

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية

الدورة العادية 2018
-الموضوع-

NS214A

ⵜⴰⴳⴷⴰⵏⵜ ⵏ ⵍⵎⵎⵓⵔ
ⵏ ⵉⵔⵉⵔⵉ ⵏ ⵍⵎⵎⵓⵔ
ⵏ ⵉⵔⵉⵔⵉ ⵏ ⵍⵎⵎⵓⵔ
ⵏ ⵉⵔⵉⵔⵉ ⵏ ⵍⵎⵎⵓⵔ



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

المركز الوطني للتقويم والامتحانات
والتوجيه

4	مدة الإنجاز	الاختبار التوليقي في المواد المهنية – الجزء الأول (الفترة الصباحية)	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الصيانة الصناعية	الشعبة أو المسلك

☞ Le sujet comporte au total 13 pages et 2 types de documents :

- Pages 02 à 07 : Socle du sujet (Couleur Jaune).
- Pages 08 à 13 : Documents réponses **Doc. Rép.** (Couleur Blanche).

Le sujet traite 4 sous-domaines :

- **Sous-domaine1 : INSTALLATION ET DÉPANNAGE DES MOTEURS A COURANT ALTERNATIF**
 - Partie 1 : Étude du moteur asynchrone (18 points)
 - Partie 2 : Étude de démarrage du moteur asynchrone (18,5 points)
- **Sous-domaine2 :**
 - Partie 3 (Systèmes automatisés, programmation des API) (15.5 points)
- **Sous-domaine3 : INSTALLATION ET DÉPANNAG DES MOTEURS À COURANT CONTINU**
 - Partie 4 : Étude du moteur série (10 points)
- **Sous-domaine4 : COMMANDE ÉLECTRONIQUE DES MOTEURS**
 - Partie 5 : Étude d'un redresseur monophasé non commandé (18 points)

Les parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture du sujet.

La numérotation des questions est continue : de la question N° 1 à la question N° 29.

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.

☞ Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses.

☞ Les pages portant en haut la mention **Doc. Rép.** (Couleur Blanche) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.

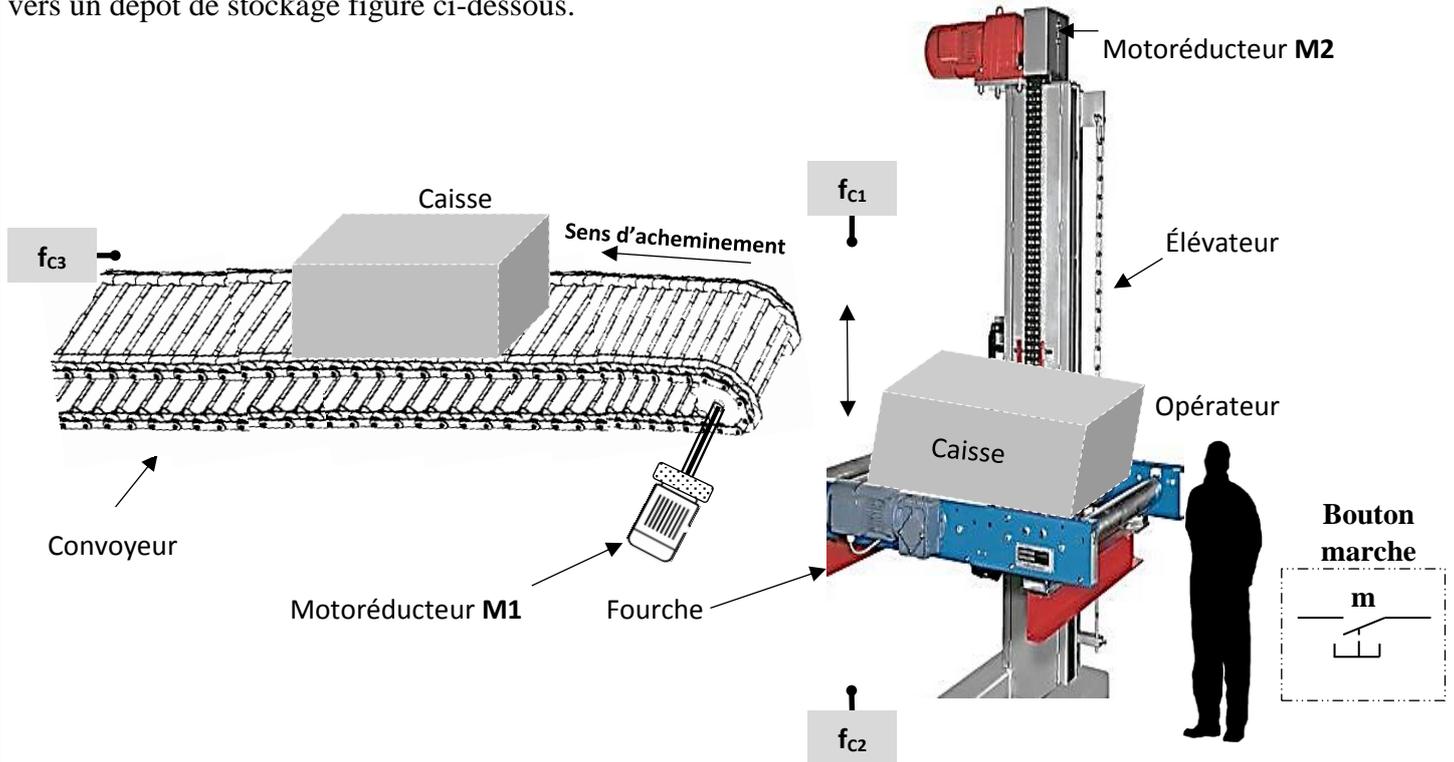
☞ Le sujet est noté sur 80 points.

☞ Aucun document n'est autorisé.

☞ Sont autorisées les calculatrices non programmables.

I- INTRODUCTION :

Dans une entreprise de manutention on utilise un système qui permet à l'opérateur de déplacer de grosses caisses vers un dépôt de stockage figure ci-dessous.



II-DESCRIPTION :

Le système comporte un convoyeur et un élévateur.

Le convoyeur est constitué de :

- Un motoréducteur **M1** : Moteur asynchrone triphasé à un seul sens de marche associé à un réducteur ;
- Un capteur de fin de course **fc3** détecte l'arrivée de la caisse dans le dépôt de stockage ;
- Une lampe de signalisation : **Hc** (signale la rotation du convoyeur)

L'élévateur est constitué de :

- Un motoréducteur **M2** : Moteur asynchrone triphasé à deux sens de marche associé à un réducteur ;
- Deux capteurs de fin de course **fc1** et **fc2** détectent respectivement les limites haute et basse de la fourche ;
- Deux lampes de signalisation : **Hm** (montée de la fourche), **Hd** (descente de la fourche).

III- FONCTIONNEMENT :

Deux modes de fonctionnement possibles :

1. Mode semi-automatique :

- Les deux moteurs **M1** et **M2** sont commandés chacun par des boutons poussoirs marche et arrêt.

2. Mode automatique :

En position initiale la fourche de l'élévateur est en position basse (action de **fc2**) et le convoyeur est à l'arrêt. La caisse est mise sur la fourche de l'élévateur, puis l'opérateur appuie sur le bouton poussoir **m**, l'élévateur soulève la caisse jusqu'au niveau du convoyeur (action de **fc1**) et s'arrête, après une temporisation (réglable), le temps nécessaire pour mettre la caisse sur le convoyeur, le moteur **M1** se met en marche pour acheminer la caisse vers le dépôt de stockage et en même temps la fourche de l'élévateur descend en position basse et le cycle est achevé.

Sous-domaine1 : INSTALLATION ET DEPANNAGE DES MOTEURS A COURANT ALTERNATIF

Partie 1 : Étude du moteur asynchrone (18 points)

On s'intéresse au moteur asynchrone triphasé **M1** hexapolaire (**6 pôles**) à cage d'écureuil qui entraîne le convoyeur, il est alimenté par le réseau triphasé **230 / 400 V ; 50 Hz**.

Parmi les indications portées sur la plaque signalétique on peut lire :

Δ : 400 V	Y : 690V
------------------	-----------------

En fonctionnement nominal :

- La résistance **R** entre deux bornes du stator est **R = 0,8 Ω**.
- Le glissement est **g = 6%**
- Les pertes collectives **Pc = Pfs + Pm = 1100 W** avec **Pfs = Pm**.
- On a mesuré la puissance active **P** et reactive **Q**, les résultats sont : **P = 12300 W** et **Q = 8300 Var**.

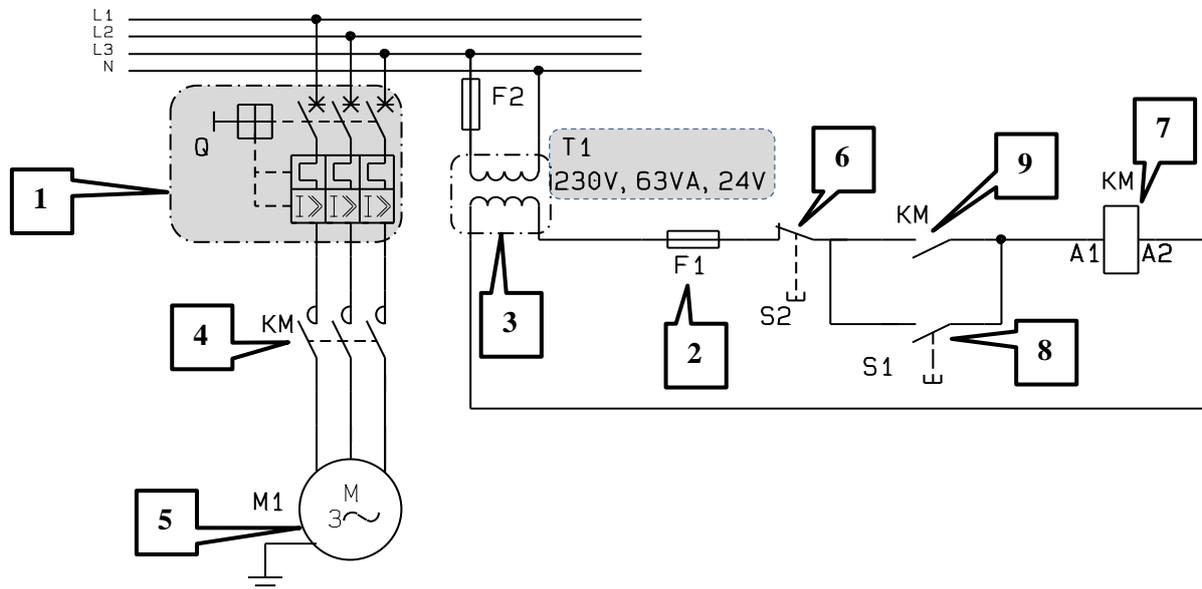
- Q : 1.** Déterminer le couplage des enroulements du stator, justifier votre réponse. [2 pts]
- Q : 2.** Représenter le branchement de la plaque à bornes du moteur. [2 pts]
- Q : 3.** Déterminer la fréquence de synchronisme **Ns** en tr/min. [2 pts]

En fonctionnement nominal du moteur :

- Q : 4.** Calculer la valeur de l'intensité **I** du courant en ligne. [2 pts]
- Q : 5.** Calculer le facteur de puissance **fp**. [2 pts]
- Q : 6.** Calculer les pertes par effet Joule au stator **Pjs**. [2 pts]
- Q : 7.** Déterminer la vitesse de rotation du rotor **Nr** en tr/min. [2 pts]
- Q : 8.** Déterminer les pertes par effet Joule **Pjr** dans le rotor. [2 pts]
- Q : 9.** En déduire la puissance utile **Pu** de ce moteur ainsi que le couple utile **Tu**. [2 pts]

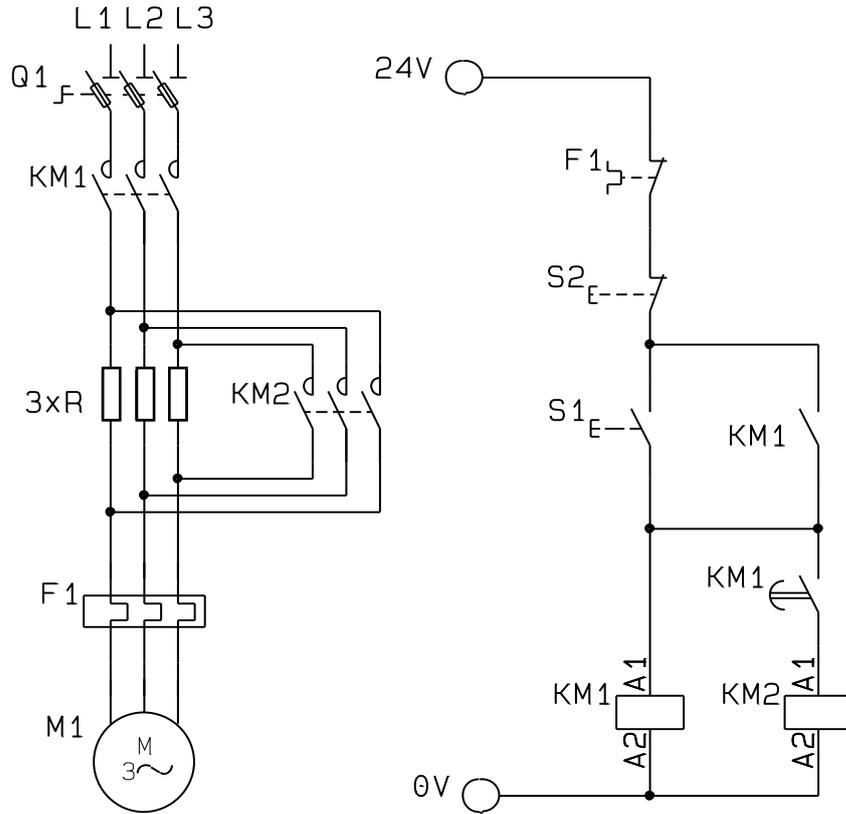
Partie 2 : Étude de démarrage du moteur asynchrone (18,5 pts)

La figure ci-dessous donne le schéma câblé de démarrage direct pour un seul sens de marche du moteur asynchrone triphasé **M1** en mode semi-automatique.



- Q : 10. Indiquer sur le tableau, le nom et la fonction de chaque repère. [4,5 pts]
 Q : 11. Compléter le tableau en précisant les paramètres du transformateur T1 (repère 3),. [3 pts]
 Q : 12. Calculer les valeurs nominales des courants I1 et I2 du transformateur T1. [2 pts]

Afin de limiter l'intensité de démarrage de ce moteur, on réalise un démarrage en 2 temps. Le schéma de câblage correspondant est donné ci-dessous :

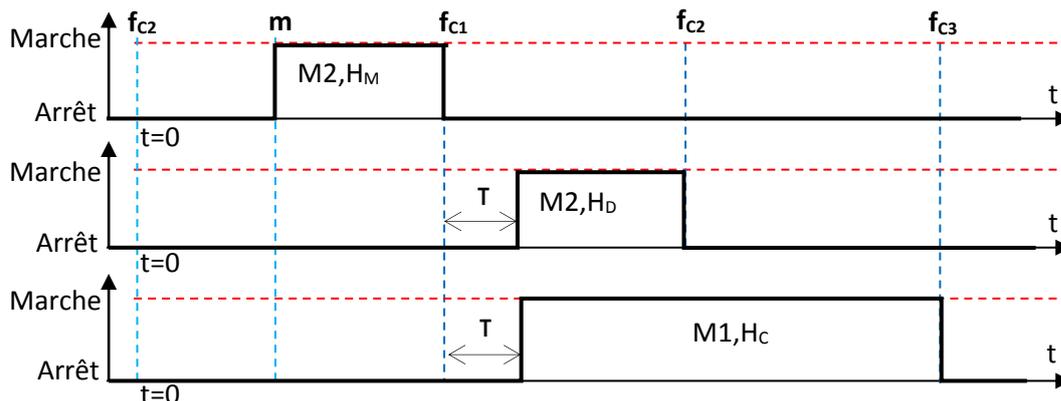


- Q : 13. De quel type de démarrage s'agit-il ? [2 pts]
 Q : 14. Expliquer brièvement le principe de fonctionnement de ce schéma. [3 pts]
 Q : 15. Compléter les schémas de puissances séparément du 1^{er} et du 2^{ème} temps de démarrage du moteur. [4 pts]

Sous-domaine2 : Partie 3 (Systèmes automatisés, programmation des API) (15.5 points)

En mode automatique le système est géré par un Automate Programmable Industriel (API).

Le fonctionnement désiré est décrit par le chronogramme suivant (se référer aux documents **Ressource 1** et **Ressource 2**) (pages 6 et 7) :



- Q : 16. Compléter le Grafcet point de vue commande. [3 pts]
- Q : 17. Compléter le Grafcet point de vue automate programmable industriel. [3,5 pts]
- Q : 18. Dédire les équations d'activations et de désactivations des étapes du Grafcet point de vue automate programmable industriel (API) [5 pts]
- Q : 19. Compléter le programme LADDER correspondant en utilisant la démarche de traduction d'un Grafcet en langage LADDER ou autre méthode valide que vous connaissez. [4 pts]

Sous-domaine3 : INSTALLATION ET DEPANNAGE DES MOTEURS À COURANT CONTINU

Partie 4 : Étude du moteur série (10 points)

Un moteur à excitation série destiné à la traction ferroviaire, possède les caractéristiques nominales suivantes :

- Tension d'alimentation continue $U = 1200V$
- Courant absorbé $I = 510 A$.
- Puissance utile $P_u = 500 kW$.
- La résistance globale de l'induit et de l'inducteur est $R = 0,215 \Omega$.
- Les pertes joules sont identiques aux pertes mécaniques ($P_j = P_m$).

On vous demande de calculer au point nominal :

- Q : 20. La f.é.m. E correspondante. [2 pts]
- Q : 21. La puissance électrique P fournie au moteur. [2 pts]
- Q : 22. La puissance électromagnétique P_e . [2 pts]
- Q : 23. La valeur globale des pertes par effet joule P_j , en déduire les pertes mécaniques P_m . [2 pts]
- Q : 24. Le rendement η du moteur ? [2 pts]

Sous-domaine4 : COMMANDE ELECTRONIQUE DES MOTEURS

Partie 5 : Étude d'un redresseur monophasé non commandé (18 points)

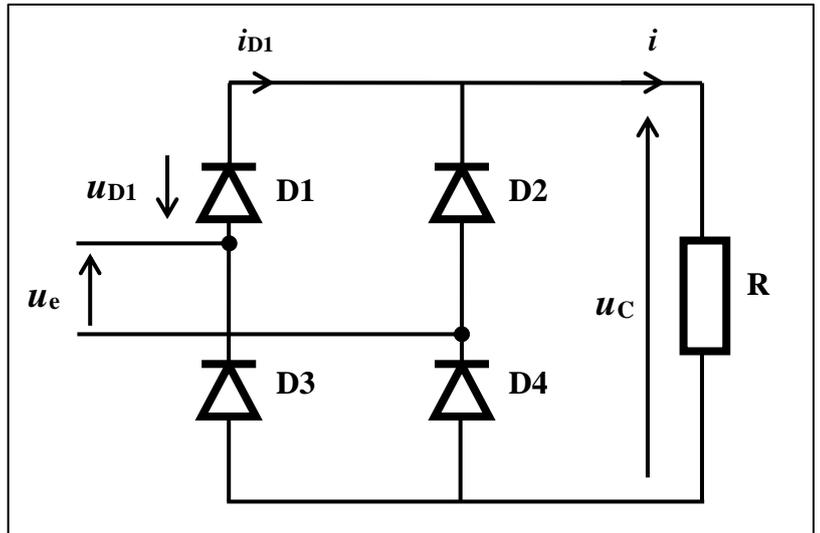
INTRODUCTION

Le schéma de principe d'un redresseur monophasé double alternance alimentant une charge résistive est donné ci-contre :

On suppose que les diodes sont parfaites.

On donne :

- $u_e(t) = 34 \cdot \sin(314 \cdot t)$
- $I_{D1max} = 1,7 A$;
- La charge est résistive de valeur $R = 20 \Omega$.



- Q : 25. Préciser, en bas du graphe, les diodes qui conduisent. [2 pts]
- Q : 26. Représenter les chronogrammes des tensions $u_c(t)$, $u_{D1}(t)$ et du courant $i_{D1}(t)$. [6 pts]
- Q : 27. Calculer la fréquence f_c de la tension $u_c(t)$. [2 pts]
- Q : 28. Calculer la valeur efficace U_e de la tension d'entrée u_e . [2 pts]
- Q : 29. Calculer la valeur moyenne $\langle u_c \rangle$ de la tension $u_c(t)$, en déduire la valeur moyenne $\langle i \rangle$ du courant $i(t)$, circulant dans la résistance R . [6 pts]

Ressource 1

AFFECTATION DES ENTREES/SORTIES DE L'API

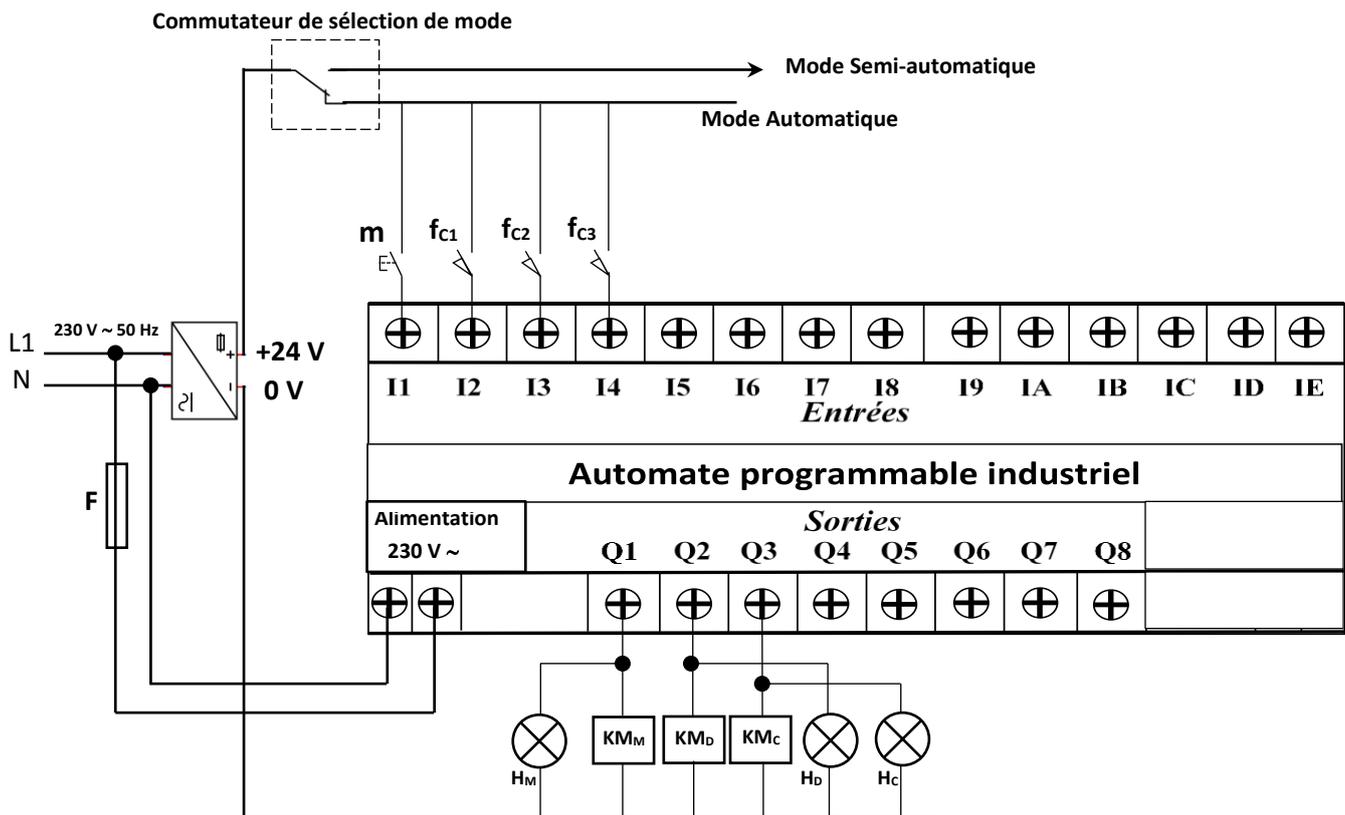
Affectation des entrées

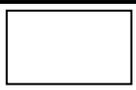
Information	Capteur	Entrée API
Départ cycle	m	I1
Arrivée de la fourche en position haute (niveau convoyeur)	fc1	I2
Arrivée de la fourche en position basse	fc2	I3
Arrivée de la caisse dans le dépôt de stockage	fc3	I4

Affectation des sorties

Action	Pré-actionneur	Actionneur	Sortie API
Moteur M2 tourne en sens « Montée » et signalisation	KM _M	M2, H _M	Q1
Moteur M2 tourne en sens « Descente » et signalisation	KM _D	M2, H _D	Q2
Rotation du moteur M1 et signalisation	KM _C	M1, H _C	Q3

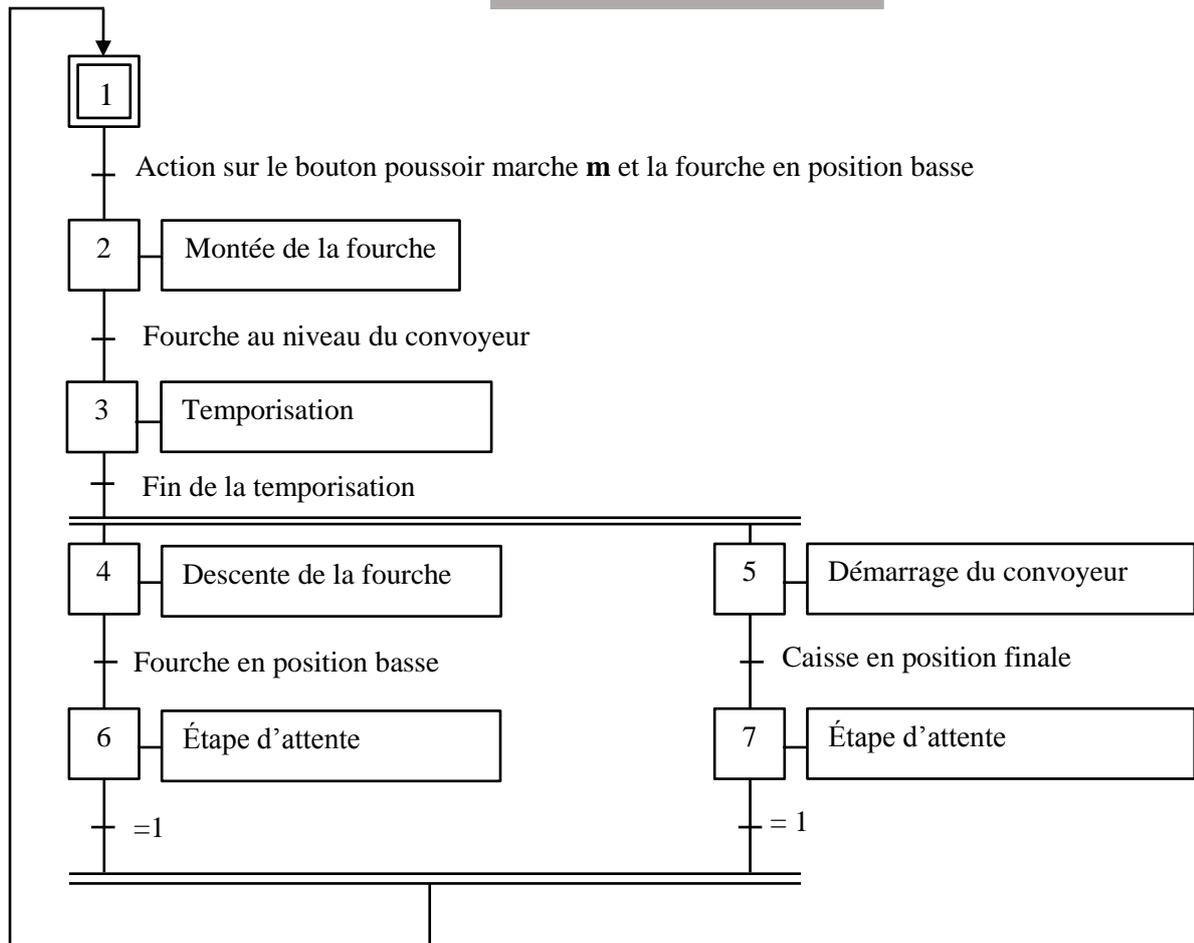
Schéma de câblage des entrées-sorties





Grafcet du point de vue système

Ressource 2

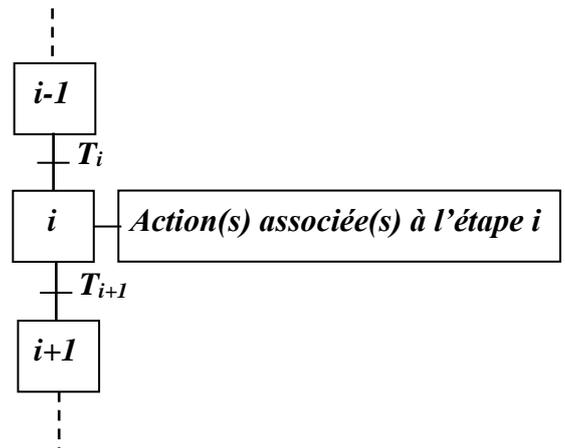


Démarche de traduction d'un Grafcet en langage Ladder

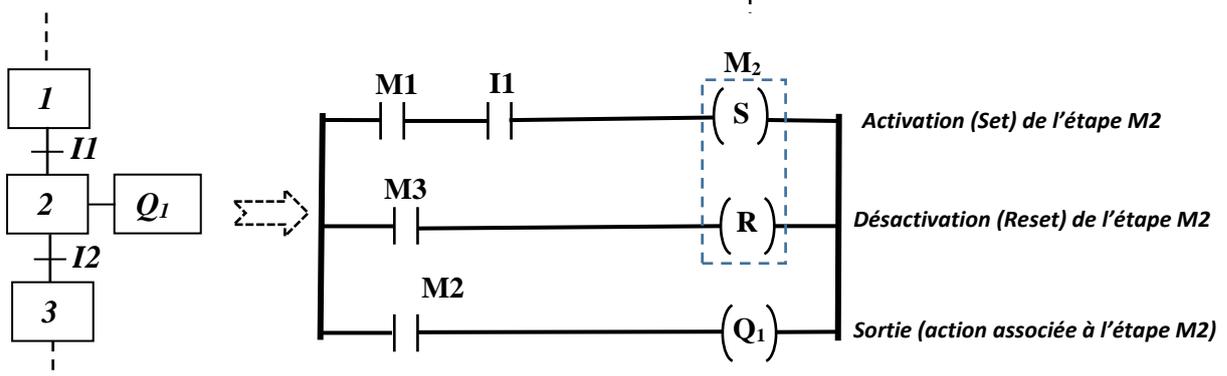
L'étape i est matérialisée par une case mémoire M_i .

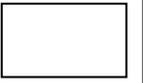
L'étape i est :

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



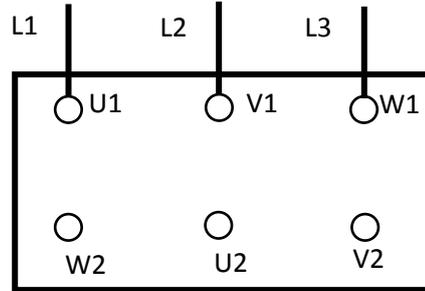
Exemple :





Q:1

Q:2



Q:3

Q:4

Q:5

Q:6

Q:7

Q:8

Q:9

Doc. Rép.

Q:10

Repère	Nom	Fonction
1
2
3
4
5
6
7
8
9

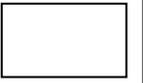
Q:11

Tension d'entrée U_1	Tension de sortie U_2	Puissance apparente S
.....

Q:12

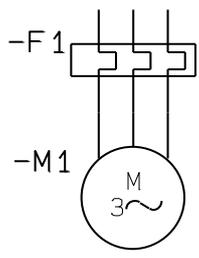
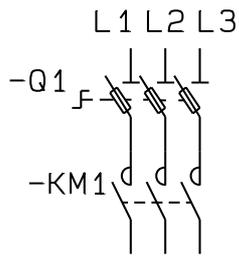
Q:13

Q:14

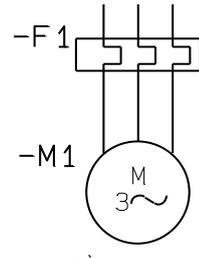
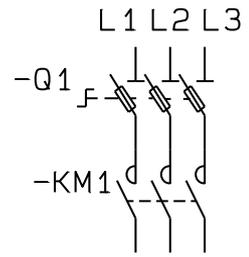


Q:15

Doc. Rép.

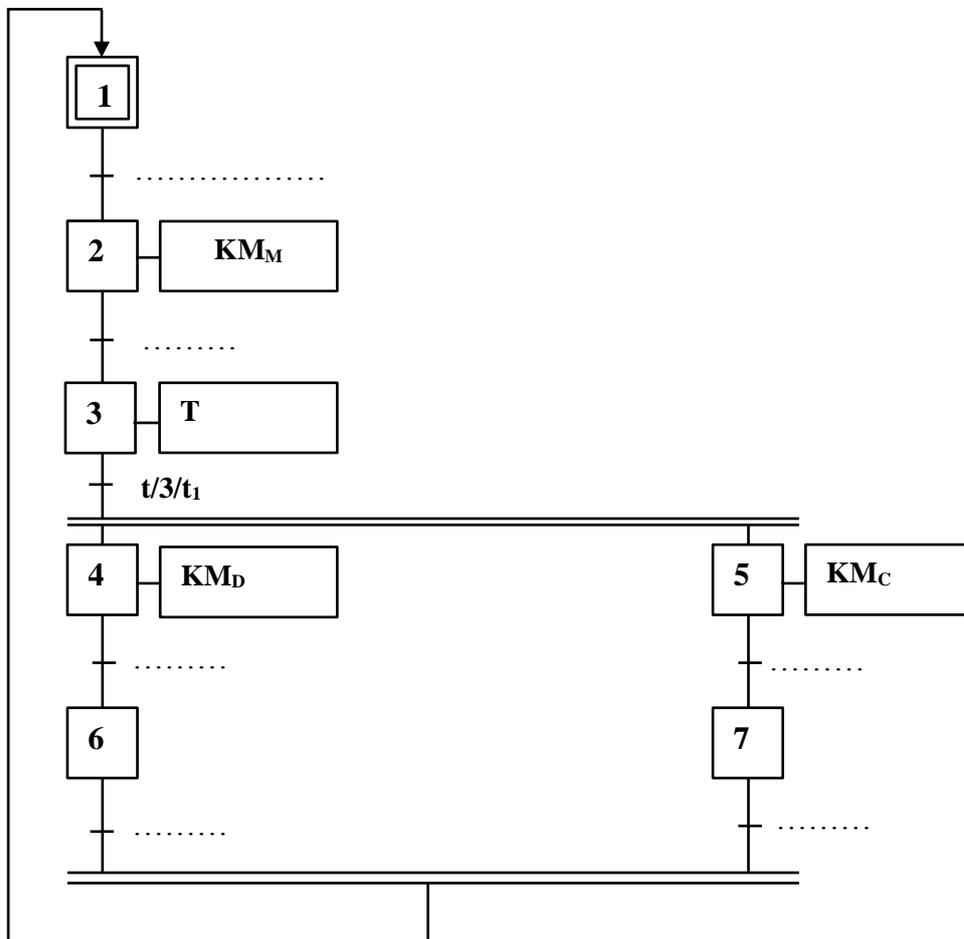


1^{er} temps

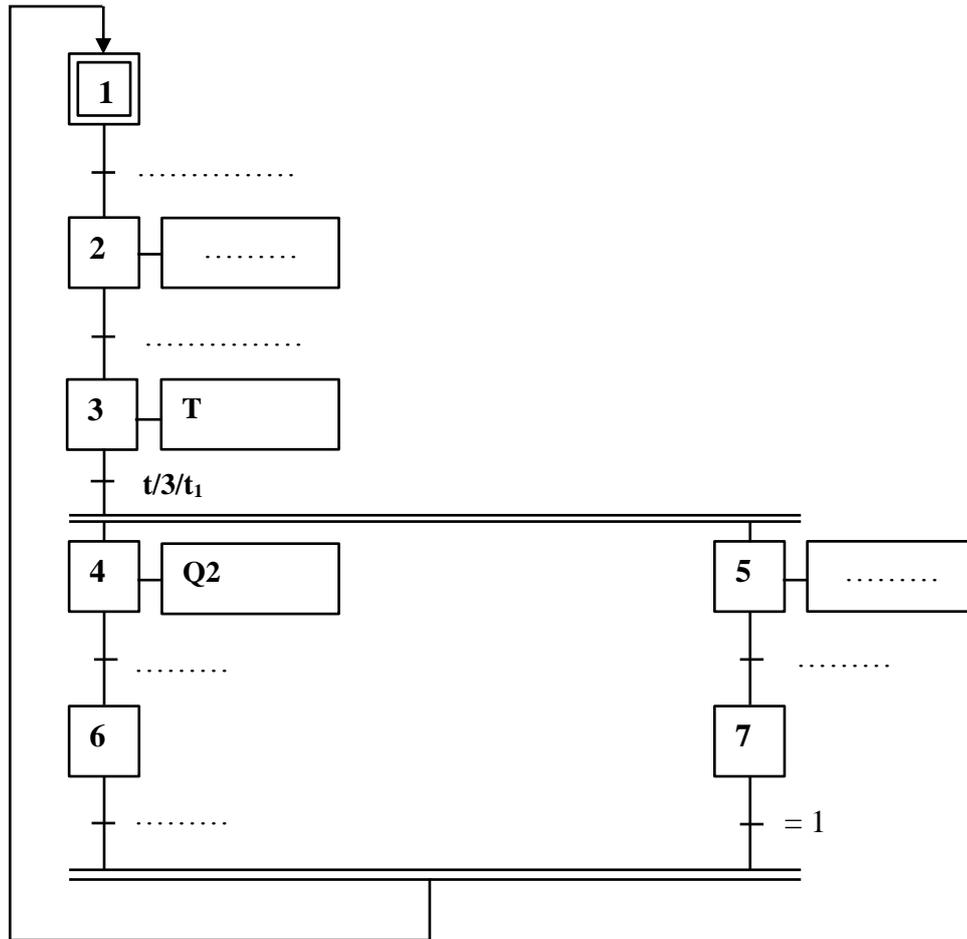


2^{ème} temps

Q:16



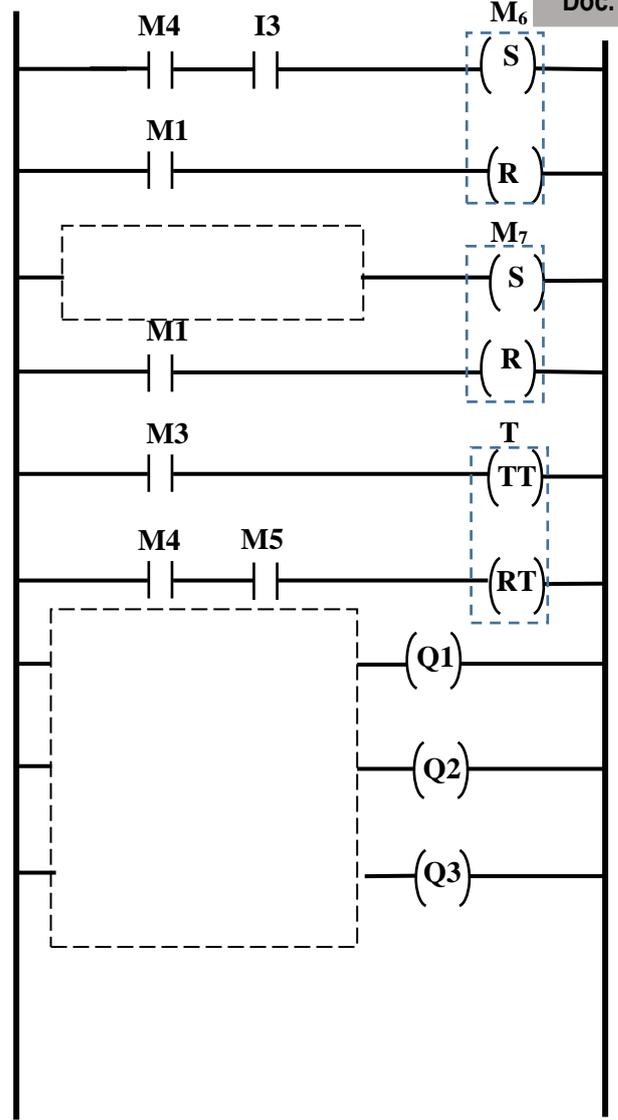
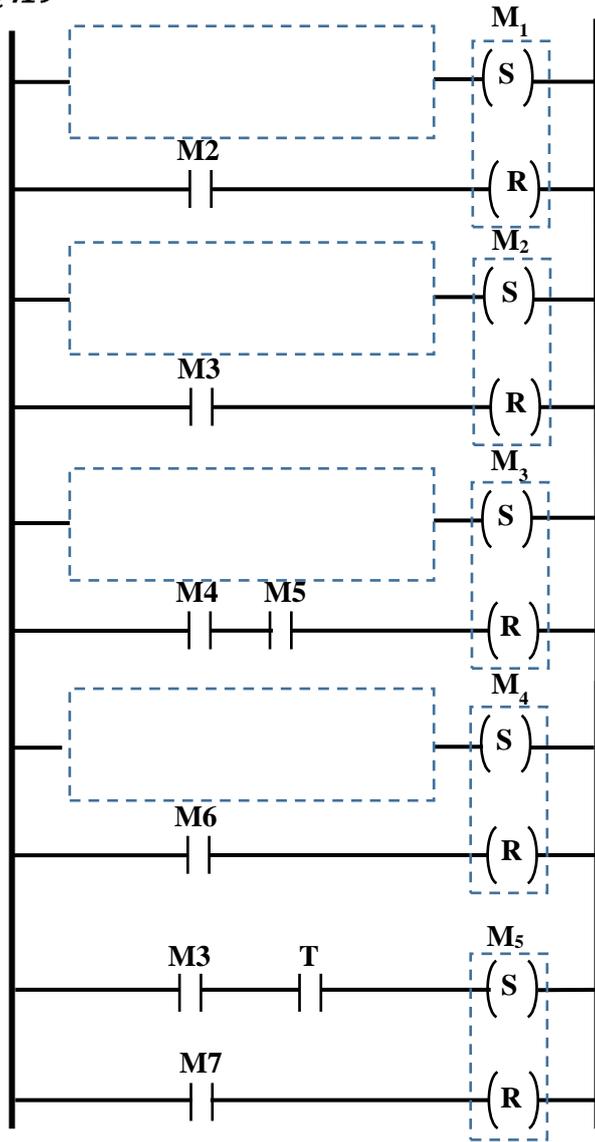
Q:17



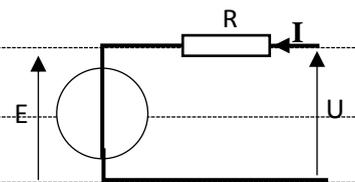
Q:18

Étape	Équation d'activation (SET)	Équation de désactivation (RESET)
1	Init +
2
3	M2.I2	M4.M5
4
5	M3.T	M7
6
7

Q:19



Q:20



Q:21

Q:22

Q:23

Q:24

Q:25

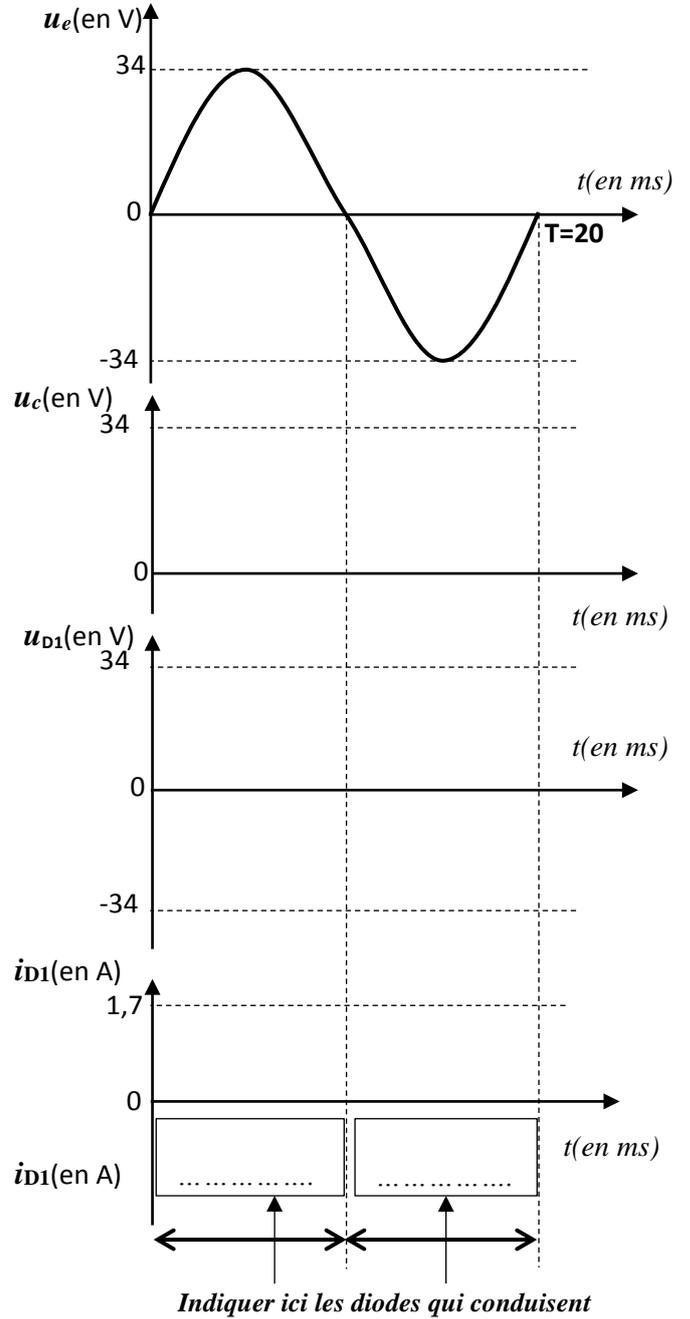
Q:26

Q:27

Q:28

Q:29

.....
.....
.....
.....
 $f_c =$





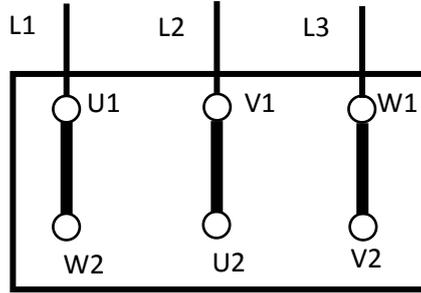
4	مدة الإنجاز	الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء الأول (الفترة الصباحية)	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الصيانة الصناعية	الشعبة أو المسلك

Éléments de réponses

Q:1 Couplage Δ : 1 pt et justification 1 pt

Le couplage des enroulements du moteur est Δ (tension d'alimentation 400V et chaque bobine du moteur supporte 400V).

Q:2 2 pts



Q:3 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$f = p \cdot N_s \text{ et } N_s = \frac{f}{p} 60 = 1000 \text{ tr. min}^{-1}$$

Q:4 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$S = \sqrt{3}UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ et } I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U} = 21,4A$$

Q:5 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$fp = \frac{P}{S} = 0,83$$

Q:6 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$P_{js} = \frac{3}{2}RI^2 = 549,5W$$

Q:7 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$Nr = Ns (1 - g) = 1000(1 - 0,06) = 940 \text{ tr. min}^{-1}$$

Q:8 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$Pjr = gPtr = g(P - Pfs - Pjs) = 0,06(12300 - 549,5 - 550) = 672W$$

Q:9 Les Expressions de Tu et Pu : 0,5 pt+ 0,5 pt , A.N : 0,5 pt+ 0,5 pt

$$Pu = Ptr - Pjr - Pm = 11200,5 - 672 - 550 = 9978,5W$$

$$Tu = \frac{Pu}{\Omega r} = \frac{Pu}{Nr} \frac{60}{2\pi} = 101,3 \text{ N.m}$$

Q:10 0,25 pt x 18

Repère	Nom	Fonction
1	Disjoncteur magnétothermique	Protection, contre les surcharges et les courts circuits
2	Fusible	Protection secondaire du transformateur contre les courts circuits et les surcharges
3	Transformateur monophasé	Abaisseur de la tension (Adaptation de l'énergie)
4	Contacteur tripolaire	Ouverture ou fermeture à distance du circuit de puissance
5	Moteur asynchrone	Conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique
6	Bouton poussoir arrêt	Couper l'alimentation de la bobine (ouverture contacteur KM)
7	Bobine de commande	Attire les contacts du contacteur
8	Bouton poussoir marche	Alimenter la bobine par impulsion
9	Contact de maintien	Permet le maintien de l'alimentation de la bobine (auto alimentation)

Q:11 3x 1pt

Tension d'entrée U ₁	Tension de sortie U ₂	Puissance apparente S
230 V	24 V	63 VA

Q:12 Les Expressions de I1 et I2 : 0,5 pt+ 0,5 pt , A.N : 0,5 pt+ 0,5 pt

$$I1 = \frac{S}{U1} = \frac{63}{230} = 0,27A \quad I2 = \frac{S}{U2} = \frac{63}{24} = 2,62A$$

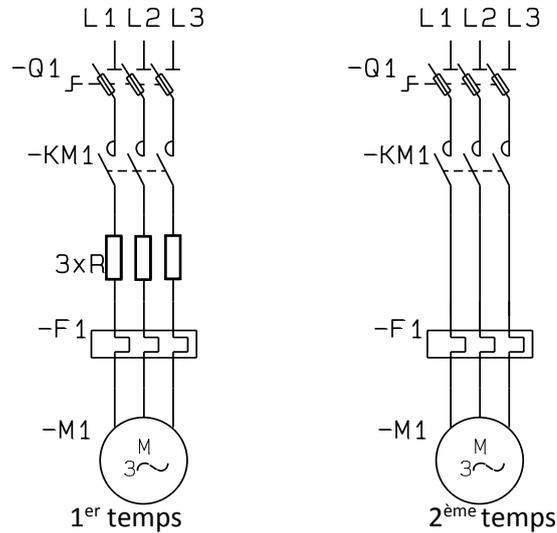
Q:13 Démarrage statorique 2 pts

Q:14 2x 1,5 pt

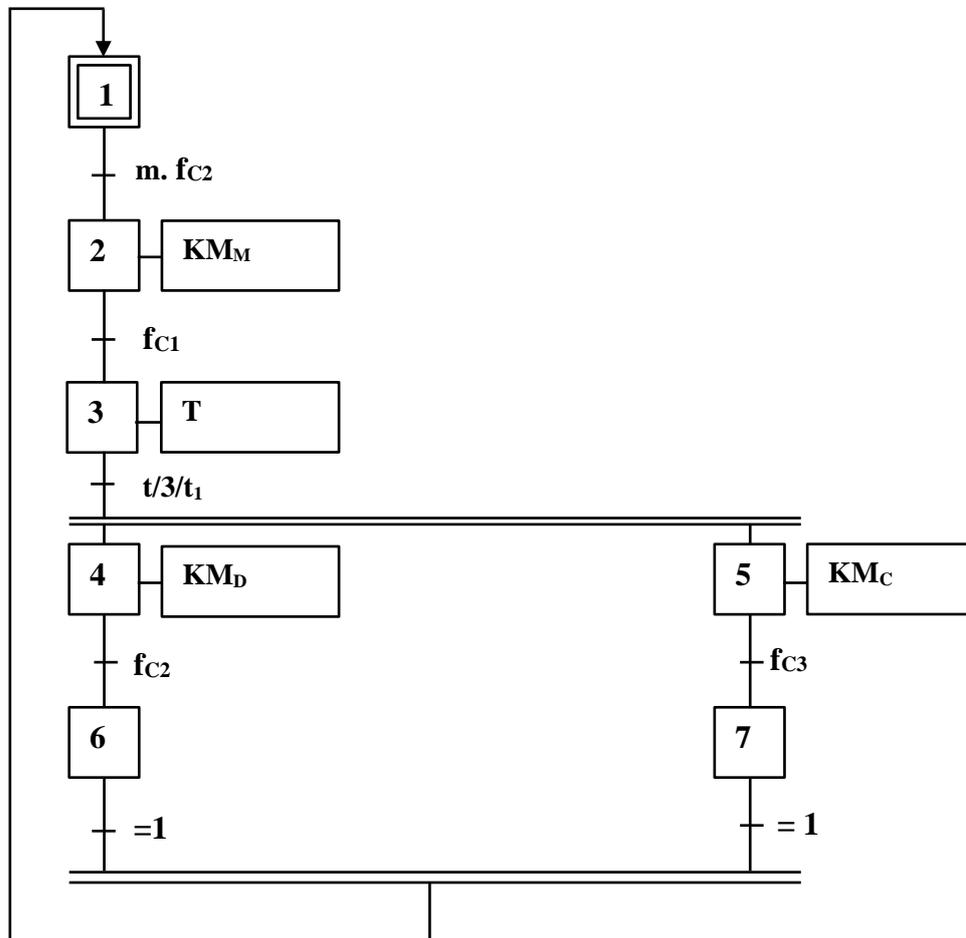
On ferme le sectionneur et on appuie sur le bouton poussoir S1 :

- Dans un premier temps les enroulements du moteur sont alimentés à travers les résistances.
- Dans un deuxième temps (fermeture du contact temporisé KM1) les enroulements du stator sont connectés directement au réseau.

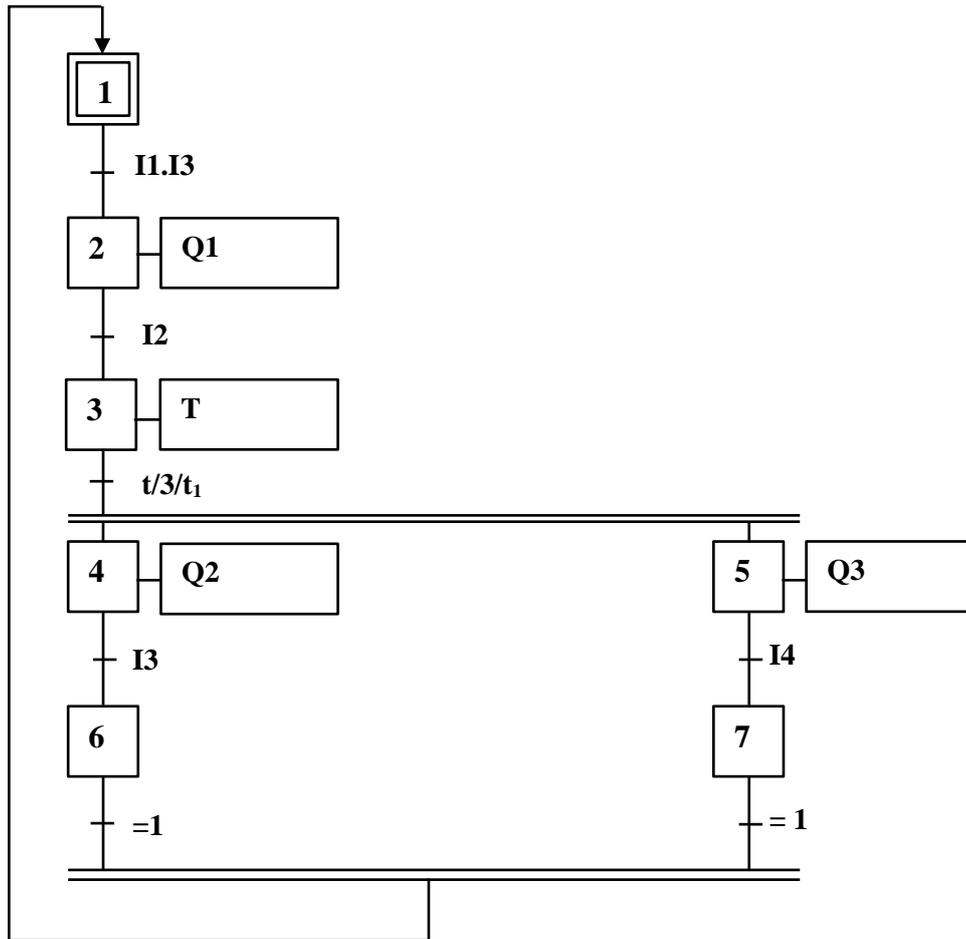
Q:15 2x 2 pts



Q:16 6x 0,5 pt



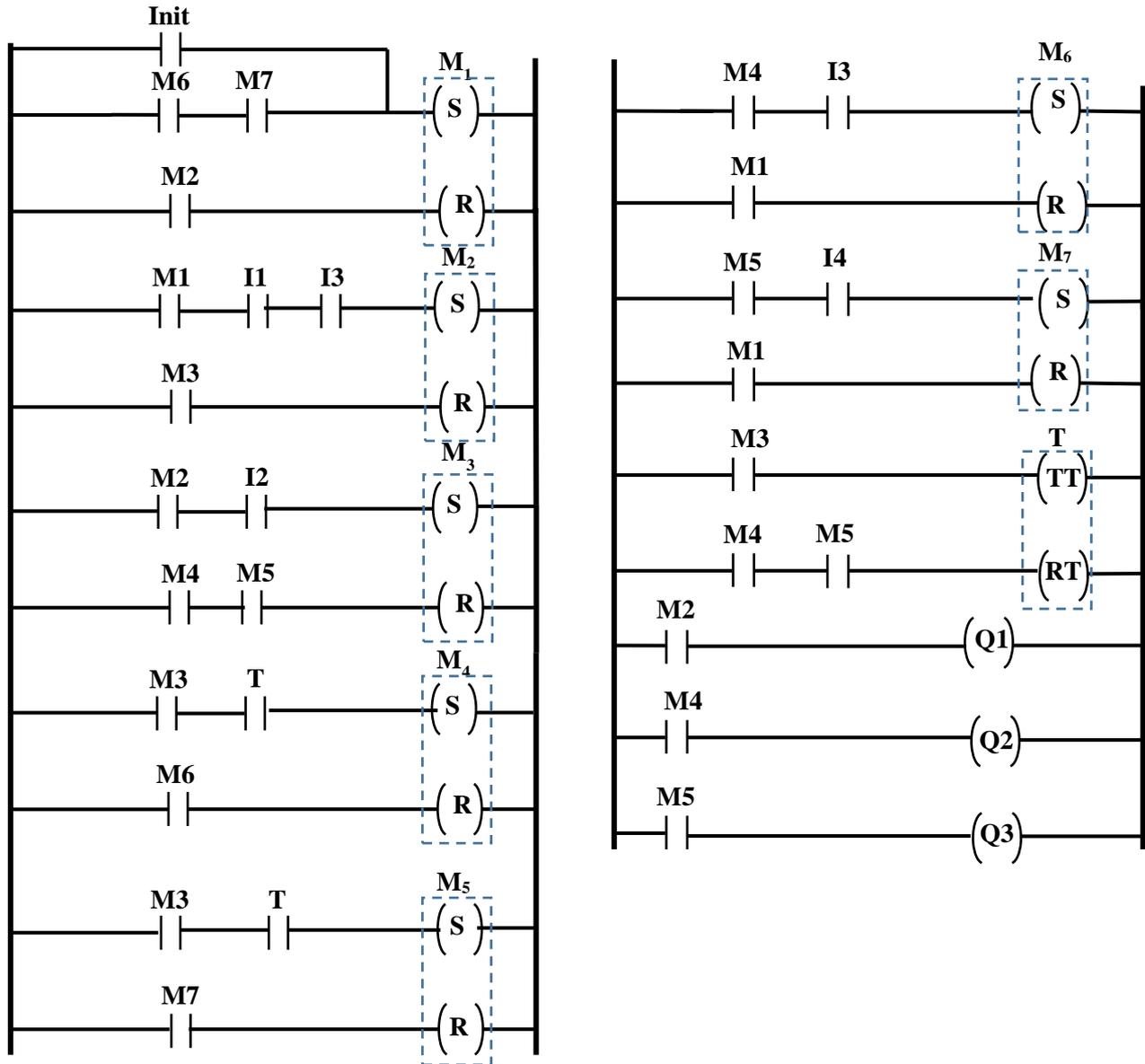
Q:17 7x 0,5 pt



Q:18 10 x 0,5 pt

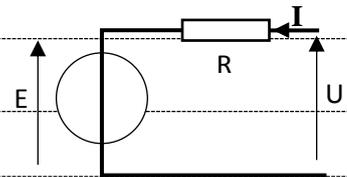
Étape	Équation d'activation (SET)	Équation de désactivation (RESET)
1	Init + M6. M7	M2
2	M1.I1.I3	M3
3	M2.I2	M4.M5
4	M3.T	M6
5	M3.T	M7
6	M4.I3	M1
7	M5.I4	M1

Q:19 8 x 0,5 pt/ ligne



Q:20 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$E = U - RI = 1090,35V$$



Q:21 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$P = UI = 1200.510 = 612 \text{ kW}$$

Q:22 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$P_e = E \cdot I = 1090,35.510 = 556 \text{ kW}$$

Q:23 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$P_j = P_m = P - P_e = (612 - 556) = 56 \text{ kW}$$

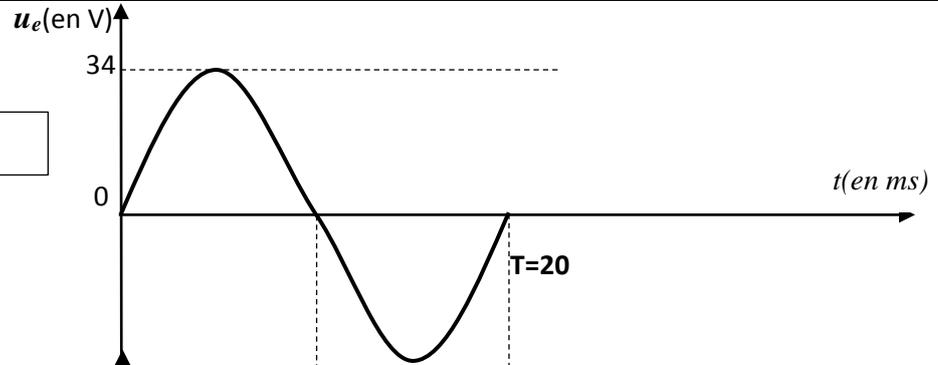
Q:24 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$\eta = \frac{Pu}{P} = \frac{500}{612} = 81,7\%$$

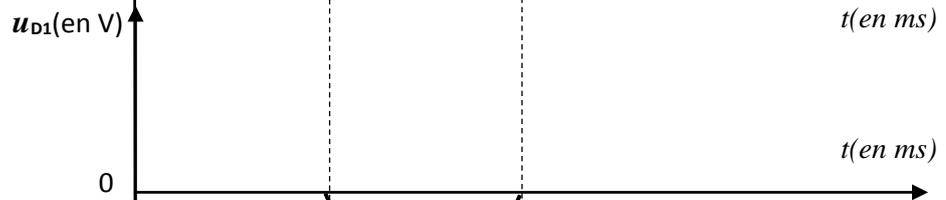
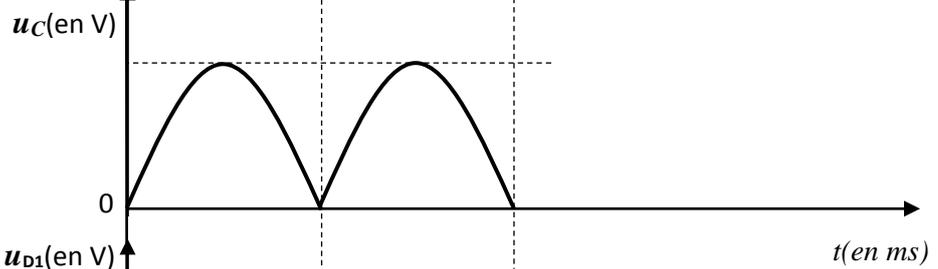
Q:25

D1-D4 : 0,5 pt + 0,5 pt

D2-D3 : 0,5 pt + 0,5 pt

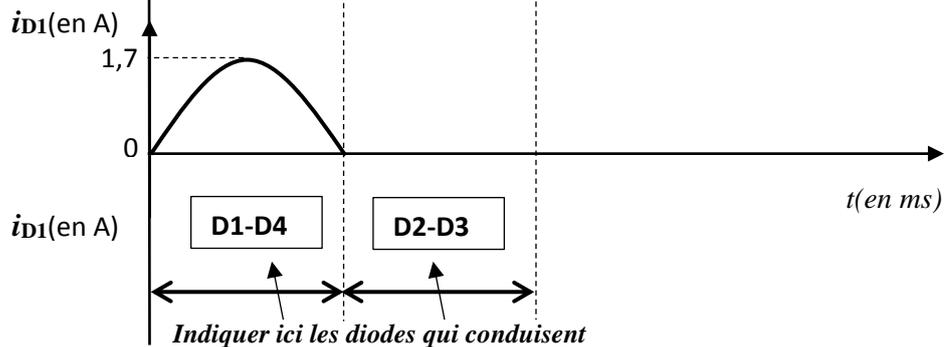


Q:26 3 x 2 pt / graphe



Q:27 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$f_c = 2 \cdot f = \frac{2}{T} \Rightarrow f_c = \frac{2}{20 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ Hz}$$



Q:28 Expression : 1 pt, A.N : 1pt

$$U_e = \frac{34}{\sqrt{2}} = 24V$$

Q:29 Expression de $\langle u_c \rangle$: 3 pt, A.N : 1pt ----- Expression de $\langle i \rangle$: 1 pt, A.N : 1pt.

$$\langle u_c \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} 34 \cdot \sin \theta = \frac{2}{\pi} \cdot 34 = 21,7V \text{ et } \langle i \rangle = \frac{\langle u_c \rangle}{R} = \frac{21,7}{20} = 1,08A$$