



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

<b>Secteur :</b>	Génie électrique	<b>Niveau :</b>	Technicien Spécialisé
<b>Filière :</b>	Électromécanique des systèmes automatisés		

<b>Variante</b>	2	<b>Durée :</b>	4h00	<b>Barème</b>	/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
<b>Partie Théorique</b>		
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
		<b>/40points</b>
<b>Partie Pratique</b>		
SUJET 5	Installation et réparation de moteurs à CA	/20points
SUJET 6	Circuit hydraulique	/17points
SUJET 7	Système automatisé contrôlé par API	<b>/23points</b>
		<b>/60points</b>
<b>Total Général</b>		<b>/100points</b>

**Partie théorique: /40PTS**

Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 1 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

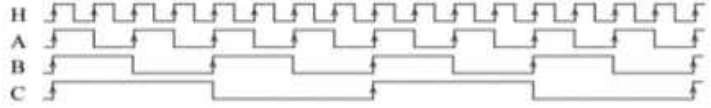
**SUJET 1 ( QCM ) : Cocher la bonne réponse.**

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

- En variant la résistance de l'induit
- En variant la tension 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 s'emballle
- Le moteur ralentit lentement
- Le moteur ralentit rapidement
- Le moteur se bloque

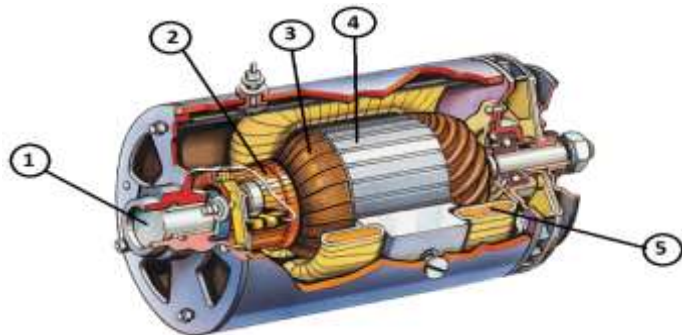
7. Quel est le type de pilotage représenté par le symbole suivant /0,5

- 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

Pôle inducteur	<b>5</b>
Arbre	<b>1</b>
Collecteur	<b>2</b>



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

Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 2 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

230 V/400V	27,7 A /16 A	1410 tr/min	cos φ = 0,83
------------	--------------	-------------	--------------

➤ 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 le glissement nominal  $g_n$  (en %).

**Expression : 1,5 pt  $g = (ns - nr) / ns$  A.N: 0,5 pt  $g = 6 \%$  /2**

- À vide, le moteur tourne à une vitesse proche de la vitesse de synchronisme. Il absorbe un courant  $I_0 = 5,3 \text{ A}$  et consomme une puissance  $P_{a0} = 845 \text{ W}$ . Les pertes mécaniques sont  $P_{méc} = 500 \text{ W}$ .
- La mesure à chaud de la résistance d'un enroulement du stator donne  $R = 0,70 \Omega$ .

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  $P_{jso} = 58,99 \text{ W}$**

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  $P_c = 786,01 \text{ W}$**

**Expression : 0,75 pt  $P_{fs} = P_c - P_{méc}$  A.N: 0,25 pt  $P_{fs} = 286,01 \text{ W}$**

- 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  $P_{js} = 537,6 \text{ W}$**

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  $P_a = 9200,65 \text{ W}$**

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  $P_{TR} = 8377,04 \text{ W}$**

**Expression : 0,75 pt  $P_{jr} = g. P_{TR}$  A.N: 0,25 pt  $P_{jr} = 502,62 \text{ W}$**

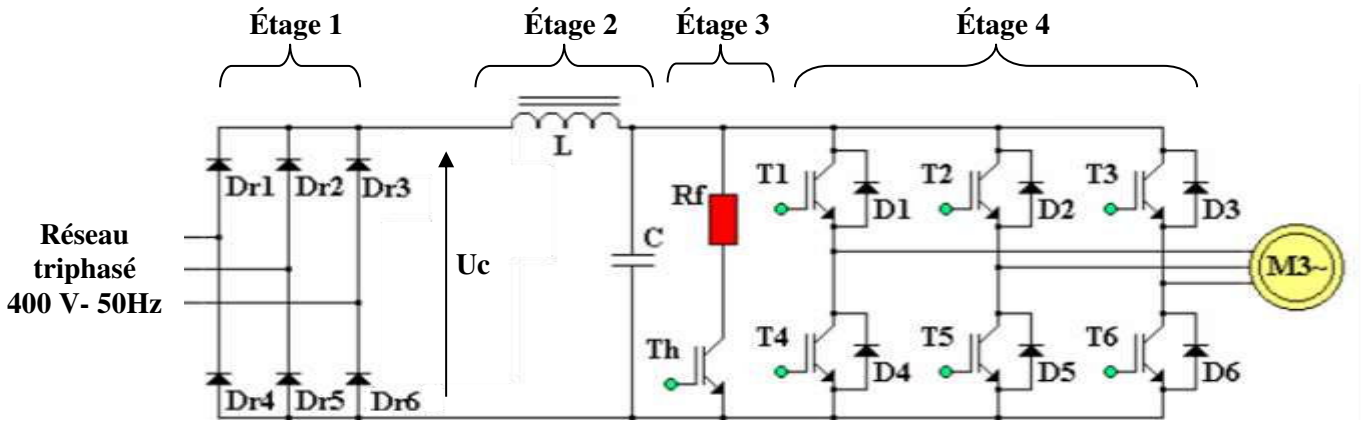
9. Déterminer le moment du couple utile  $T_{UN}$  et le rendement  $\eta_N$  du moteur. /2

**Expression : 0,75 pt  $T_u = \frac{P_u.60}{2.\pi.Nr}$  A.N: 0,25 pt  $T_u = 49,94 \text{ W}$**

**Expression : 0,75 pt  $\eta = P_u / P_a$  A.N: 0,25 pt  $\eta = 80,15 \%$**

**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 :

Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 3 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		



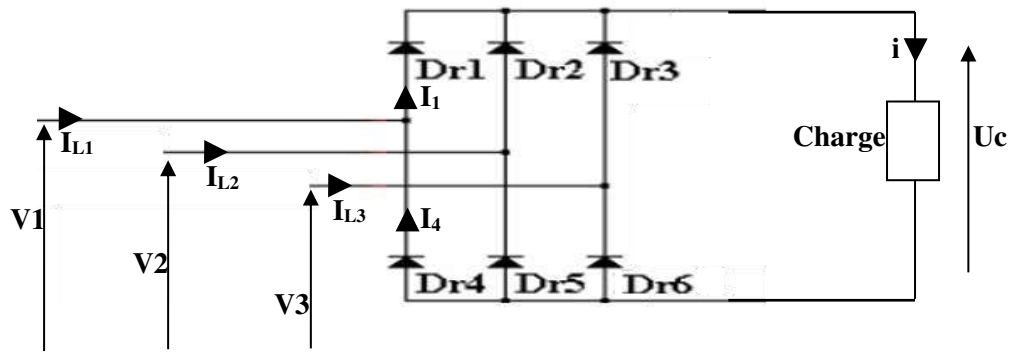
1. Donner le nom et le rôle de chaque étage. /2

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

- 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
- **Éliminer 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.

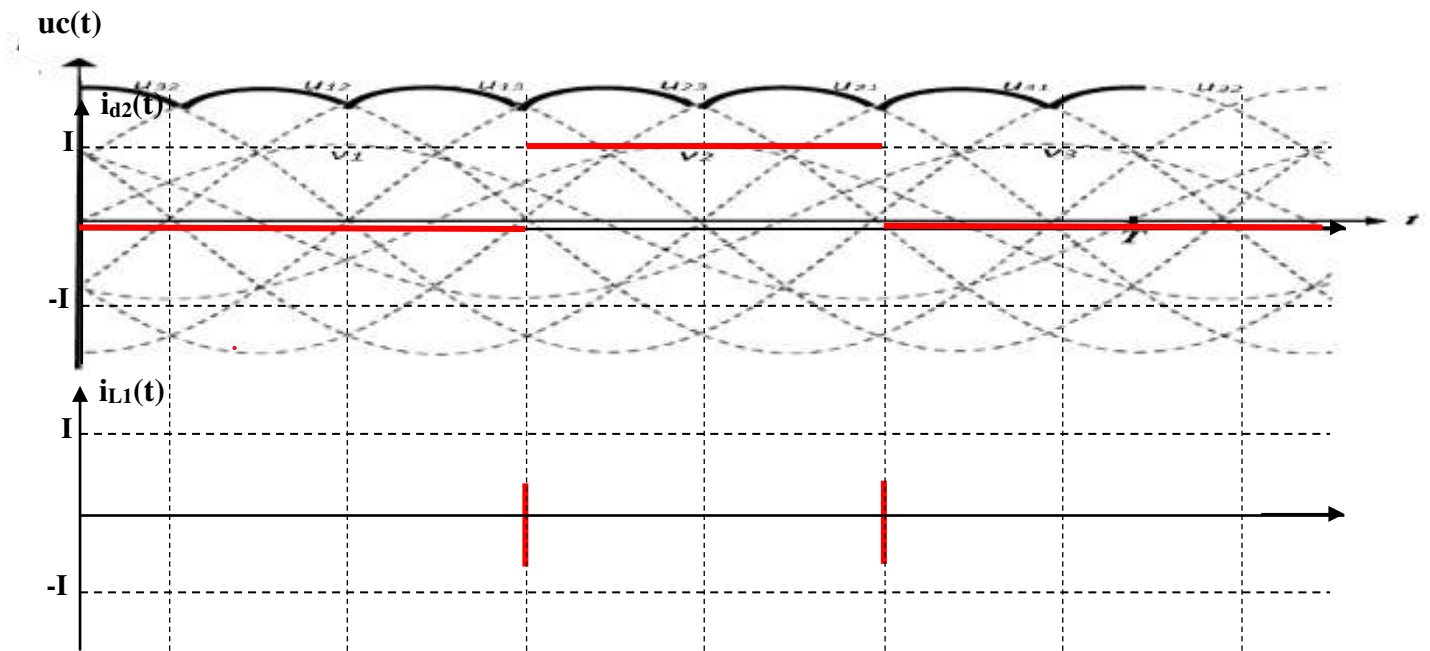


- **V1, V2 et V3** sont les trois tensions simples du réseau de valeur efficace  **$V_{eff} = 230V$** .
- Les diodes sont toutes supposées parfaites.
- On suppose que le courant  **$i$**  dans la charge est tel que  **$i = I = \text{Constante}$** .

4. Représenter pour une période :
- La tension  **$u_c(t)$** , tension aux bornes de la charge.
  - Le courant  **$i_{d2}(t)$**  dans la diode **D2**.

/2

Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 4 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		



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

/1

Expression : 0,75 pt

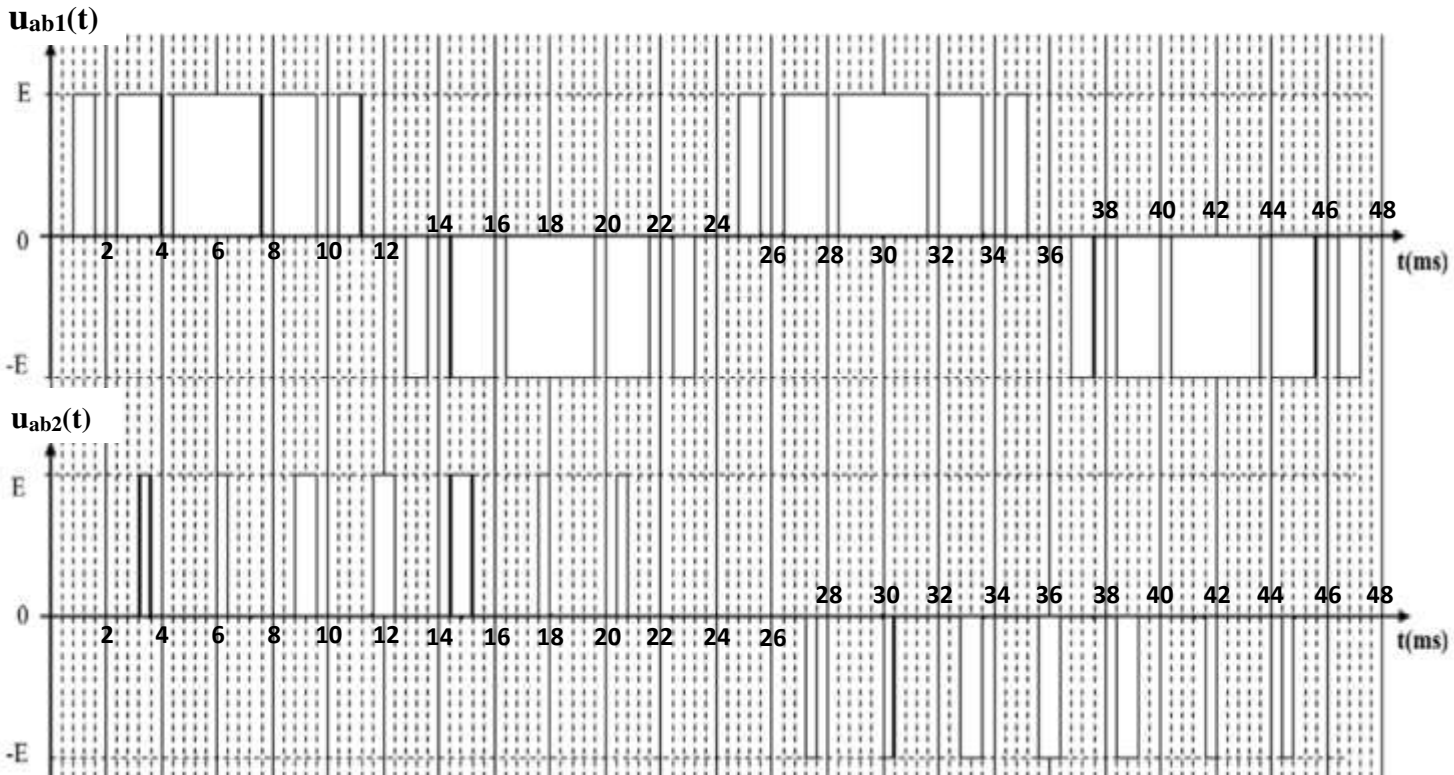
$$U_{cmoy} = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_{eff} / \pi$$

A.N: 0,25 pt

$$U_{cmoy} = 538 \text{ V}$$

- 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	2	Page	Page 5 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		



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**       $F_1 = 41,6 \text{ Hz}$   
**Expression : 0,75 pt**       $F_2 = 1/T_2$       **A.N: 0,25 pt**       $F_2 = 20,8 \text{ Hz}$

7. Sachant que  $E = 540 \text{ V}$  ; Calculer la valeur efficace des tensions  $u_{ab1}(t)$  et  $u_{ab2}(t)$ . /2

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

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

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

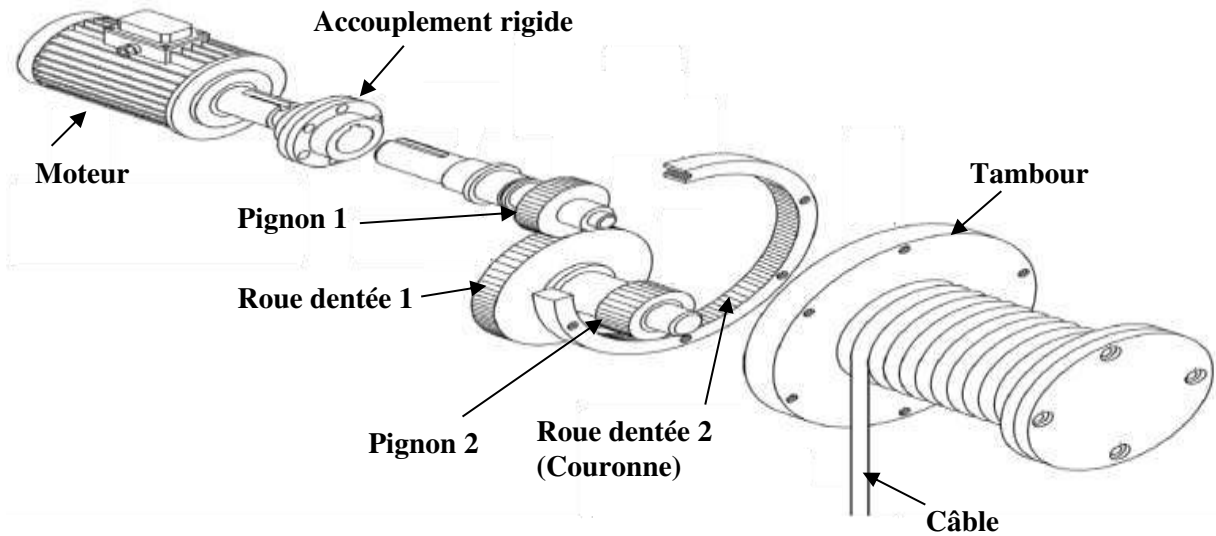
$$U_{AB2 \text{ eff}} = \frac{1}{\sqrt{6}} E = 220,45 \text{ V}$$

8. Calculer les rapports  $U_{ab1}/F_1$  et  $U_{ab2}/F_2$ ; déduire la conséquence de ce type de commande. /1

$$\frac{U_{AB1}}{F_1} = 10,58 \text{ et } \frac{U_{AB2}}{F_2} = 10,59 \text{ donc } \frac{U_{AB1}}{F_1} \approx \frac{U_{AB2}}{F_2} \approx \text{cte}$$

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

**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  $N_m = 800 \text{ tr/min}$  ; 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  $N_t = 48 \text{ tr/min}$

4. En déduire la vitesse angulaire du tambour  $\Omega_t$  en rad/s. /1

Expression : 0,75 pt  $\Omega_t = \frac{2 \pi N_t}{60}$  A.N: 0,25 pt  $\Omega_t = 5,02 \text{ rad/s}$

5. Pour soulever la charge, le tambour nécessite une puissance minimale  $P_t \text{ mini} = 2500 \text{ W}$ , 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.
- $C_m = 45 \text{ Nm}$  : Couple moteur.

$P_m = C_m \cdot \Omega_m$  donc  $P_m = C_m \cdot \frac{2 \pi N_m}{60}$  A.N:  $P_m = 3769,91 \text{ W}$

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

$P_t = P_m \cdot \eta_g$  A.N:  $P_t = 3053,68 \text{ W}$

$P_t = 3053,68 \text{ W} > P_t \text{ mini} = 2500 \text{ W}$ , donc le moteur est capable de soulever la charge

Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 7 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

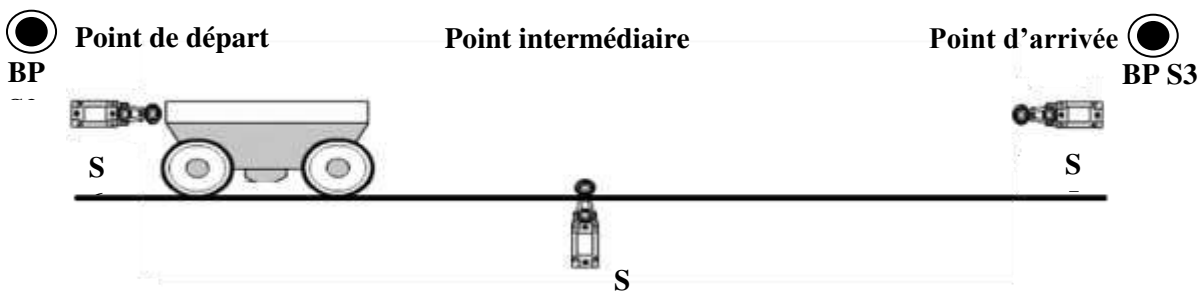
**SUJET 5 :**

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 **trois points** : **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** « **allé** » jusqu'au point d'arrivée et s'arrête automatiquement par un capteur de position **S5**. Après déchargement ; un opérateur actionne un bouton poussoir marche **S3** « **retour** » pour le retour du chariot jusqu'au point intermédiaire ; 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 « **retour** » et s'arrête automatiquement par un capteur de position **S6**.

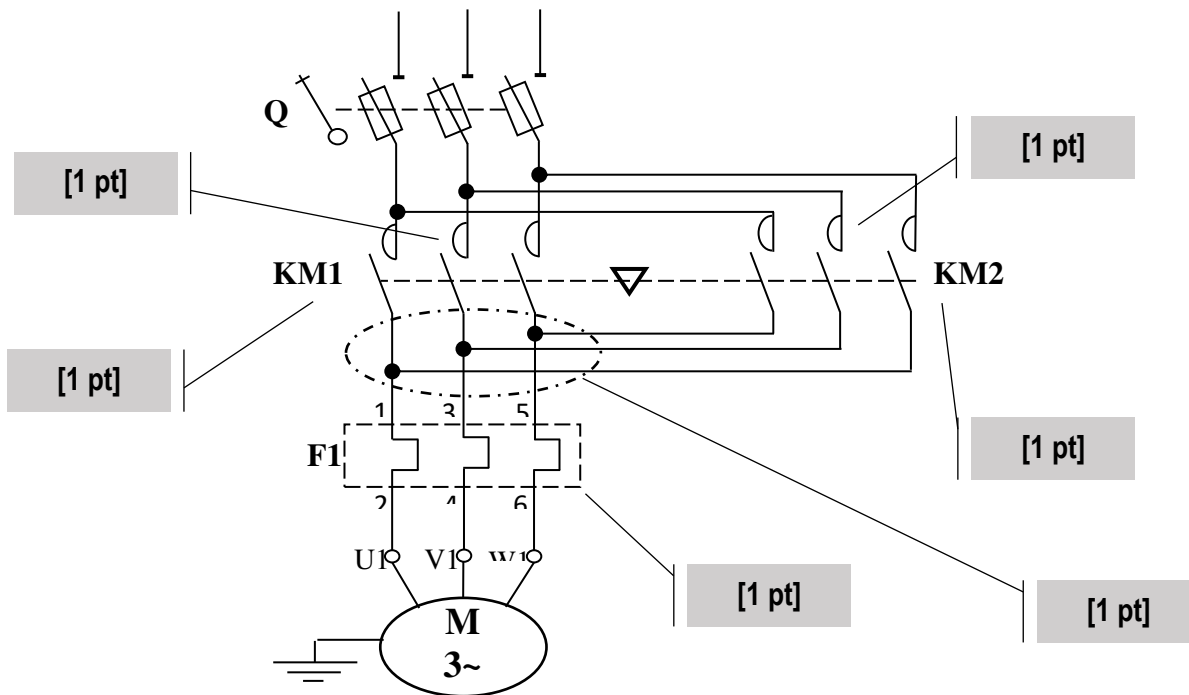


Le moteur est protégé contre les courts-circuits et les surcharges.

- 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.

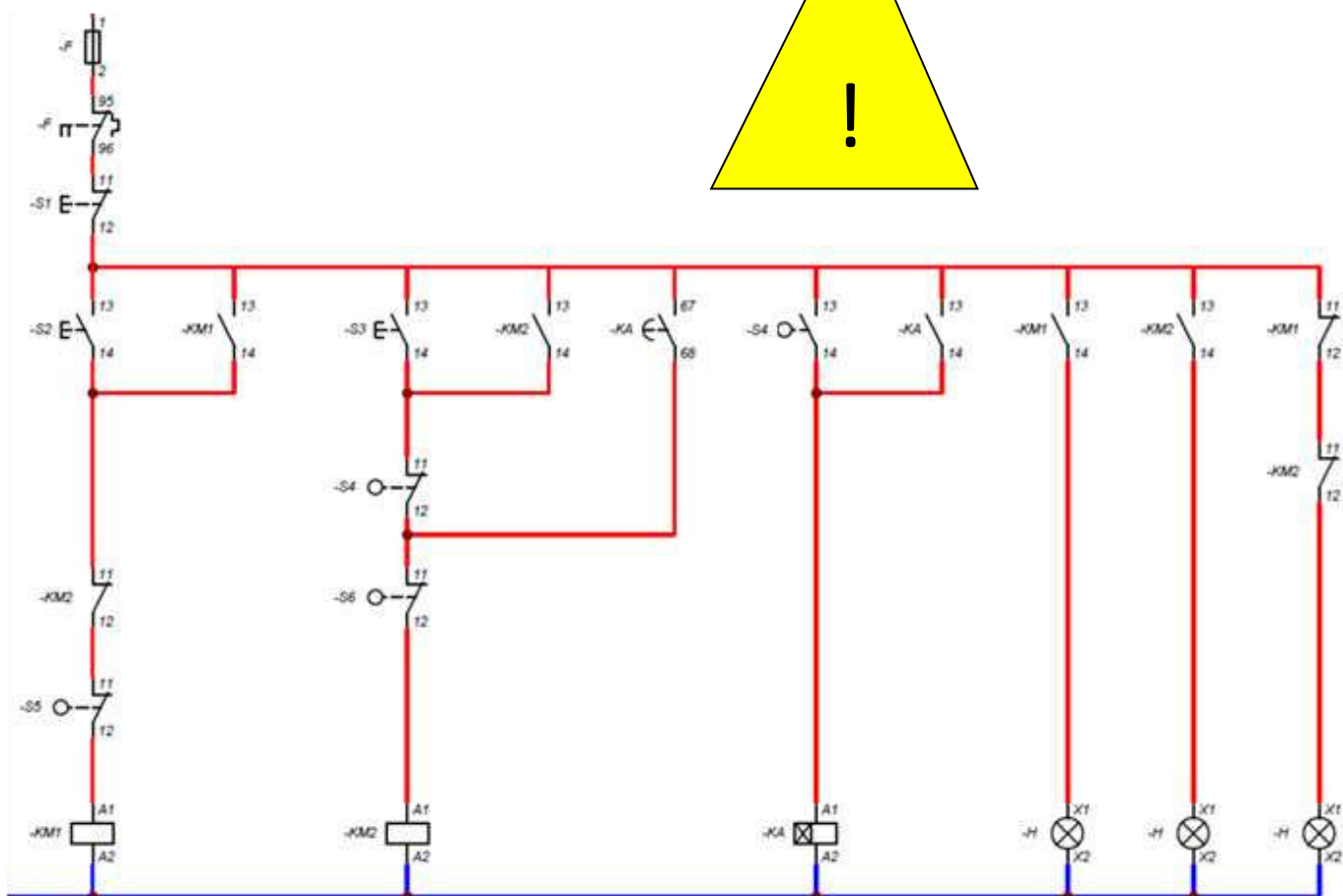
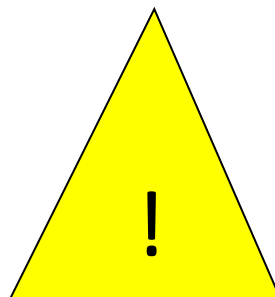
/6



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

/8

**(D'autres solutions sont envisageables).**



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

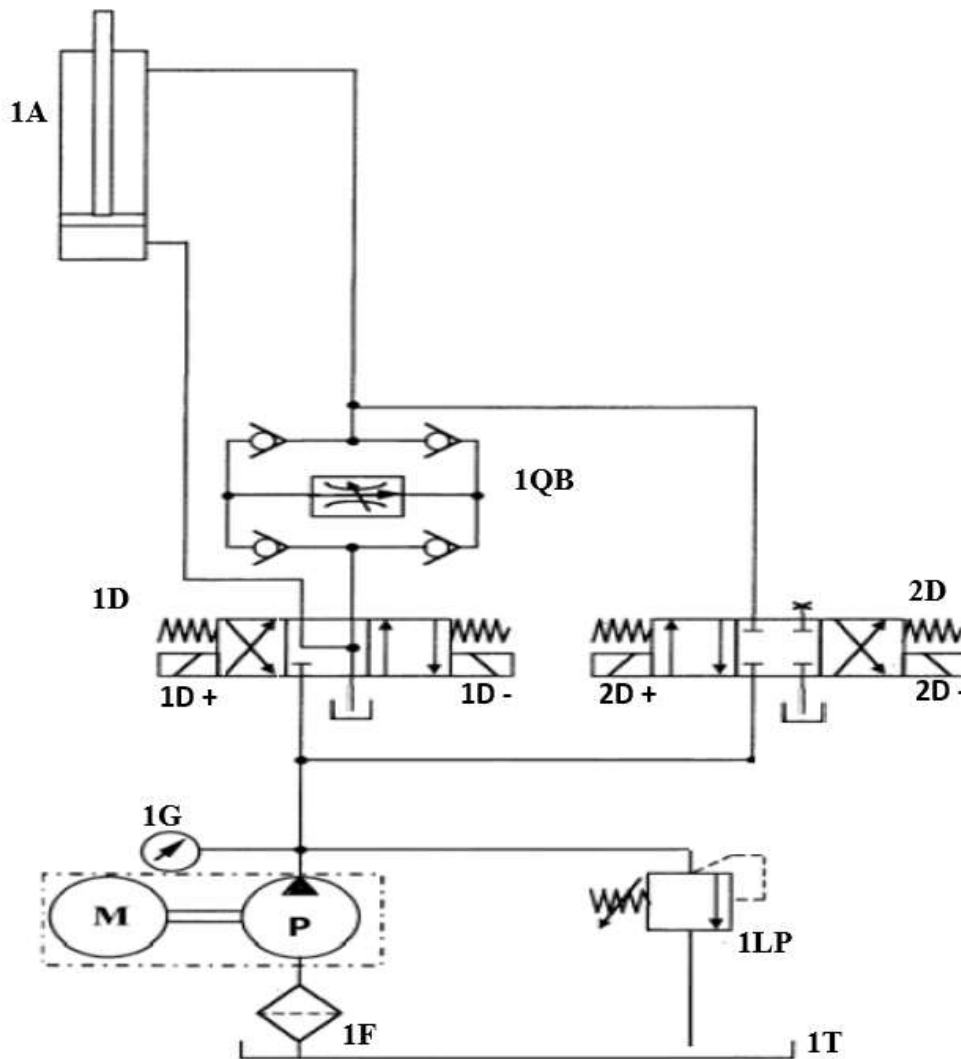
/6

**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	2	Page	Page 9 sur 15
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 Y	Distribuer l'énergie hydraulique au vérin 1A
2D	Distributeur 4/2, commande électrique bistable	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	2	Page	Page 10 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

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

/4

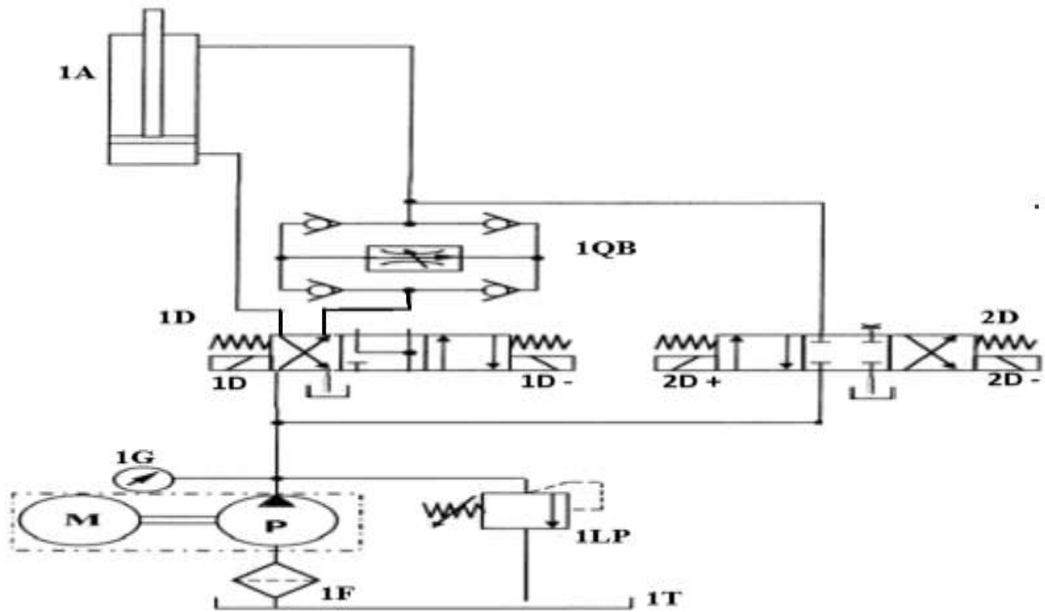
4 x 1pt = 5pts

Bobine activé :1 , Bobine désactivé :0

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

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

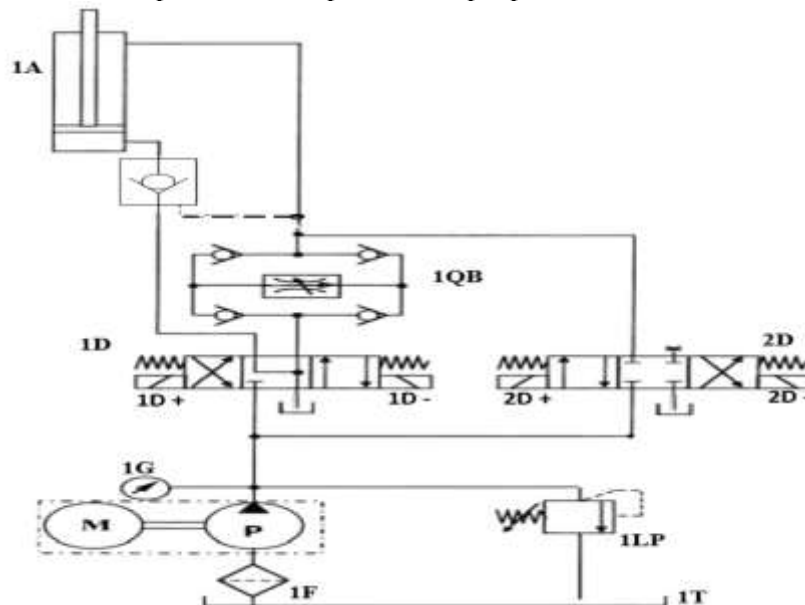
/2



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.

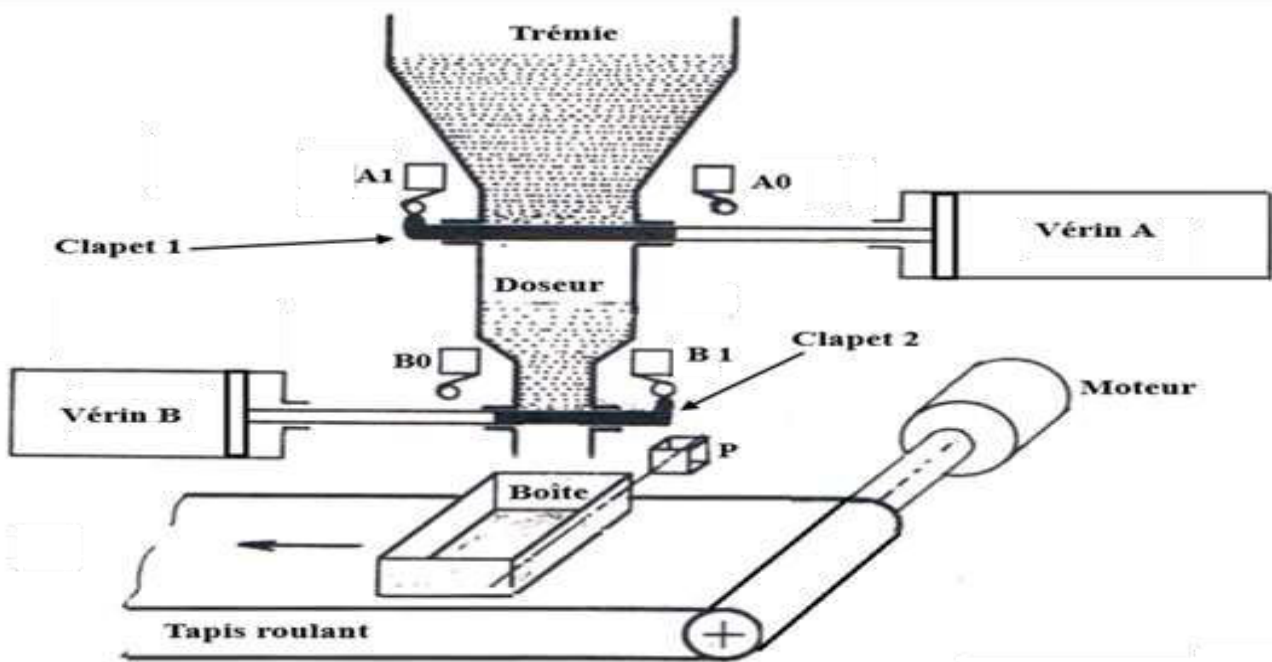
4. Compléter le schéma ci-dessous par la mise en place du clapet piloté dans la zone A.

/3



Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 11 sur 15
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 **A1**, **le clapet 2** est reculé **B0**.

**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 B.
  - Le clapet 1 recule par l'intermédiaire du vérin A 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 :**

Filière	ESA	Variante	2	Page	Page 12 sur 15
Examen	Fin de Formation	Session	Juin 2025		

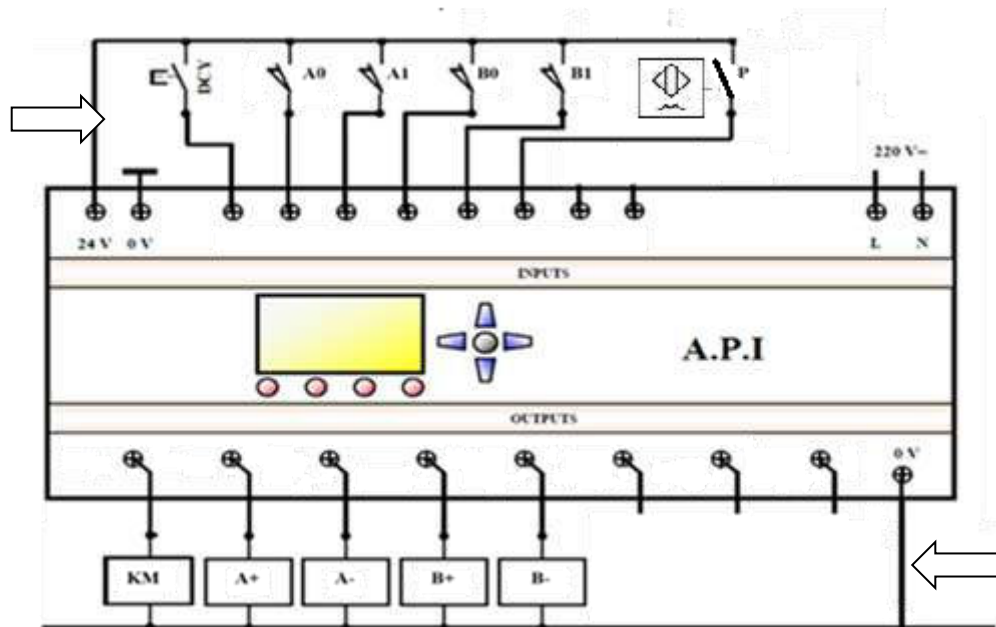
1. Identifier les entrées et les sorties en leurs accordant les adresses correspondantes selon l'automate disponible.

/2,75

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

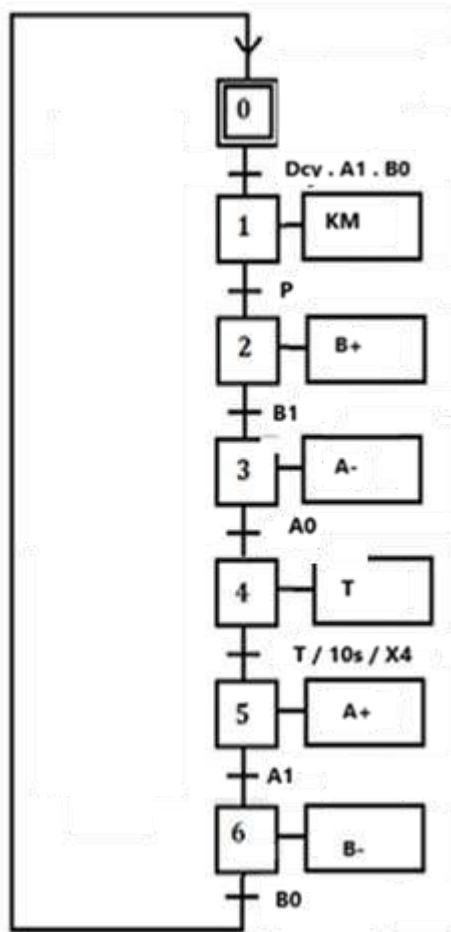
2. Compléter le schéma du câblage de l'API en respectant l'adressage que vous avez proposé dans le tableau (Question N°1).

/3,25



3. Etablir le grafcet niveau 2.

/13,5



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

/3,5

Etape $X_i$	Condition d'activation de l'étape	Condition de désactivation de l'étape
$X_0$	$B0 . X_6 + INIT$	$X_1$
$X_1$	$Dcy . B0 . A1 . X_0$	$X_2$
$X_2$	$P . X_1$	$X_3$
$X_3$	$B1 . X_2$	$X_4$
$X_4$	$A0 . X_3$	$X_5$
$X_5$	$T . X_4$	$X_6$
$X_6$	$A1 . X_5$	$X_0$

<b>Filière</b>	<b>ESA</b>	<b>Variante</b>	<b>2</b>	<b>Page</b>	<b>Page 15 sur 15</b>
<b>Examen</b>	<b>Fin de Formation</b>	<b>Session</b>	<b>Juin 2025</b>		