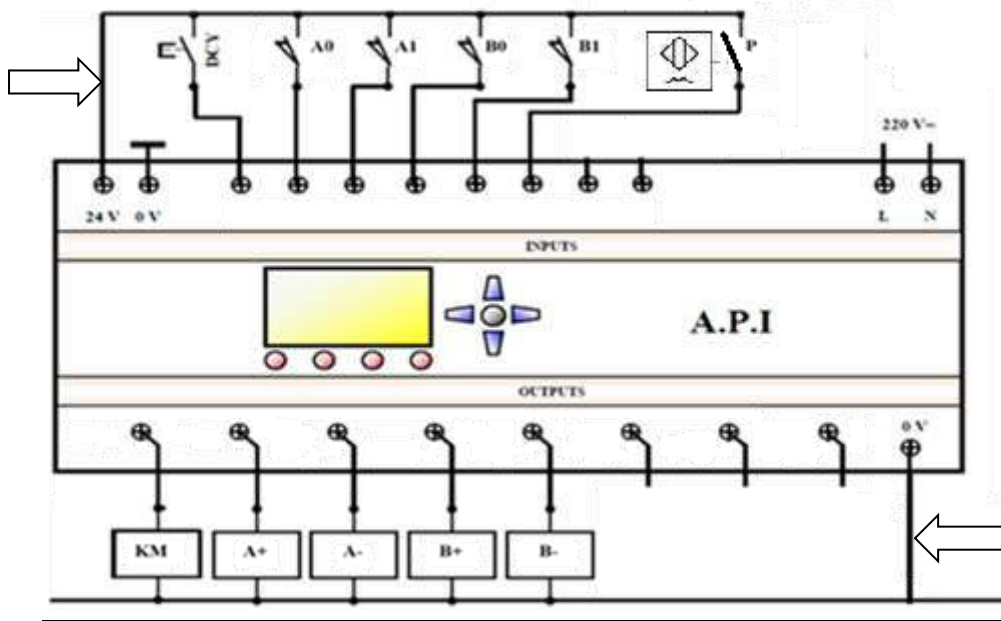
Travail demandé :

1. Identifier les entrées et les sorties en leur accordant les adresses correspondantes selon l'automate disponible.

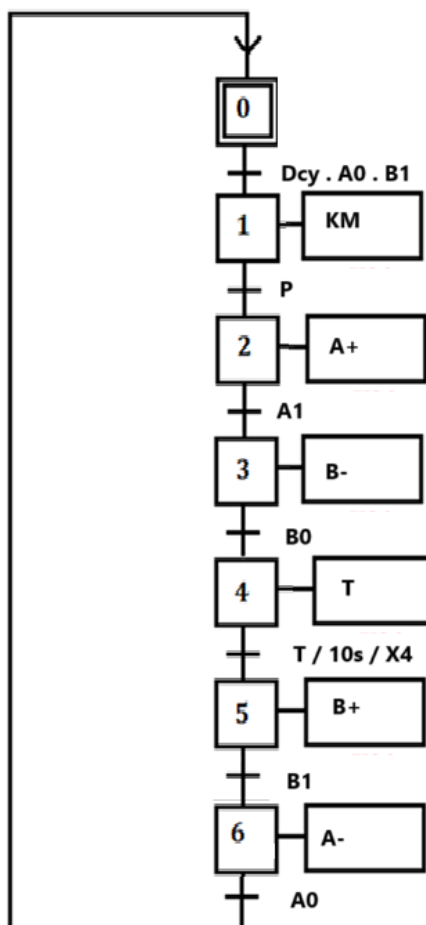
/2,75

Entrées	Dcy	A0	A1	B0	B1	P
Adresses	E0.0	E0.1	E0.2	E0.3	E0.4	E0.5
Sorties	KM	A+	A-	B+	B-	
Adresses	A0.0	A0.1	A0.2	A0.3	A0.4	

2. Compléter le schéma du câblage de l'API en respectant l'adressage que vous avez proposé dans le tableau (Question N°1). /3,25



3. Etablir le grafcet niveau 2. /13,5



Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 13 sur 14
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

4. Donner les équations d'activation et de désactivation des étapes du tableau.

/3,5

Etapes	Condition d'activation de l'étape	Condition de désactivation de l'étape
X_0	$A0 \cdot X_6 + \text{INIT}$	X_1
X_1	$Dcy \cdot B1 \cdot A0 \cdot X_0$	X_2
X_2	$P \cdot X_1$	X_3
X_3	$A1 \cdot X_2$	X_4
X_4	$B0 \cdot X_3$	X_5
X_5	$T \cdot X_4$	X_6
X_6	$B1 \cdot X_5$	X_0