

الصفحة 1 16 ***I	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية الدورة العادية 2022 - الموضوع -		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوطني للتقويم والامتحانات
PPPPPPPPPPPPPPPPPP-PP	NS 214A		
4h	مدة الإجابة	اختبار توليفي في المواد المهنية - الجزء الأول	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الصيانة الصناعية	الشعبة والمسالك

GESTION DE LA TEMPERATURE D'UNE SERRE

☞ Le sujet comporte au total 16 pages et 3 types de documents :

- Pages 02 à 10 (feuilles Jaunes) : Socle du sujet et documents ressources.
- Pages 11 à 16 (feuilles Blanches) : Documents réponses

Le sujet traite 2 domaines principaux :

A- DOMAINE D'ÉLECTROTECHNIQUE (sur 30 points) :

- Installation et dépannage des moteurs à C.A.
- Installation et dépannage des moteurs C.C.
- Installation et commande électronique de moteurs.

B- DOMAINE PRINCIPAL D'AUTOMATISME (sur 10 points) :

- Automates Programmables Industrielles : Programmation.

Les domaines A et B sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre quelconque après lecture de l'introduction et du fonctionnement (pages 2 et 3).

La numérotation des questions est continue : de la question N° 1 (Q :1.) à la question N° 25 (Q :25.).

Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses : [Document réponses : N°X].

Si l'espace réservé à la réponse à une question vous est insuffisant, utilisez votre feuille de rédaction en y indiquant le numéro de la question concernée.

☞ Les pages portant en haut la mention [Document réponses : N° X] (feuilles Blanches) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.

☞ Le sujet est noté sur 40 points.

☞ Aucun document n'est autorisé.

☞ Sont autorisées les calculatrices non programmables.

GESTION DE LA TEMPERATURE D'UNE SERRE**I. INTRODUCTION**

Une serre, **fig.1**, est une structure en verre ou en plastique transparent qui peut être parfaitement close, destinée à la culture et à la protection des plantes (légumes, fleurs, ...etc.). L'objectif étant de créer un environnement favorable à leur développement.

Le système de gestion de la température dans une serre est destiné à assurer d'une façon automatique :

Le maintien de la température à l'intérieur de la serre entre deux valeurs $T_{MIN} = 20^{\circ}C$ et $T_{MAX} = 30^{\circ}C$ favorable au développement des plantes.



Fig. 1 : Une serre

II. FONCTIONNEMENT

Le principe consiste à maintenir la température à l'intérieur de la serre entre $T_{MIN} = 20^{\circ}C$ et $T_{MAX} = 30^{\circ}C$:

- **Chauffage :**

Le chauffage est assuré par un aérotherme électrique (Voir exemple d'aérotherme électrique **fig.2** ci-contre).

Un aérotherme électrique est un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique. Il est formé de résistances chauffantes et d'un ventilateur entraîné par un moteur électrique.

Si la température à l'intérieur de la serre, détectée par un capteur de température, descend à moins de $T_{MIN} = 20^{\circ}C$, l'unité de traitement à base d'Automate Programmable Industriel (API), commande la fermeture des volets des portails de la serre et la mise en marche de l'aérotherme.

- **Aération :**

Lorsque la température dépasse $T_{MAX} = 30^{\circ}C$, l'unité de traitement commande l'arrêt de l'aérotherme et entame l'opération d'aération naturelle par l'ouverture des volets des portails de la serre.

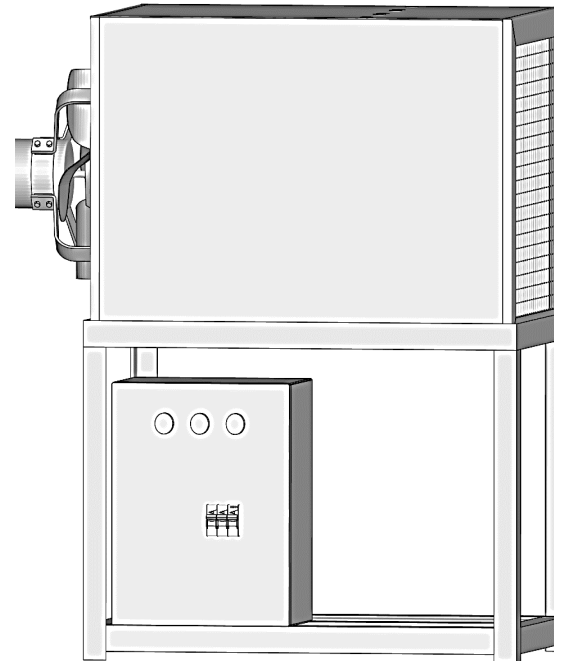


Fig. 2 : Exemple d'aérotherme électrique

- Le système tente de stabiliser la température autour de $25^{\circ}C$.
- Le prélèvement de la température se fait une fois toutes les 15 minutes.

Le fonctionnement désiré est décrit par le Grafcet du point de vue système de la figure 3.

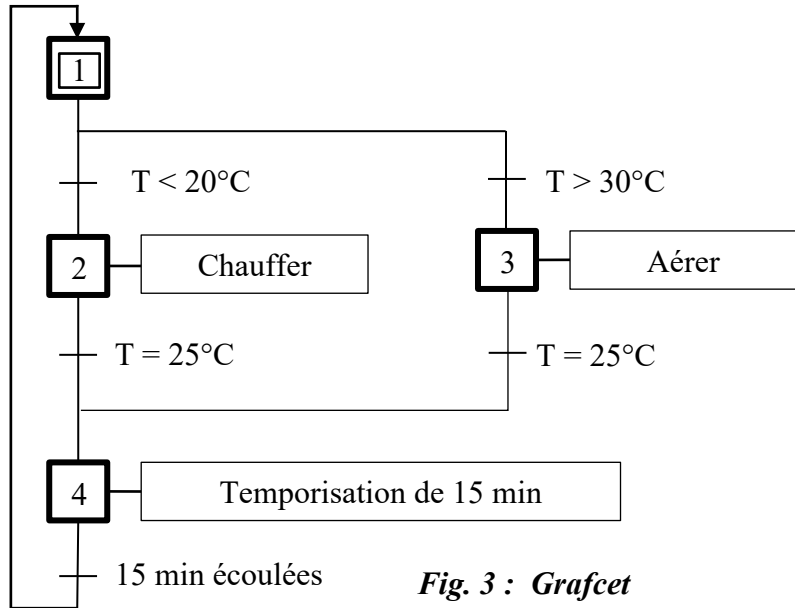
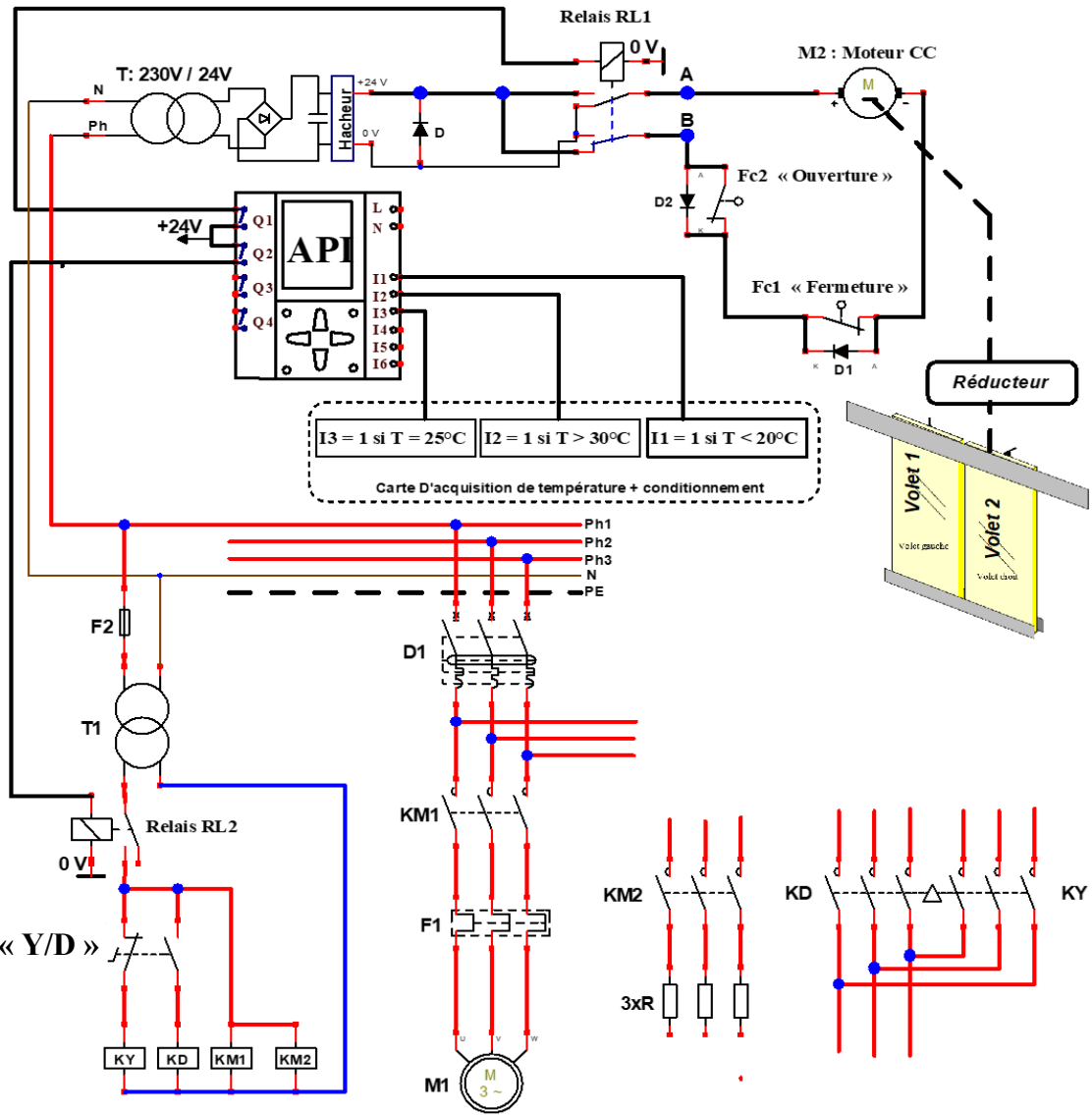


Fig. 3 : Grafcet

III. SCHÉMA DE L'INSTALLATION

La figure ci-dessous représente le schéma de câblage de l'installation (incomplet).



Commutateur « Y/D »

IV. TRAVAIL DEMANDÉ

A- DOMAINE D'ÉLECTROTECHNIQUE (sur 30 points)

I. Étude de l'aérotherme

L'aérotherme est constitué essentiellement :

- D'un moteur **M1** asynchrone triphasé ;
- De trois résistances chauffantes ;
- D'une hélice pour la ventilation de la chaleur dégagée par les trois résistances.

1) Étude du moteur M1

La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé porte les indications suivantes :

$$P_u = 1,2 \text{ kW} ; \cos \varphi = 0,85 ; \text{rendement } \eta = 0,8$$

Sachant que l'on dispose d'une source triphasée avec neutre **230 / 400V - 50 Hz**.

- Q : 1.** Calculer la puissance nominale **P_a** absorbée par le moteur. (1pt)
- Q : 2.** Calculer le courant **I_m** absorbé par le moteur. (1pt)
- Q : 3.** Calculer la puissance réactive **Q_a** consommée par le moteur. (1pt)
- Q : 4.** Calculer sa puissance apparente **S** . (1pt)

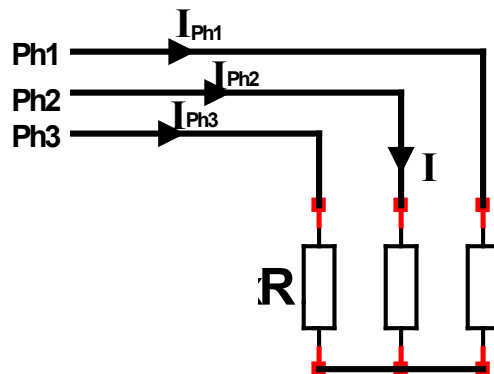
2) Étude des résistances chauffantes

Dans le but d'appréhender le comportement énergétique de l'aérotherme, on propose d'étudier son fonctionnement dans les deux modes : étoile et triangle.

Les trois résistances identiques (**$R = 10 \Omega$**) de l'aérotherme peuvent être montées en étoile ou en triangle.

On rappelle que la mise sous tension de l'aérotherme est commandée par l'automate programmable industriel, toutefois le couplage en étoile ou en triangle est manuel par action sur le commutateur « **Y/D** ».

1^{er} cas : Les résistances sont couplées en étoile (figure ci-dessous).

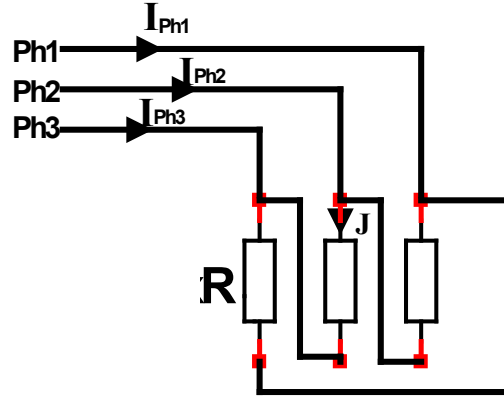


Résistances couplées en étoile

- Q : 5.** Déterminer la valeur du courant **I** . (1pt)

- Q : 6.** Déterminer la puissance $P_{\text{étoile}}$ consommée par l'ensemble des résistances chauffantes. (1pt)
Q : 7. Calculer le courant I_{ph1} dans la phase 1. (1pt)

2^{ème} cas : Les résistances sont couplées en triangle (figure ci-dessous).



Résistances couplées en triangle

- Q : 8.** Déterminer la valeur du courant J . (1pt)
Q : 9. Déterminer la puissance P_{triangle} consommée par l'ensemble des résistances chauffantes. (1pt)
Q : 10. Sachant que $P_{\text{étoile}}$ vaut 15870 W , déterminer le rapport $\frac{P_{\text{triangle}}}{P_{\text{étoile}}}$ (1pt)
Q : 11. Conclure. (1pt)

Le passage du couplage en étoile au couplage en triangle est assuré manuellement par le commutateur «Y/D»

- Q : 12.** Compléter le schéma de puissance. (4pts)

II. Étude du moteur M2 des volets et de sa commande

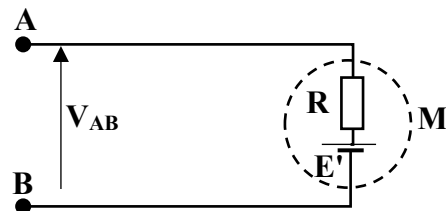
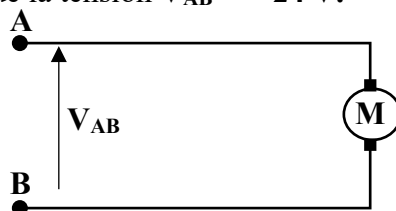
Le moteur permettant l'ouverture et la fermeture des volets d'aération est un moteur à courant continu à aimant permanent.

Les caractéristiques du moteur sont :

Tension nominale $V = 24 \text{ V}$, résistance de l'induit $R = 0,22 \Omega$, vitesse nominale de rotation $n_N = 3000 \text{ tr/min}$, rendement $\eta = 0,95$

1) Étude des caractéristiques électromécaniques du moteur M2

On admet par la suite que la tension $V_{AB} = +24 \text{ V}$.



La relation qui lie la vitesse de rotation du moteur « n » (en tr/min) à sa force contre-électromotrice « E' » :

$$E' = k \cdot n, \text{ avec } k = 0,0075 \text{ V}/(\text{tr}/\text{min}) ; n \text{ en tr}/\text{min} \text{ et } E' \text{ en Volt.}$$

En fonctionnement nominal :

- Q : 13.** Calculer la force contre-électromotrice E' du moteur. (1pt)
- Q : 14.** Calculer le courant nominal I_N du moteur. (1pt)
- Q : 15.** En déduire la puissance P_e électrique absorbée par le moteur. (1pt)
- Q : 16.** Calculer la puissance mécanique P_m disponible sur l'arbre du moteur. (1pt)

Le moteur agit sur les volets à travers un réducteur mécanique qui a un rapport de réduction $r = 0,005$.

La course maximale des volets est $C = 120 \text{ cm}$ (Voir **document ressources : N°2**).

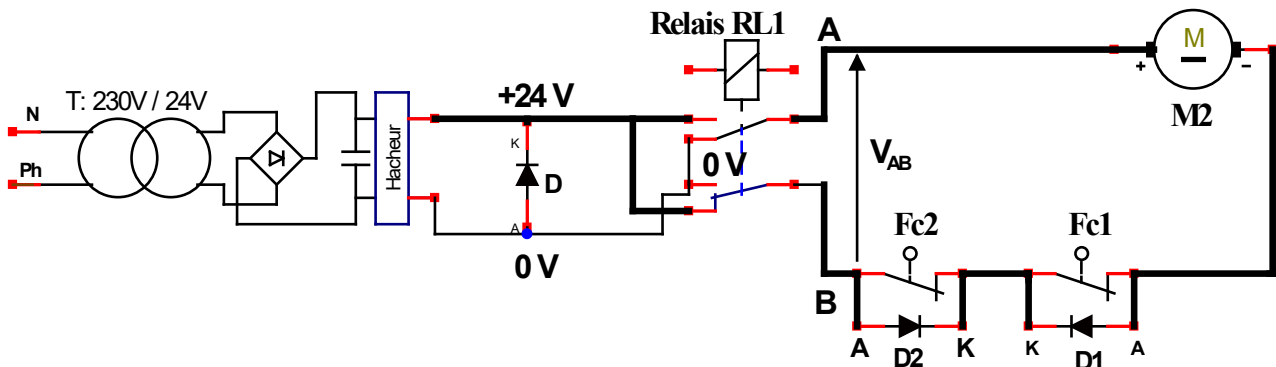
- Q : 17.** Calculer la vitesse de rotation n_r à la sortie du réducteur en tr/min. (1pt)

Pour un déplacement des volets à la vitesse $v = 0,15 \text{ m/s}$:

- Q : 18.** Calculer la durée d'ouverture t_o des volets (ou de fermeture t_f) en secondes. (1,5pt)

Afin de pouvoir varier la vitesse d'ouverture et de fermeture des volets, le moteur **M2** est alimenté par une tension continue dont la valeur moyenne $\langle v_{AB} \rangle$ varie entre $\langle v_{AB} \rangle_{\min}$ et $\langle v_{AB} \rangle_{\max}$.

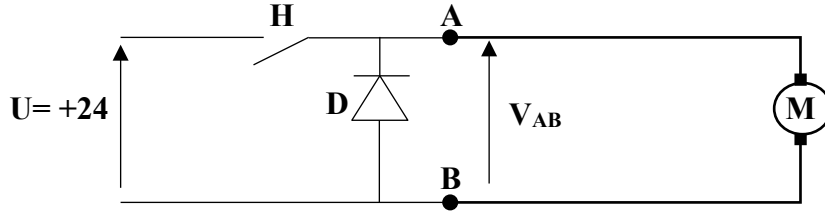
La variation de la tension moyenne $\langle v_{AB} \rangle$ est réalisée par un hacheur figure ci-dessous.



2) Étude du hacheur

Le schéma équivalent du montage (pour $V_{AB} = +24 \text{ V}$; Relais **RL1** excité) est donné ci-dessous :

- **H** est un interrupteur parfait à commande électronique ;
- **D** est une diode parfaite ;
- $f = 500 \text{ Hz}$ est la fréquence du hachage et T sa période.
- α est le rapport cyclique avec $0 \leq \alpha \leq 1$



Fonctionnement :

- L'interrupteur **H** est fermé entre 0 et $\alpha \cdot T$;
- L'interrupteur **H** est ouvert entre $\alpha \cdot T$ et T .

- Q : 19.** Indiquer la fonction de la diode **D** en cochant la bonne réponse. (1pt)
- Q : 20.** Représenter l'allure de la tension V_{AB} sur deux périodes. (1,5pt)
- Q : 21.** Donner l'expression de la tension moyenne $\langle v_{AB} \rangle$ en fonction de α et U . (1pt)
- Q : 22.** Pour les valeurs limites du rapport α ($\alpha_{\min} = 0,4$; $\alpha_{\max} = 1$), calculer alors les valeurs limites $\langle v_{AB} \rangle_{\min}$ et $\langle v_{AB} \rangle_{\max}$ de la tension moyenne $\langle v_{AB} \rangle$. (1pt)

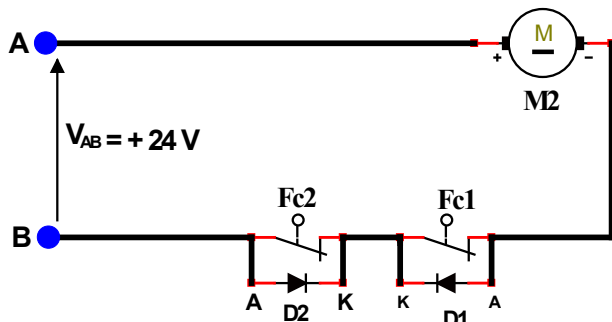
3) Analyse du circuit de commande

La commande de la marche avant ou la marche arrière du moteur d'une paire de volets est assurée par l'API. Les limites des courses des volets sont contrôlées par deux "fin de course" **Fc1** et **Fc2** associés à deux diodes **D1** et **D2** (Figures ci-dessous).

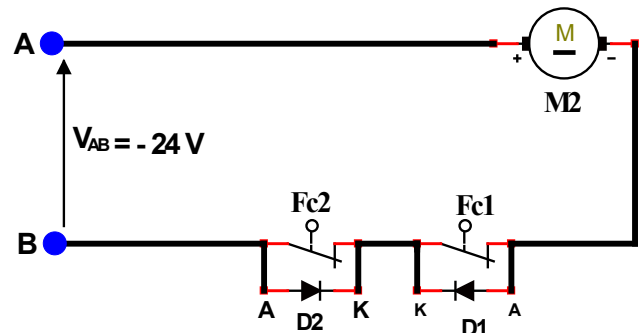
La disposition des « fin de course » est indiquée dans le **Document ressources : N°2**

On admet que

- Si V_{AB} est positive ($V_{AB} > 0$), le moteur tourne en marche avant (Ouverture des volets) ;
- Si V_{AB} est négative ($V_{AB} < 0$), le moteur tourne en marche arrière (Fermeture des volets).



$V_{AB} > 0$: Ouverture des volets



$V_{AB} < 0$: Fermeture des volets

Q : 23. Compléter les 2 tableaux de fonctionnement du circuit dans les deux cas ($V_{AB} > 0$ et $V_{AB} < 0$) en utilisant les termes suivants : (4pts)

- Pour chaque diode indiquer si elle est : "Bloquée", "Passante" ou "court-circuitée".
- Pour le moteur, indiquer son état par 0 ou 1 (0 : état inactif ; 1 : état actif) pour :
 "Marche Avant", "Marche Arrière" ou "Arrêt".

B- DOMAINE DES AUTOMATISMES (sur 10 points)

Commande par API

A partir :

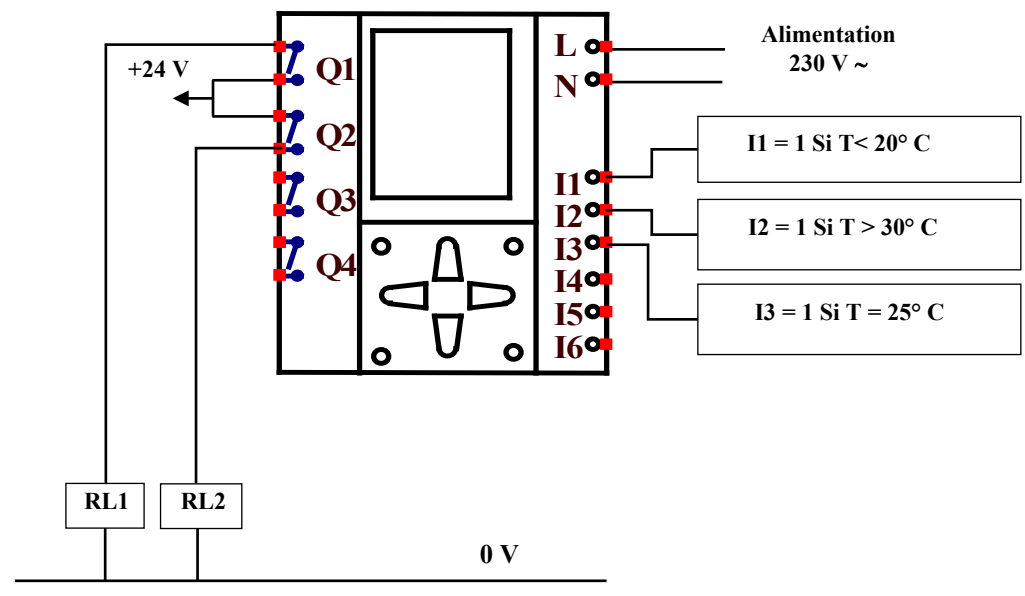
- Du Grafcet point de vue système et du schéma de l'installation (page 3) ;
- De la configuration matérielle de le l'API (page 9) ;
- Du tableau des affectations des variables entrées / sorties (page 9) ;
- De la démarche de traduction d'un Grafcet en langage LADDER (page 9).

Q : 24. Compléter le Grafcet point de vue API. (6pts)

Q : 25. Compléter le programme Ladder correspondant. (Vous pouvez utiliser une autre démarche valide pour traduire le Grafcet en Ladder). (4pts)

Document ressources : N°1

▪ Configuration matérielle de l'API :



▪ Tableau des affectations des variables d'entrées / sorties

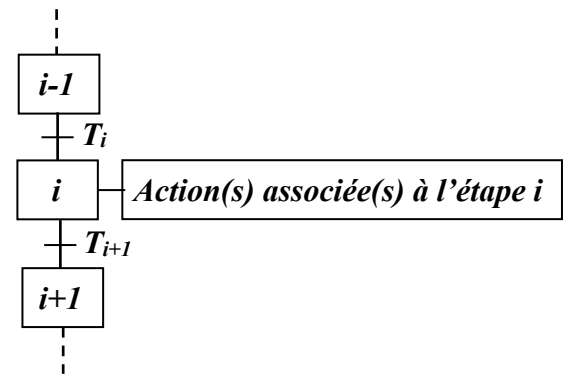
Entrées		Sorties	
Contact du capteur	Entrée API	Pré-actionneur	Sortie API
Capteur de température $T < 20^{\circ}\text{C}$	I1	Relais RL1	Q1
Capteur de température $T > 30^{\circ}\text{C}$	I2	Relais RL2	Q2
Capteur de température $T = 25^{\circ}\text{C}$	I3		

▪ Une démarche de traduction d'un GRAFCET en Ladder :

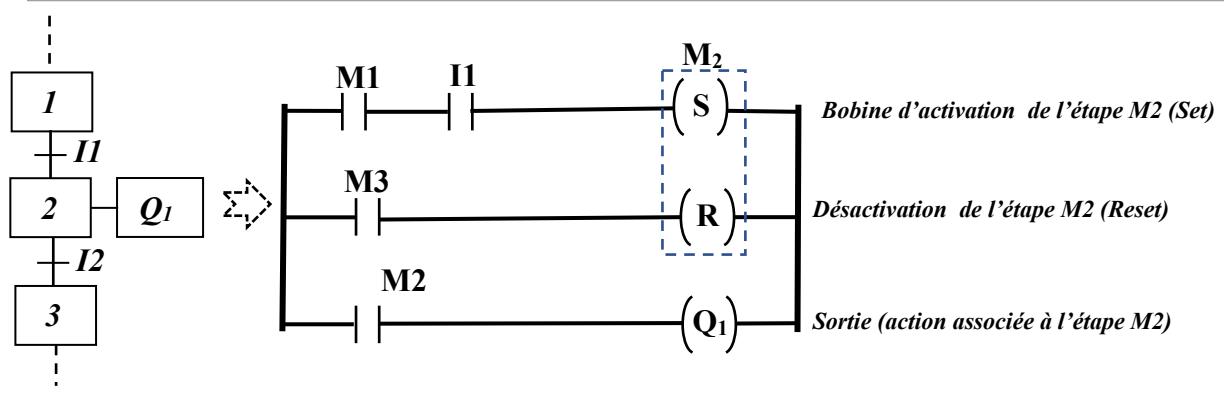
L'étape i est matérialisée par une case mémoire M_i .

L'étape i est :

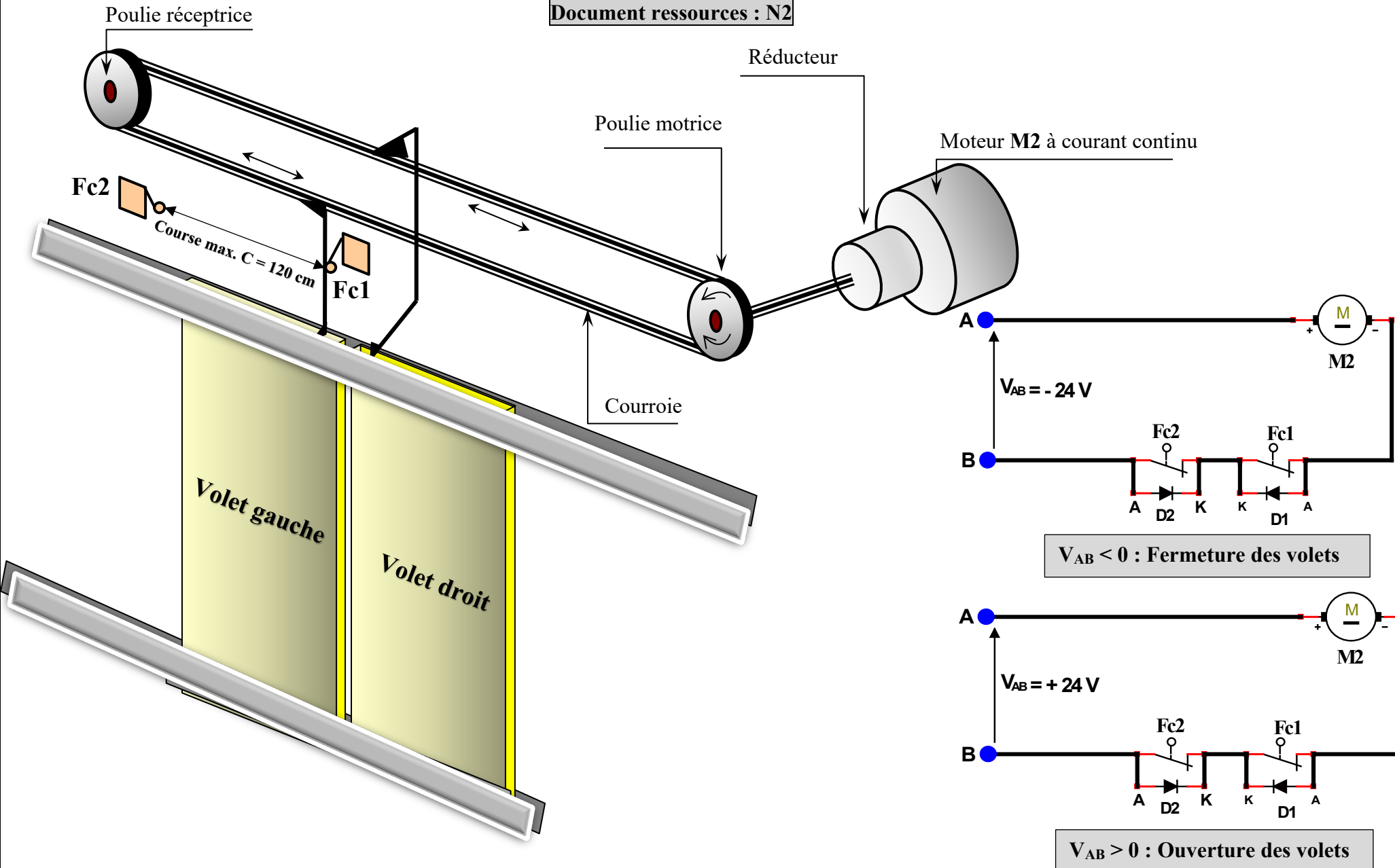
- Activée par l'étape $i-1$ et la réceptivité T_i
- Désactivée par l'étape $i+1$



Exemple :



Document ressources : N2



Q 1.

Document réponses : N°1

Q 2.

Q 3.

Q 4.

Q 5.

Q 6.

Q 7.

Document réponses : N°2

Q 8.

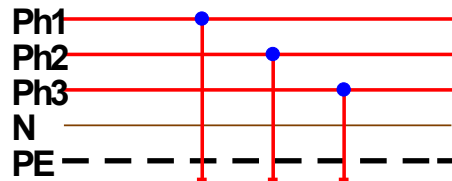
Q 9.

Q 10.

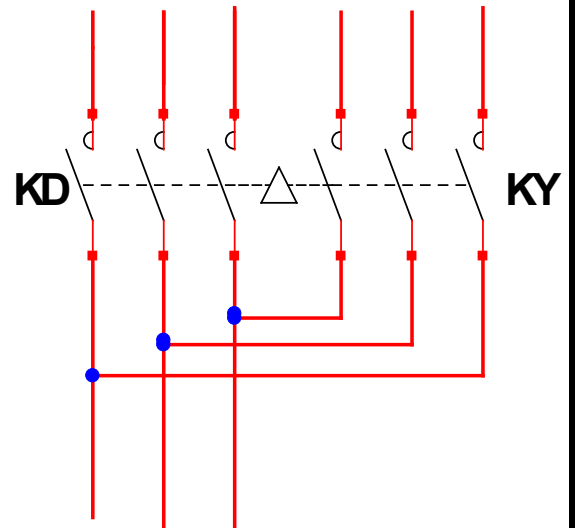
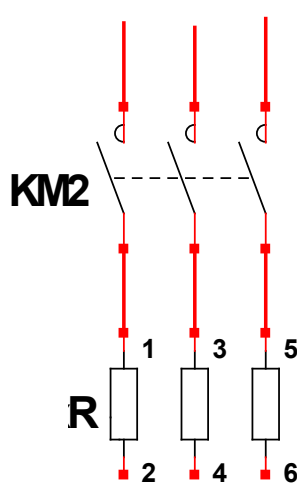
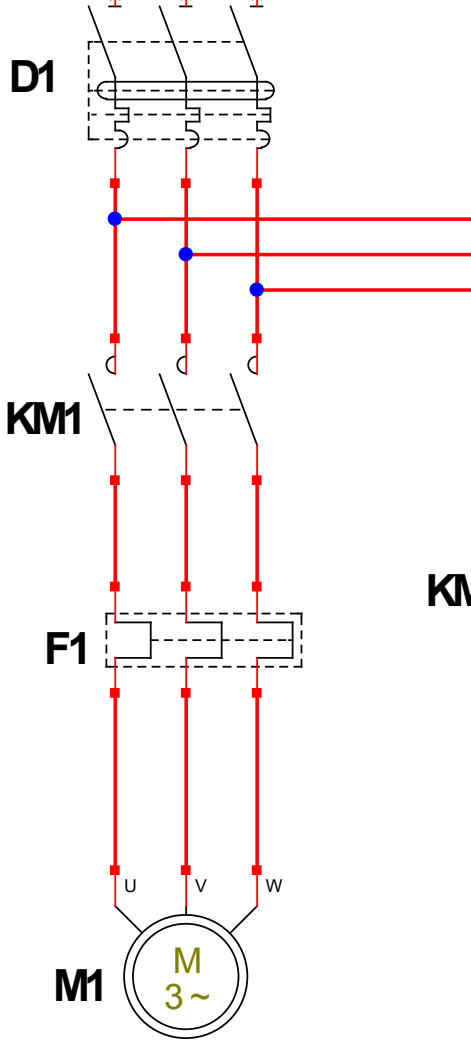
Q 11.

Document réponses : N°3

Q 12.



KM2 : Contacteur de ligne pour les résistances
 KD : Contacteur couplage Triangle
 KY : Contacteur couplage Etoile



Q 13.

Q 14.

Q 15.

Document réponses : N°4

Q 16.

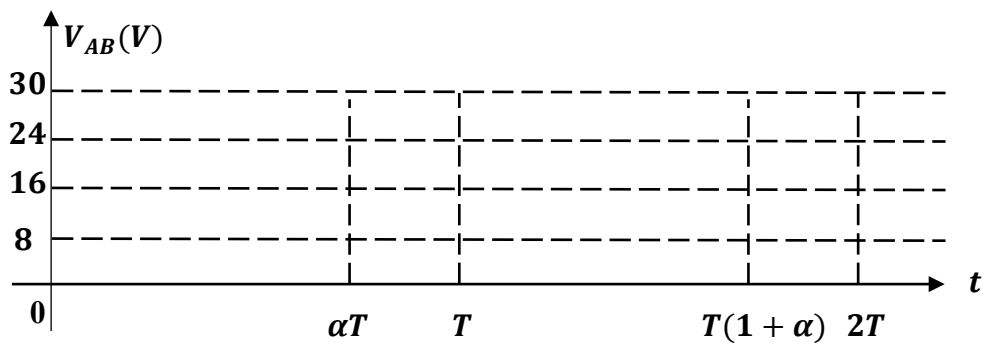
Q 17.

Q 18.

Q 19.

<input type="checkbox"/>	Protéger le moteur	<input type="checkbox"/>	Redresser la tension U
<input type="checkbox"/>	Lisser le courant	<input type="checkbox"/>	Récupérer l'énergie emmagasinée par le circuit inductif du moteur

Q 20.



Q 21.

Document réponses : N°5

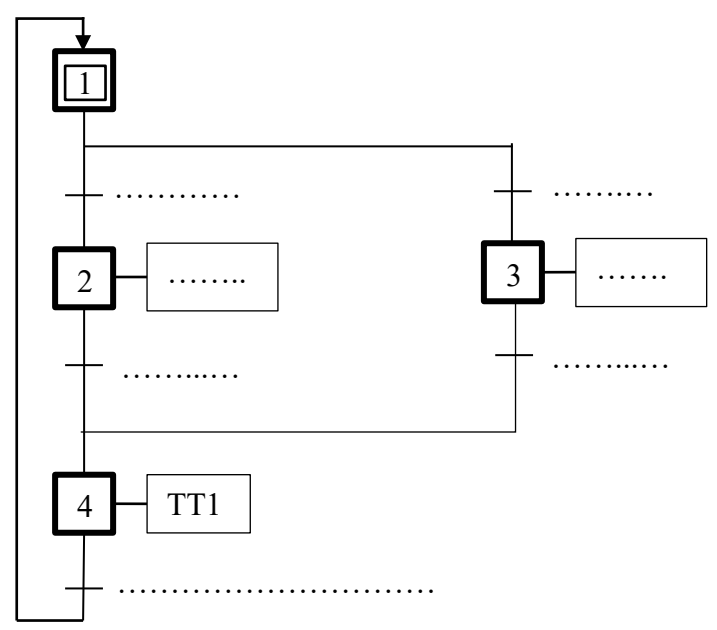
Q 22.

Q 23.

$V_{AB} > 0$: Ouverture des volets	Fc1	Fc2	D1	D2	Moteur M2		
					Marche Avant	Marche Arrière	Arrêt
Ouvert	Fermé	.....	Court-circuitée	.....	.....	.....
Fermé	Fermé	Court-circuitée	Court-circuitée	1	0	0	
Fermé	Ouvert	Court-circuitée	.....	.....	.....	.....

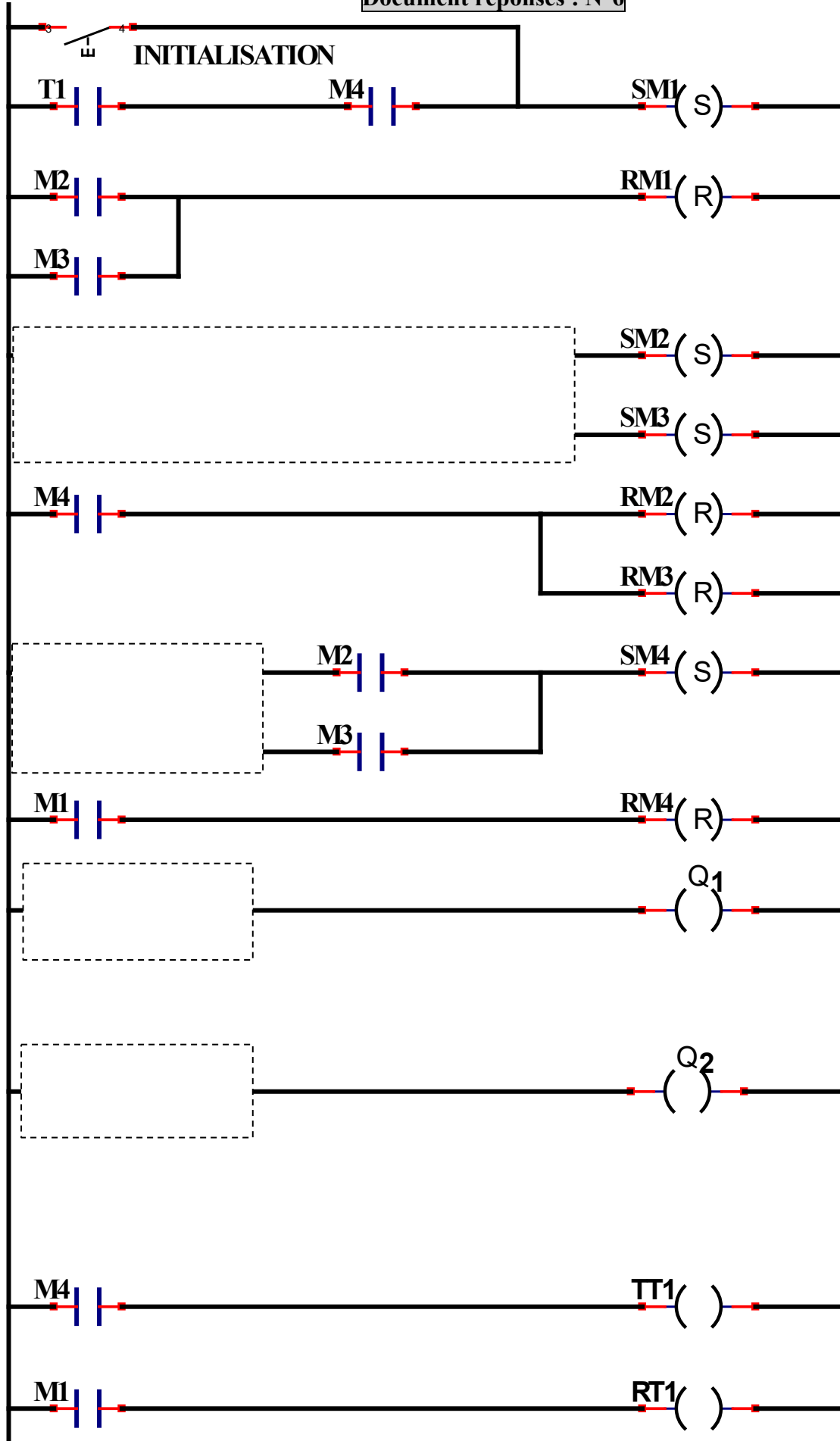
$V_{AB} < 0$: Fermeture des volets	Fc1	Fc2	D1	D2	Moteur M2		
					Marche Avant	Marche Arrière	Arrêt
Fermé	Ouvert	.....	Passante	.....	.....	.....
Fermé	Fermé	Court-circuitée	Court-circuitée	0	1	0	
Ouvert	Fermé	Bloquée	.....	.....	.....	.....

Q 24.



Document réponses : N°6

Q 25.



الصفحة : 1 على 5	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية الدورة العادية 2022		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوطني للتقويم والامتحانات	
	PPPPPPPPPPPPPPPPPPPPPP	***I	- عناصر الإجابة -	NR 214A

10	المعامل	4h	مدة الإنجاز	اختبار توليفي في المواد المهنية - الجزء الأول شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الصيانة الصناعية	المادة الشعبة والمسلك
----	---------	----	-------------	--	--------------------------

Q 1.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \rightarrow P_a = \frac{P_u}{\eta} \quad 0,75pt$$

$$P_a = \frac{1,2}{0,8} = 1,5 \text{ kW} \quad 0,25pt$$

Q 2.

$$P_a = U \cdot I_m \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \rightarrow I_m = \frac{P_a}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} \quad 0,75pt$$

$$= \frac{1500}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85} = 2,54A$$

$$I_m = 2,54 A \quad 0,25pt$$

Q 3.

$$Q_a = U \cdot I_m \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \varphi \rightarrow U \cdot I_m \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{(1 - \cos^2 \varphi)} \quad 0,75pt$$

$$Q_a = 400 \cdot 2,54 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{(1 - 0,85^2)} = 927 \text{ Var}$$

$$Q_a = 927 \text{ Var} \quad 0,25pt$$

Q 4.

$$S^2 = P^2 + Q^2 \rightarrow S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad 0,75pt \quad \text{Ou autres formules valides.}$$

$$S = \sqrt{1500^2 + 927^2} = 1763,32 \text{ VA}$$

$$S = 1763,32 \text{ VA} \quad 0,25pt$$

Q 5.

$$I = \frac{V}{R} \quad 0,75pt$$

$$I = \frac{230}{10} = 23 A \quad 0,25pt$$

Q 6.

$$P_{\text{étoile}} = 3 \cdot R \cdot I^2 \quad 0,75pt$$

$$P_{\text{étoile}} = 3 \cdot 10 \cdot 23^2 = 15870 \text{ W} \quad 0,25pt$$

Q 7.

$$I_{ph1} = I = 23A \quad 1pt$$

Q 8.

0,75pt

0,25pt

$$J = \frac{U}{R}$$

$$J = \frac{400}{10} = 40 A$$

Q 9.

$$P_{triangle} = 3 \cdot R \cdot J^2 \quad 0,75pt$$

$$P_{triangle} = 3 \cdot 10 \cdot 40^2 = 48000 W \quad 0,25pt$$

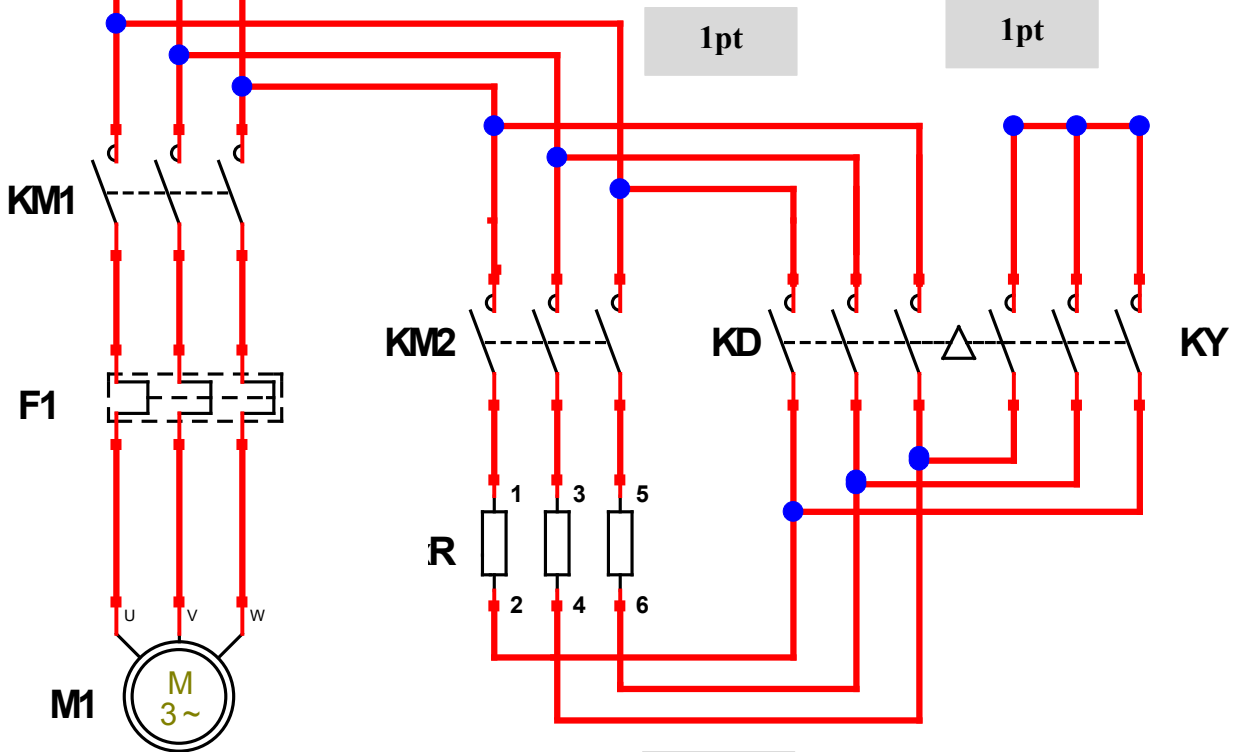
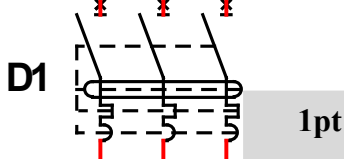
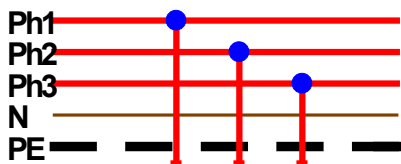
Q 10.

$$\frac{P_{triangle}}{P_{étoile}} = \frac{48000}{15870} = 3,02 \quad 1pt$$

Q 11.

Conclure : En triangle, la puissance **thermique** dissipée par les résistances est trois fois supérieure à celle dissipée en étoile

Q 12.



Q 13.

$$E' = k \cdot n$$

$$E' = 0,0075 \cdot 3000 = 22,5 \text{ V}$$

Q 14.

$$V_{AB} = E' + RI_N$$

$$I_N = \frac{V_{AB} - E'}{R}$$

$$I_N = \frac{24 - 22,5}{0,22} = 6,81 \text{ A}$$

0,75pt

0,25pt

Q 15.

$$P_e = V_{AB} \cdot I_N$$

$$P_e = 24 \cdot 6,81 = 163,44 \text{ W}$$

0,75pt

0,25pt

Q 16.

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} \rightarrow P_m = \eta \cdot P_e$$

$$P_m = 0,95 \cdot 163,44 = 155,26 \text{ W}$$

0,75pt

0,25pt

Q 17.

$$r = \frac{n_r}{n_N} \rightarrow n_r = r \cdot n_N$$

$$n_r = 0,005 \cdot 3000 = 15 \text{ tr/min}$$

0,75pt

0,25pt

Q 18.

$$t_0 = t_F = \frac{C}{v}$$

$$t_0 = t_F = \frac{120}{15} = 8 \text{ s}$$

1pt

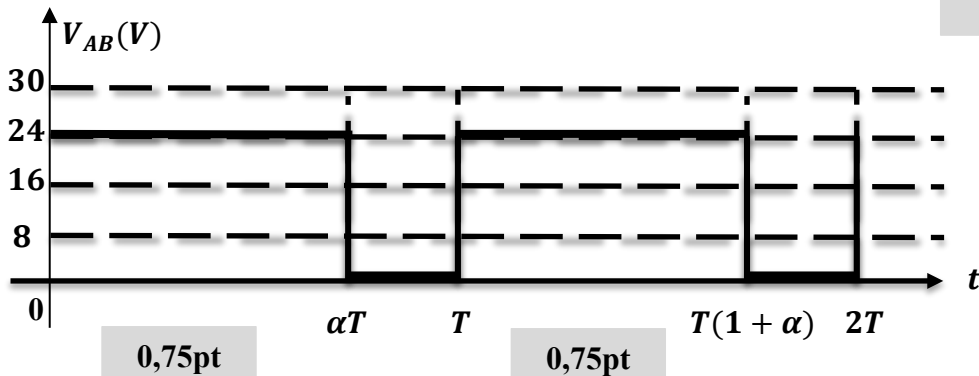
0,5pt

Q 19.

<input type="checkbox"/> Protéger le moteur	<input type="checkbox"/> Redresser la tension U
<input type="checkbox"/> Lisser le courant	<input checked="" type="checkbox"/> Récupérer l'énergie emmagasinée par le circuit inductif du moteur

1pt

Q 20.



0,75pt

0,75pt

Q 21.

1pt

$$\langle v_{AB} \rangle = \frac{\alpha T}{T} \cdot U = \alpha \cdot U$$

Q 22.

$$\langle v_{AB} \rangle_{min} = U \cdot \alpha_{min} = 24 \cdot 0,4 = 9,6V$$

0,5pt

$$\langle v_{AB} \rangle_{max} = U \cdot \alpha_{max} = 24 \cdot 1 = 24V$$

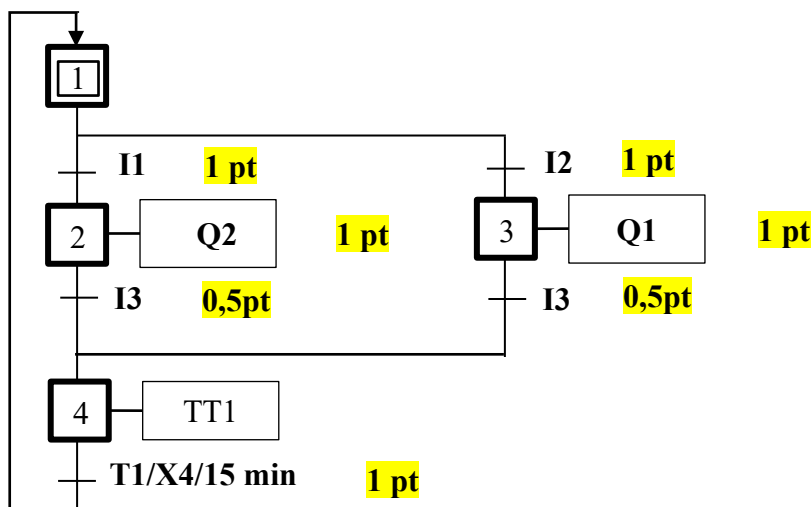
0,5pt

Q 23. 0,25pt Par bonne réponse (0,25pt x 16)

V _{AB} > 0 : Ouverture des volets	Fc1	Fc2	D1	D2	Moteur M2		
					Marche Avant	Marche Arrière	Arrêt
	Ouvert	Fermé	Passante	Court-circuitée	1	0	0
Fermé	Fermé	Court-circuitée	Court-circuitée	1	0	0	
Fermé	Ouvert	Court-circuitée	Bloquée	0	0	1	

V _{AB} < 0 : Fermeture des volets	Fc1	Fc2	D1	D2	Moteur M2		
					Marche Avant	Marche Arrière	Arrêt
	Fermé	Ouvert	Court-circuitée	Passante	0	1	0
Fermé	Fermé	Court-circuitée	Court-circuitée	0	1	0	
Ouvert	Fermé	Bloquée	Court-circuitée	0	0	1	

Q 24.



Q 25.



الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2022 - عناصر الإجابة
مادة: اختبار توليفي في المواد المهنية - الجزء الأول - شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الصيانة الصناعية

NR 214A

الصفحة : 5 على 5