

الصفحة
1
12
◆◆◆

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
المسالك المهنية
الدورة العادية 2019
- الموضوع -

ⵜⴰⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ
ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ
ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ
ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴳⴷⵓⴷⴰ



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

NS214A

4	مدة الانجاز	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 12 pages et 3 types de documents :

- Pages 02 à 06 (feuilles Jaunes) : Socle du sujet .
- Page 07 (feuille Rose) : Ressource Document ressource .
- Pages 08 à 12 (feuilles Blanches) : Doc. Rép. Documents réponses.

Le sujet traite 4 sous-domaines :

- Sous-domaine1 : MOTEURS A COURANT ALTERNATIF
Étude du moteur asynchrone triphasé. (14 points)
Étude de démarrage du moteur asynchrone. (12 pts)
Étude de la commande du moteur monophasé. (12 pts)
- Sous-domaine2 : PROGRAMMATION DES API. (16 pts)
- Sous-domaine3 : MOTEURS À COURANT CONTINU
Étude du moteur à courant continu. (12 points)
- Sous-domaine4 : COMMANDE ÉLECTRONIQUE DES MOTEURS À COURANT CONTINU
Étude du hacheur série. (14 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° 25.

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

☞ 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 Doc. Rép. (feuilles Blanches) 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. Description

Le parc de broyage et de conditionnement de produits destinés à l'agriculture dans une usine spécialisée est constitué (**figure : 1 page 3**) :

- D'une **trémie** dans laquelle sont déversés, manuellement, les produits de base caillouteux ;
- D'un **broyeur**, entraîné par le moteur **M1**, permet la réduction, par pression, des produits de base en poudre ;
- D'un **ventilateur** entraîné par un moteur **MR** monophasé à vitesse variable, assurant le refroidissement du moteur **M1** du broyeur ;
- D'un **convoyeur** à vis sans fin entraîné par le moteur **M2** ;
- D'un **mélangeur** entraîné par le moteur **M3** ;
- La partie inférieure du mélangeur est équipée d'une trappe à ouverture et à fermeture commandée par un vérin double effet (**V1**) ;
- D'un **tamis** vibrant, entraîné par le moteur **M4**. Le tamis est constitué de plusieurs grilles de maillage plus ou moins fines, servant à trier, par vibration, les particules solides ;
- D'une **ensacheuse** qui permet la mise en sac du produit fini, dont la trappe est actionnée par le vérin **V2** à double effet.

II. Les actionneurs :

- **M1** : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de marche, démarrage étoile-triangle ;
- **MR** : moteur monophasé universel à balais à un sens de marche, à vitesse variable ;
- **M2** : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de marche, démarrage direct ;
- **M3** : moteur asynchrone triphasé à deux sens de marche, démarrage direct ;
- **M4** : moteur à courant continu à un sens de marche, à vitesse variable ;
- **V1** : Vérin double effet assurant l'ouverture et la fermeture de la trappe du tamis vibrant ;
- **V2** : Vérin double effet assurant l'ouverture et la fermeture de la trappe de l'ensacheuse.

III. Fonctionnement

• En mode manuel :

Les moteur **M1**, **M2**, **M3** et **M4** sont commandés séparément par des boutons poussoirs Marche-Arrêt ;

• En mode automatique :

Le fonctionnement de l'installation est géré automatiquement par un automate programmable industriel.

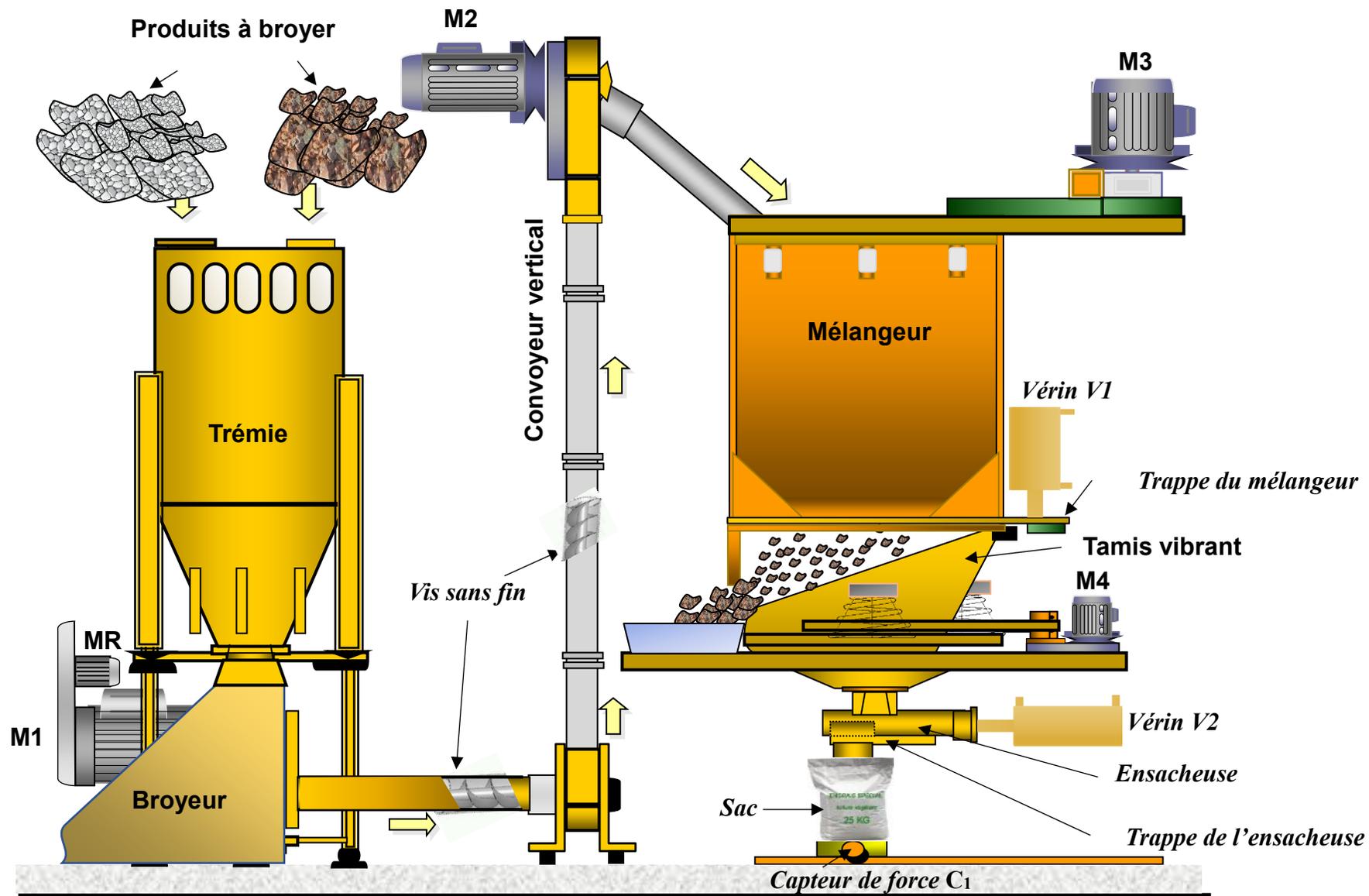


Figure : 1

TRAVAIL DEMANDÉ

A. ÉTUDE DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

A-1 Étude du moteur M1

Caractéristiques nominales du moteur asynchrone triphasé **M1** du broyeur :

Vitesse de rotation : $N = 2760 \text{ tr/mn}$	Puissance utile : $P_u = 15 \text{ kW}$	$\cos \varphi : 0,86$
Tensions : $400 \text{ V} / 690 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$	Nombre de pôles : 2	Rendement $\eta = 86\%$.

Réseau d'alimentation : $230 / 400 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$.

En fonctionnement nominal :

- Question : 1. Définir le couplage du moteur.* [2 pts]
- Question : 2. Calculer la vitesse de synchronisme N_s en tr/min.* [2 pts]
- Question : 3. Calculer la puissance électrique P_a absorbée par le moteur.* [2 pts]
- Question : 4. Calculer les pertes totales P_t .* [2 pts]
- Question : 5. Calculer l'intensité du courant nominal I_L dans la ligne, en déduire le courant nominal J dans un enroulement du moteur.* [3 pts]

Le constructeur annonce qu'en mode de démarrage direct, ce moteur appelle un courant I_D de démarrage égal à huit fois son courant I_N nominal ($I_D = 8.I_N$).

- Question : 6. Calculer alors l'intensité du courant I_{LD} dans la ligne, en déduire le courant nominal J_D dans un enroulement du moteur, pendant le démarrage.* [3 pts]

A-2 Étude du démarrage du moteur asynchrone

▪ En mode manuel :

Pour remédier aux appels de courants pendant le démarrage, on a adopté le mode de démarrage étoile-triangle.

- Question : 7. Compléter alors le schéma du circuit de puissance.* [6 pts]
- Question : 8. Compléter le circuit de commande du moteur **M1**.* [6 pts]

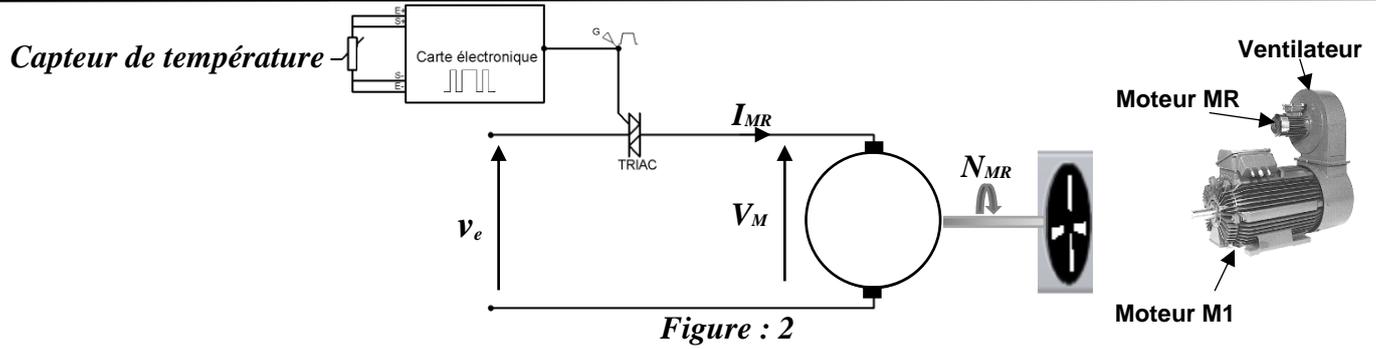
▪ En mode automatique (PROGRAMMATION DES API) :

En utilisant le document **Ressource** de la page 7 :

- Question : 9. Compléter le Grafcet de point de vu API, décrivant le démarrage étoile-triangle du moteur **M1**.* [8 pts]
- Question : 10. Compléter le programme Ladder du démarrage étoile-triangle du moteur **M1**.* [8 pts]

B. ÉTUDE DE LA COMMANDE DU MOTEUR MONOPHASÉ

Le moteur **MR** de refroidissement du moteur **M1** est un moteur monophasé à balais, à un seul sens de marche, commandé par un gradateur. Le schéma de principe de sa commande est donné par la **figure 2 page 5**. La température est contrôlée par un capteur de température associé à une carte électronique.



On donne la tension d'alimentation $v_e(t) = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t)$

Question : 11. Préciser, pour la tension $V_e(t)$:

[3 pts]

- La valeur efficace V_{eff} ;
- La valeur maximale V_{Max} ;
- La pulsation ω_e .

Question : 12. Calculer la fréquence f_e en Hz de la tension $v_e(t)$, en déduire sa période T_e en ms (prendre $\pi = 3,14$).

[3 pts]

On considère que α (en rad), est l'angle d'amorçage du triac et que N_{MR} est la vitesse en tr/min du moteur MR

On suppose que la vitesse N_{MR} (en tr/min) est liée à l'angle d'amorçage α (en rad) par la relation :

$$N_{MR} = 2890 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) + \frac{\sin 2 \cdot \alpha}{2 \cdot \pi}}$$

Pour α variant entre 0 et $\frac{3 \cdot \pi}{4}$ ($0 \leq \alpha \leq \frac{3 \cdot \pi}{4}$) :

Question : 13. Calculer la vitesse minimale N_{MRmin} en tr/min du moteur MR.

[3 pts]

Question : 14. Calculer la vitesse maximale N_{MRMAX} en tr/min du moteur MR.

[3 pts]

C. ÉTUDE MOTEUR À COURANT CONTINU

La vibration du tamis est obtenue par la rotation d'un moteur à courant continu M4, à vitesse variable, qui entraîne, à travers un réducteur (poules-courroie), deux balourds solidaires au tamis. Ce dernier s'appuie sur des ressorts de suspension (voir figure 3 page 6).

La commande du moteur est assurée par un hacheur série.

La variation de la vitesse est obtenue, manuellement, par action sur un bouton rotatif (potentiomètre).

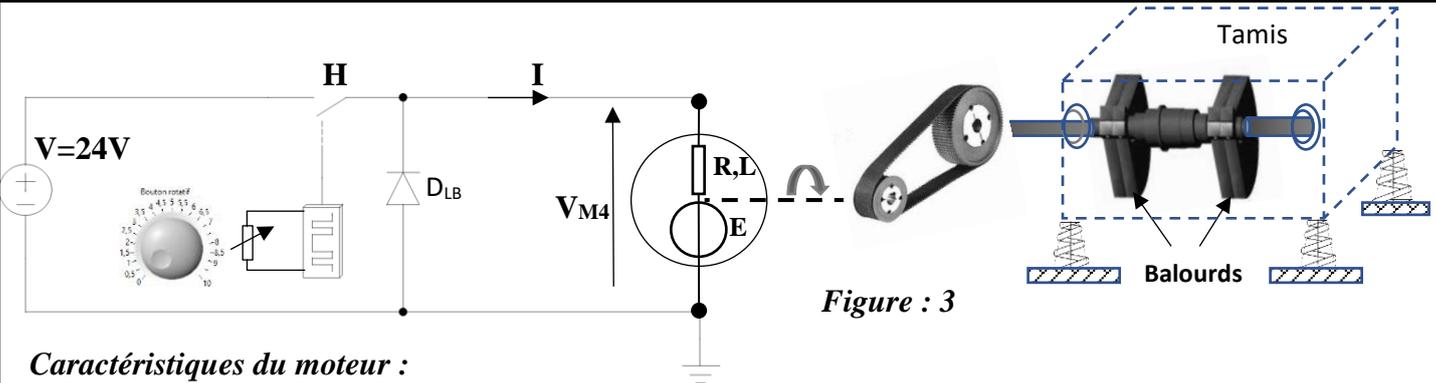


Figure : 3

Caractéristiques du moteur :

M4 est un moteur à courant continu à excitation séparée. Ses caractéristiques nominales sont :

Circuit d'induit : $U_i = 24V$; $I_i = 21,6 A$; $n = 3000 \text{ tr/min}$; Résistance de l'induit $R = 0,1 \Omega$.

Circuit d'excitation : $U_e = 24 V$ et $I_e = 0,5 A$

Ce moteur fonctionne à couple utile constant $C_u = 1,45 \text{ Nm}$.

C-1 Étude du moteur à courant continu

Le moteur est alimenté directement en $24V$ ($V_{M4} = 24V$) sans hacheur :

Question : 15. Calculer la puissance électrique nominale P_i absorbée par l'induit. [2 pts]

Question : 16. Calculer les pertes joules P_{je} dans le circuit d'excitation. [2 pts]

Question : 17. Calculer la puissance P_u fournie à la charge. [2 pts]

Question : 18. Calculer les pertes joules P_j dans l'induit du moteur. [2 pts]

Question : 19. Calculer les pertes constantes ou « collectives » P_c du moteur. [2 pts]

Question : 20. Calculer le rendement nominal η . [2 pts]

C-2 Étude du Hacheur série

Le moteur est maintenant alimenté à travers le hacheur **H**.

L'interrupteur électronique **H** et la diode **D_{LB}** sont supposés parfaits et le courant dans l'induit est considéré continu. Le hacheur est alimenté par la tension continue $V = 24 V$.

T est la période de hachage de l'interrupteur électronique **H**, et α son rapport cyclique.

- **H** est passant sur l'intervalle $[0, \alpha T]$
- **H** est bloqué sur l'intervalle $[\alpha T, T]$.

Question : 21. Représenter l'allure de la tension $v_{M4}(t)$. [3 pts]

Question : 22. Déterminer l'expression littérale de la valeur moyenne $\langle v_{M4} \rangle$ de la tension $v_{M4}(t)$, en fonction de la tension V et du rapport cyclique α . [3 pts]

Question : 23. Pour $\alpha = 0,4$, calculer la valeur numérique de $\langle v_{M4} \rangle$. [2 pts]

La f.c.é.m. **E** (en **V**) du moteur est liée à sa vitesse de rotation **n** (en **tr/min**) par la relation :

$$E = 0,00728.n$$

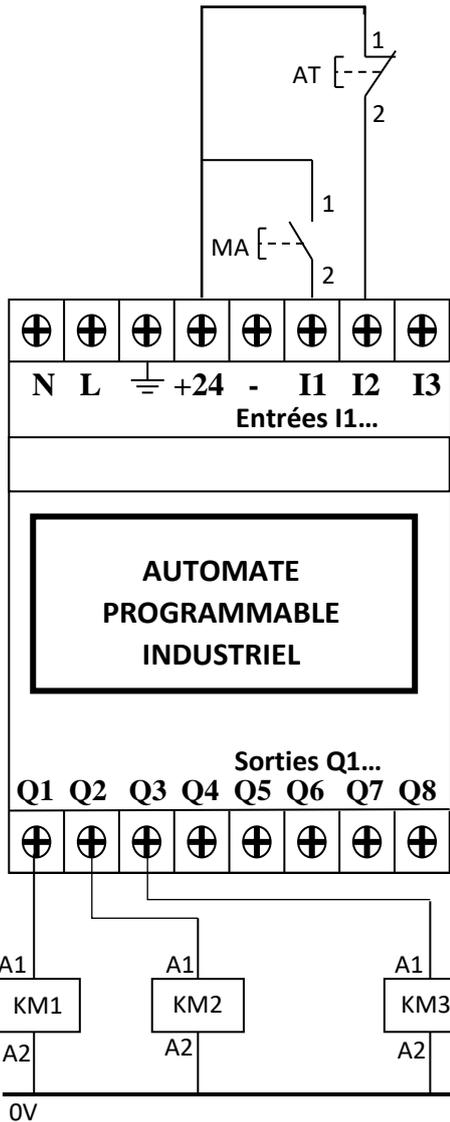
Pour $\langle v_{M4} \rangle = 9,6 V$ et $I = 8,64 A$.

Question : 24. Calculer la f.c.é.m. **E** en volt. [3 pts]

Question : 25. En déduire la vitesse **n** du moteur en **tr/min**. [3 pts]

Schéma de câblage des entrées-sorties

Ressource

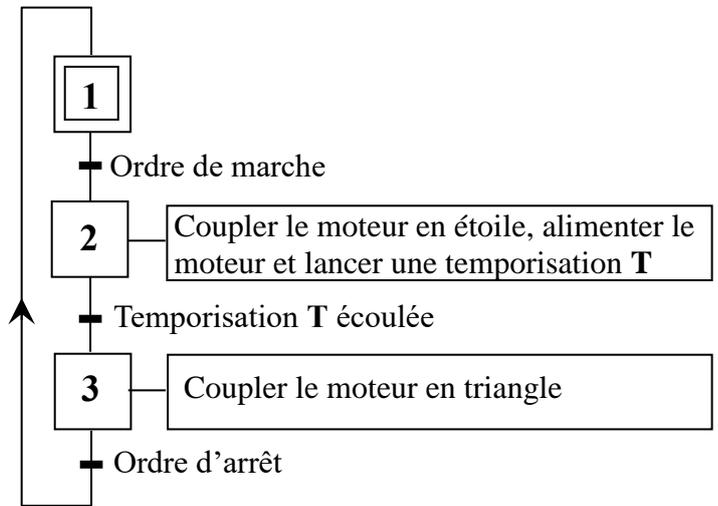


Affectation des entrées/sorties de l'API

Information	Capteur/Pré-actionneur	Entrée/Sortie API
Démarrage	MA	I1
Arrêt	AT	I2
Alimentation du moteur	KM ₁	Q1
Couplage triangle	KM ₂	Q2
Couplage étoile	KM ₃	Q3

TT1 : temporisateur, T1 : contact de TT1 (Variables internes)

Grafcet du point de vue système

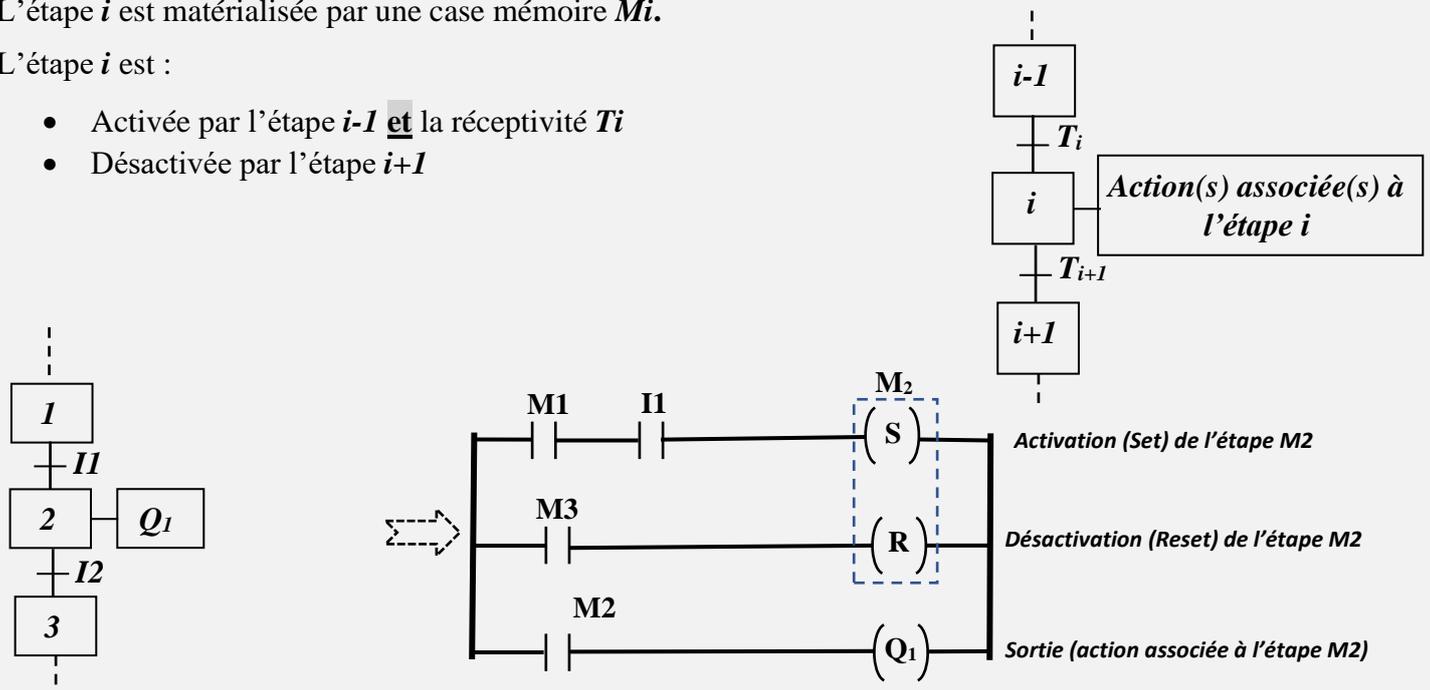


Exemple de traduction d'un Grafcet en langage Ladder

L'étape *i* est matérialisée par une case mémoire *Mi*.

L'étape *i* est :

- Activée par l'étape *i-1* et la réceptivité *Ti*
- Désactivée par l'étape *i+1*



Question : 1.

Question : 2.

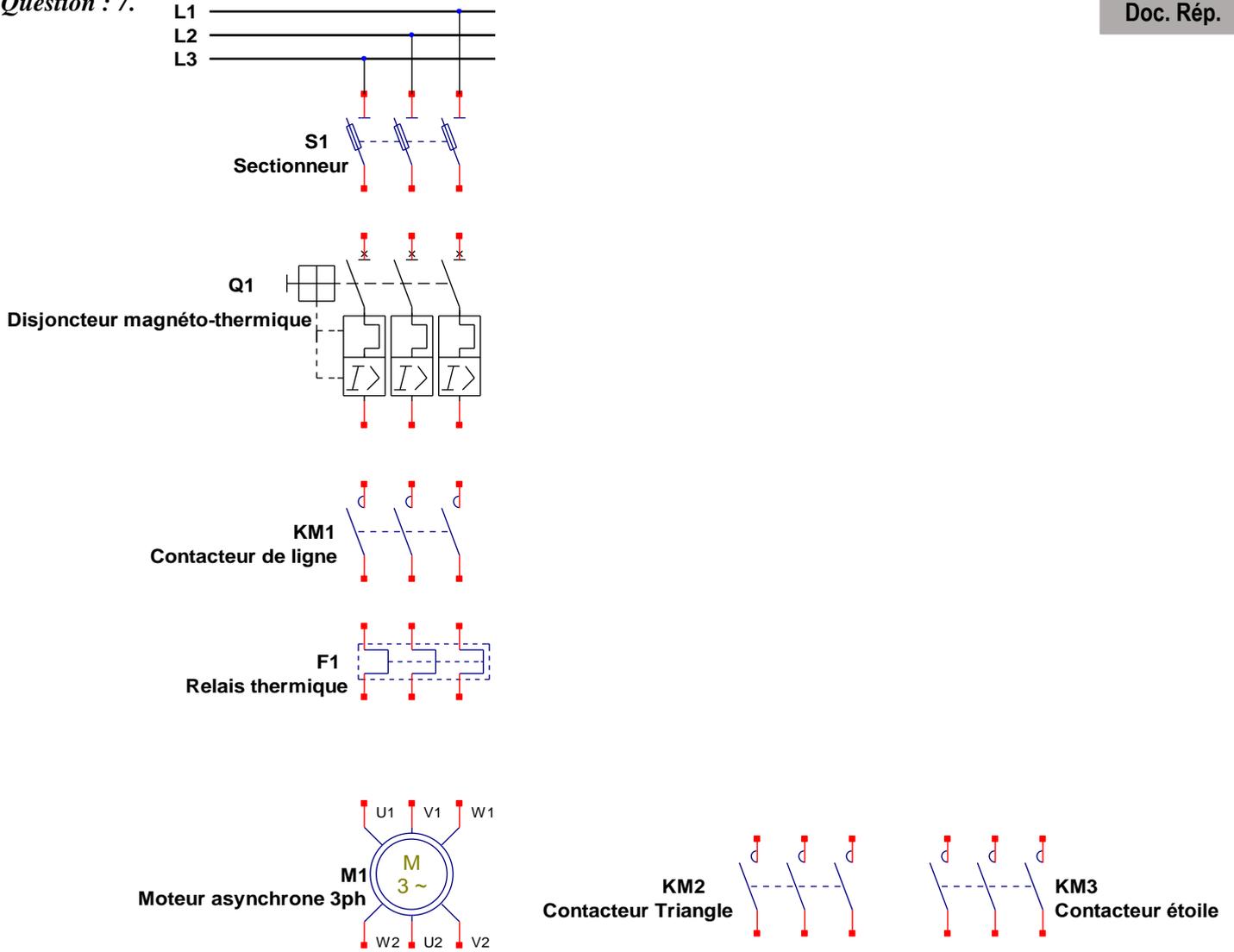
Question : 3.

Question : 4.

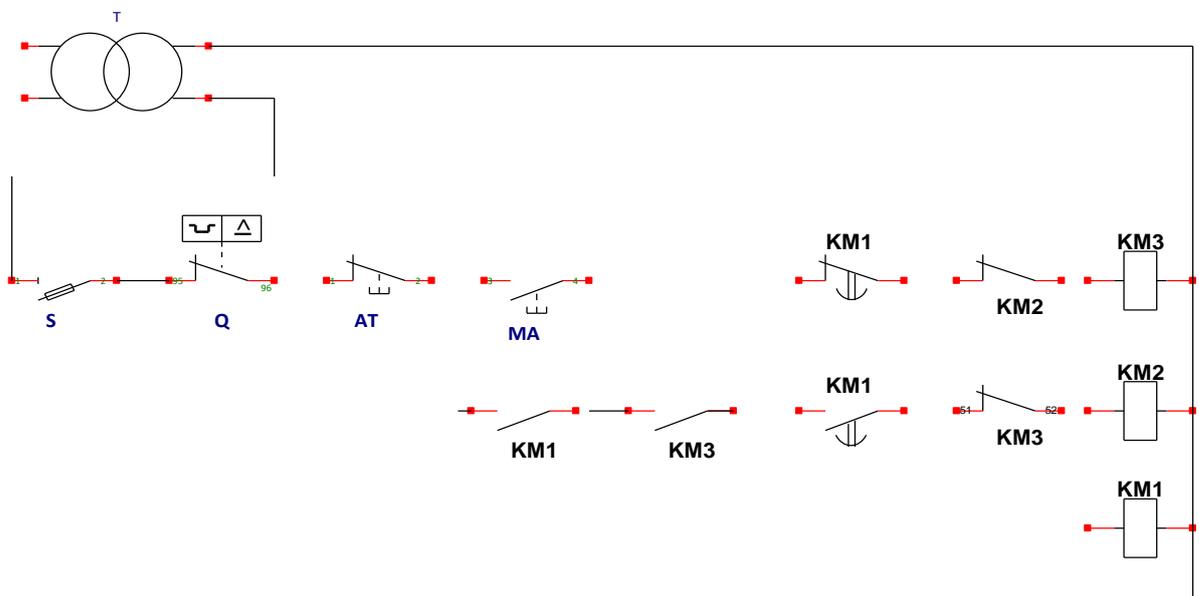
Question : 5.

Question : 6.

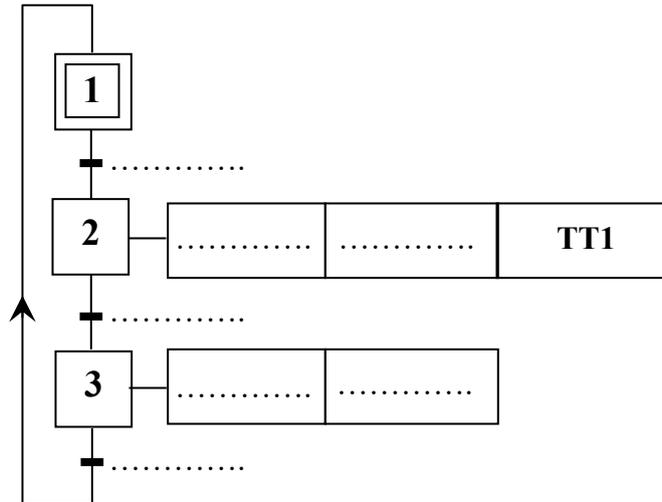
Question : 7.



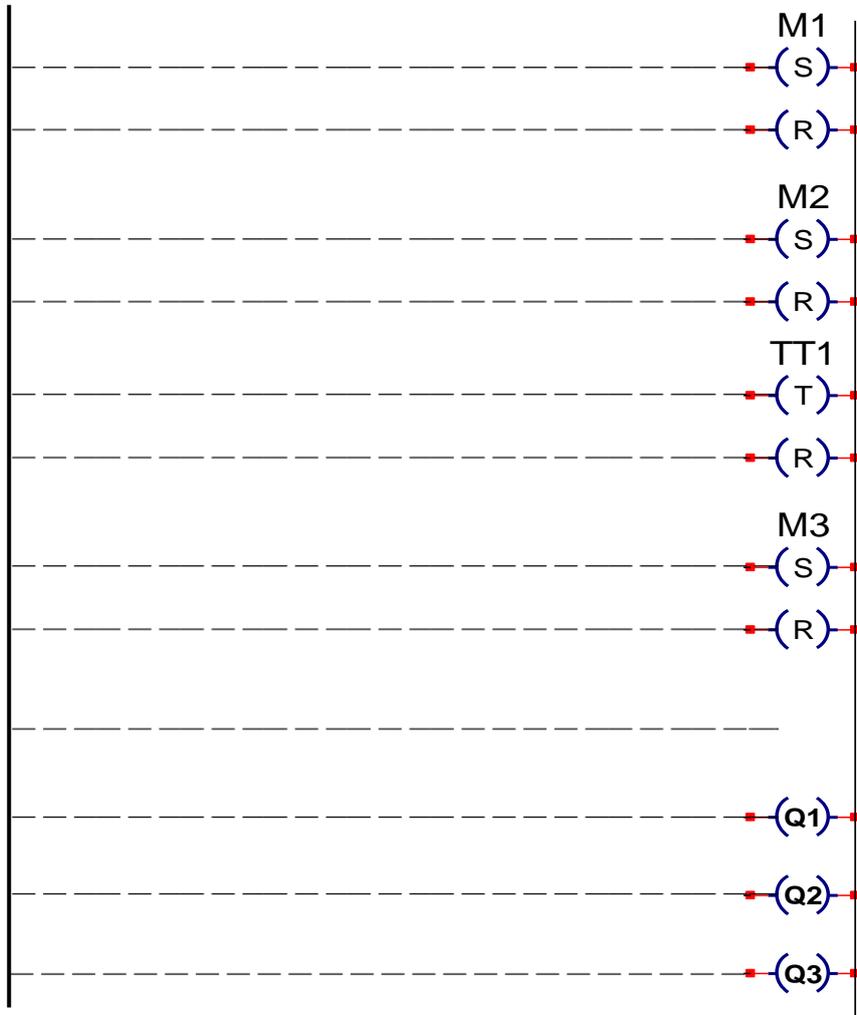
Question : 8.



Question : 9.



Question : 10.



Question : 11.

- La valeur efficace V_{eff} =
- La valeur maximale V_{Max} =
- La pulsation ω_e =

Question : 12.

Question : 13.

Question : 14.

Question : 15.

Question : 16.

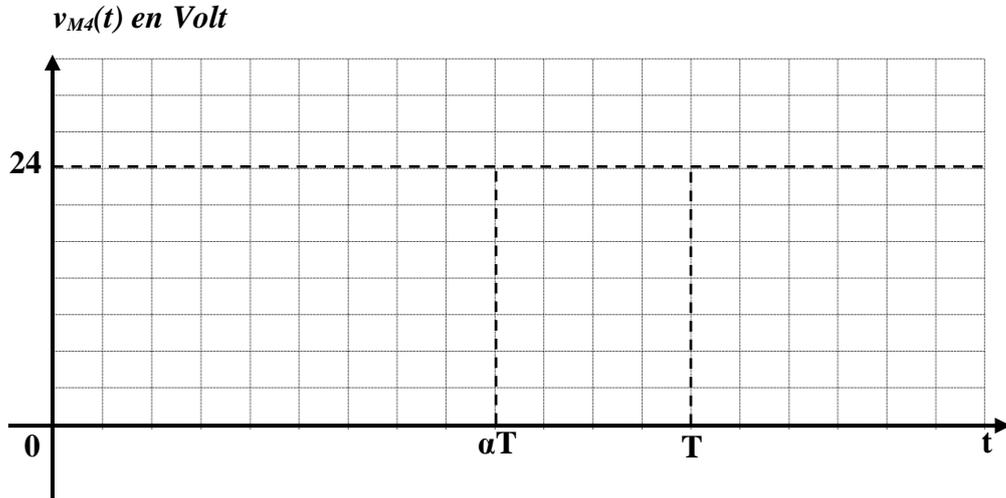
Question : 17.

Question : 18.

Question : 19.

Question : 20.

Question : 21.



Question : 22.

Question : 23.

Question : 24.

Question : 25.

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية الدورة الاستدراكية 2019 - عناصر الإجابة -	+XNΛε+ I #CVOεΘ +εLεUεΘ+ I εΘXεε εεLεO Λ εQεε+X εЖЖεεε Λ εΘεεLε εεεЖЖε ε εOЖЖε εLεOεε	 المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
1		المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه	
8		RR214A	

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

POUR CHAQUE BONNE RÉPONSE, ATTRIBUER LES TROIS-QUARTS DE LA NOTE MAXIMALE À L'EXPRESSION LITTÉRALE ET UN QUART À L'APPLICATION NUMÉRIQUE.

Question : 1.

Couplage Etoile [1 pt]

Chaque enroulement supporte une tension de 230V . [0.5 pt]

Question : 2.

$$N_s = 1000 \text{ tr /min} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$p = 60 \cdot f / N_s \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$p = 60 \cdot 50 / 1000$$

$$p = 3 \text{ paires} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 3.

$$\cos \varphi = P_0 / \sqrt{3} \cdot U \cdot I_0 \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\cos \varphi = 470 / \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 2,2$$

$$\cos \varphi = 0,308 \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 4.

$$P_0 = P_{cu0} + P_{méc} + P_{fs} \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$P_{cu0} = 3R \cdot (I_0)^2 \quad [1 \text{ pt}]$$

$$P_{cu0} = 3 \cdot 0,6 \cdot (2,2)^2$$

$$P_{cu0} = 8,712 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$D'où P_{fs} = P_{méc} = (P_0 - P_{cu0}) / 2 \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$P_{fs} = 230,644 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 5.

$$P_a = P_1 + P_2 \quad [1 \text{ pt}]$$

$$P_a = 4300 + 1900$$

$$P_a = 6200 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 6.

$$S = P / \cos \varphi \quad [1 \text{ pt}]$$

$$S = 6200 / 0.83 = 7469,9 \text{ VA} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad ; \quad I = S / (\sqrt{3} \cdot U) \quad [1 \text{ pt}]$$

$$I = 4769,9 / (\sqrt{3} \cdot 400)$$

$$I = 10,78 \text{ A} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 7.

$$P_{js} = 3RI^2 \quad [1 \text{ pt}]$$

$$P_{js} = 3 \cdot 0,6 \cdot (10,78)^2$$

$$P_{js} = 209,17 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 8.

$$P_{tr} = P_a - (P_{js} + P_{fs}) \quad [2 \text{ pts}]$$

$$P_{tr} = 6200 - (209,17 + 230,64)$$

$$P_{tr} = 5760,19 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 9.

$$g = N_s - N_r / N_s \quad [1 \text{ pt}]$$

$$g = 1000 - 960 / 1000$$

$$g = 4 \% \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 10.

$$P_{jr} = g \cdot P_{tr} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$D'ou P_{jr} = 0,04 \cdot 5760,19$$

$$P_{jr} = 230,40 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 11.

$$P_u = P_{tr} - (P_{jr} + P_{méc} + P_{fr}) \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$P_u = 5760,19 - (230,40 + 230,64 + 0)$$

$$P_u = 5299,15 \text{ W} \quad [1,5 \text{ pt}]$$

Question : 12.

$$P_u = T_u \cdot \Omega_r ; \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\Omega_r = \frac{2 \cdot \pi \cdot N_r}{60} ; \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\Omega_r = 100,53 \text{ rad/s}$$

$$D'ou T_u = P_u / \Omega_r ;$$

$$T_u = 5299,15 / 100,53$$

$$T_u = 52,71 \text{ Nm} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 13.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\eta = \frac{5299,15}{6200}$$

$$\eta = 85,47\% \quad [1 \text{ pt}]$$

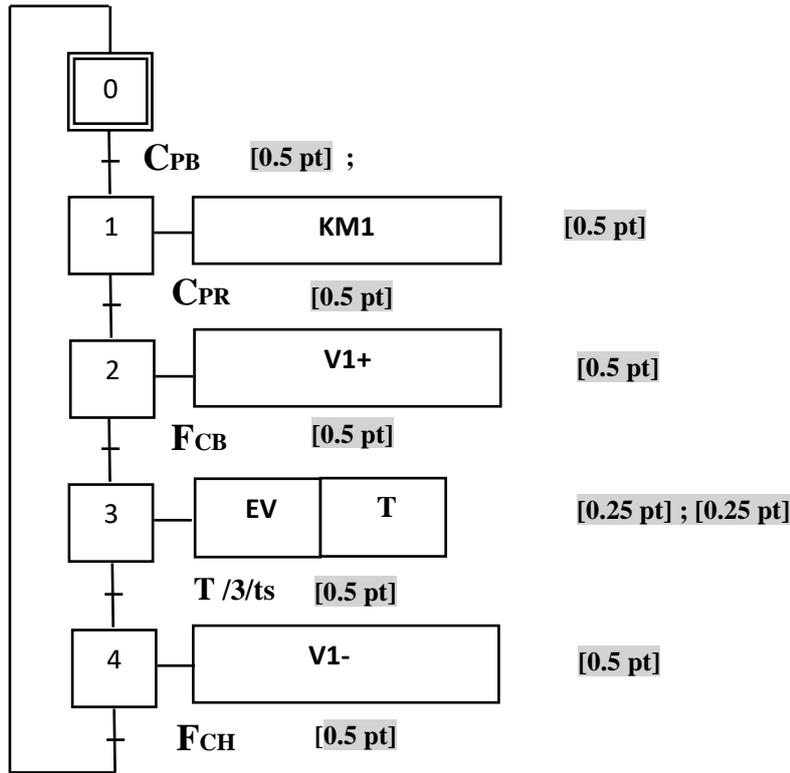
Question : 14.**• Adressage des entrées**

Informations	Capteurs	Entrées API
Fin de course position haute de la vanne	FCH [0.25 pt]	I3 [0.25 pt]
Fin de course position basse de la vanne	FCB [0.25 pt]	I4 [0.25 pt]
Capteur de présence de bouteille sur le tapis	CPB [0.25 pt]	I5 [0.25 pt]
Capteur de présence de bouteille en position de remplissage	CPR [0.25 pt]	I6 [0.25 pt]

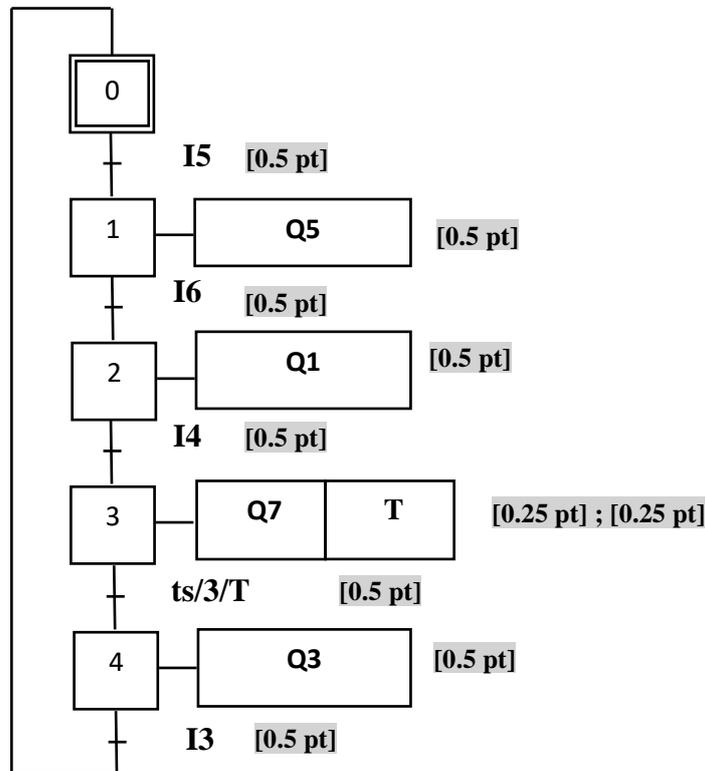
• Adressage des sorties

Informations	Pré-actionneurs	Sorties API
Descente vanne	V1+ [0.5 pt]	Q1 [0.25 pt]
Montée vanne	V1- [0.5 pt]	Q3 [0.25 pt]
Commande du tapis	KM1 [0.5 pt]	Q5 [0.25 pt]
Ouverture et fermeture vanne	EV [0.5 pt]	Q7 [0.25 pt]

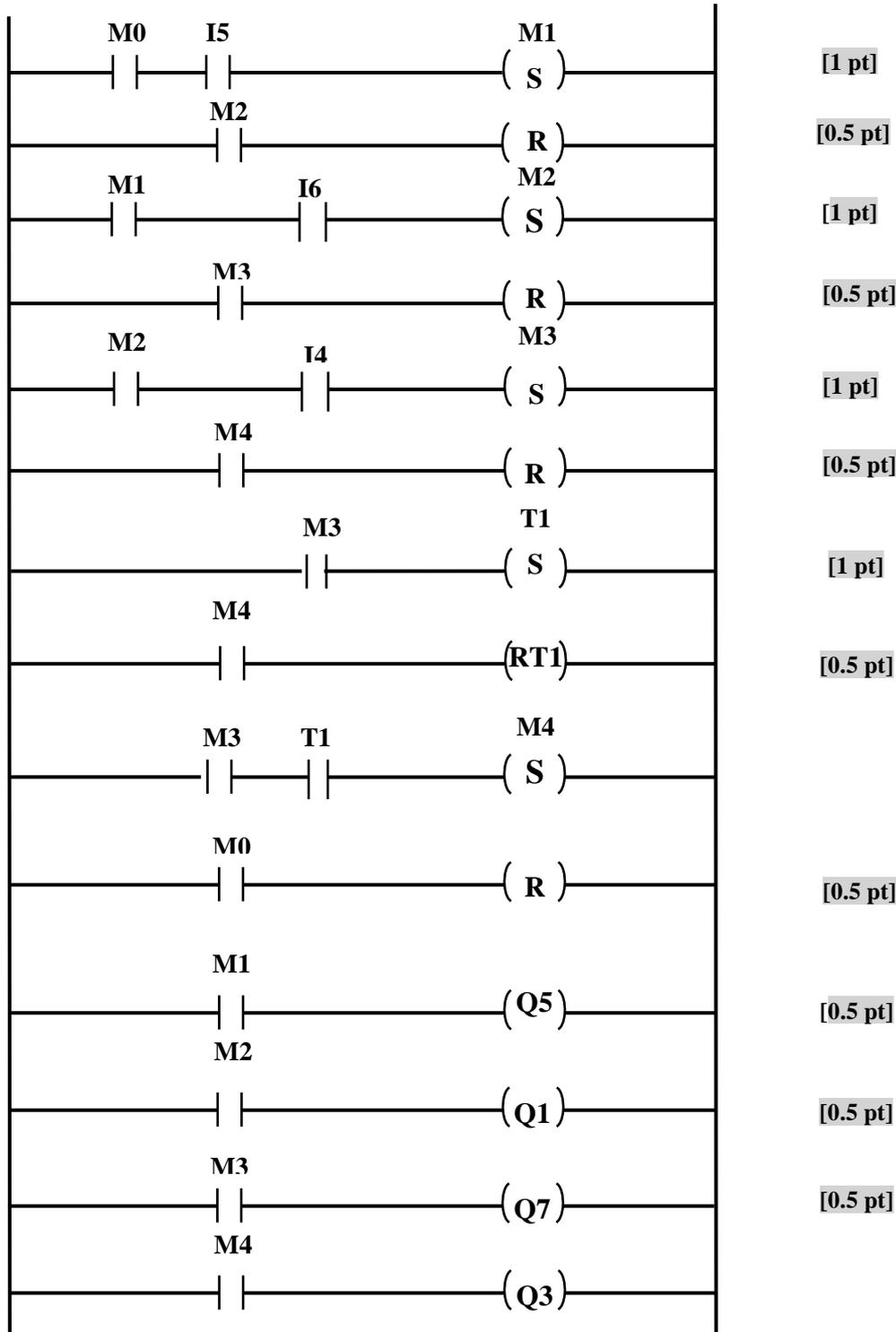
Question : 15.



Question : 16.



Question : 17.



Question : 18.

$$T = 1/f \quad [1 \text{ pt}]$$

$$T = 1/50 ; T = 20 \text{ ms} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 19.

$$V_e = V_{\text{eff}} = 24 \text{ V} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 20.

$$V_e \text{ max} = V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$V_e \text{ max} = 24 \cdot \sqrt{2}; V_e \text{ max} = 33,94 \text{ V} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 21.

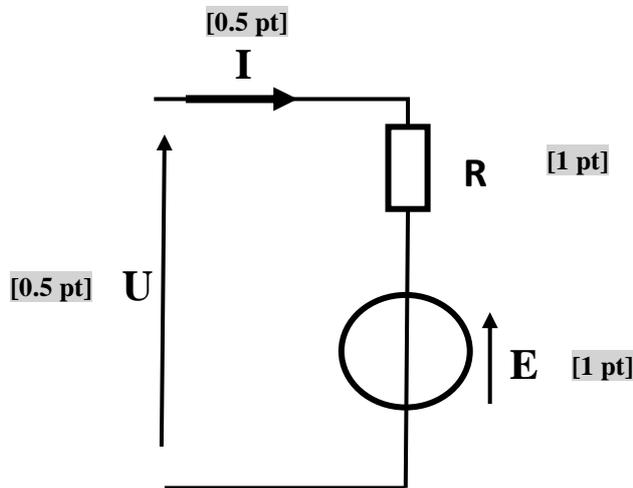
$$\langle U \rangle = 2 V_{\text{max}} / \pi \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\langle U \rangle = 2 * 33,94 / \pi; \langle U \rangle = 21,6 \text{ V} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 22.

Le filtrage de la tension U [1 pt]

Question : 23.



Question : 24.

$$P_a = \langle U \rangle \cdot I \quad [1 \text{ pt}]$$

$$P_a = 21,6 * 0,73; P_a = 15,76 \text{ W} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 25.

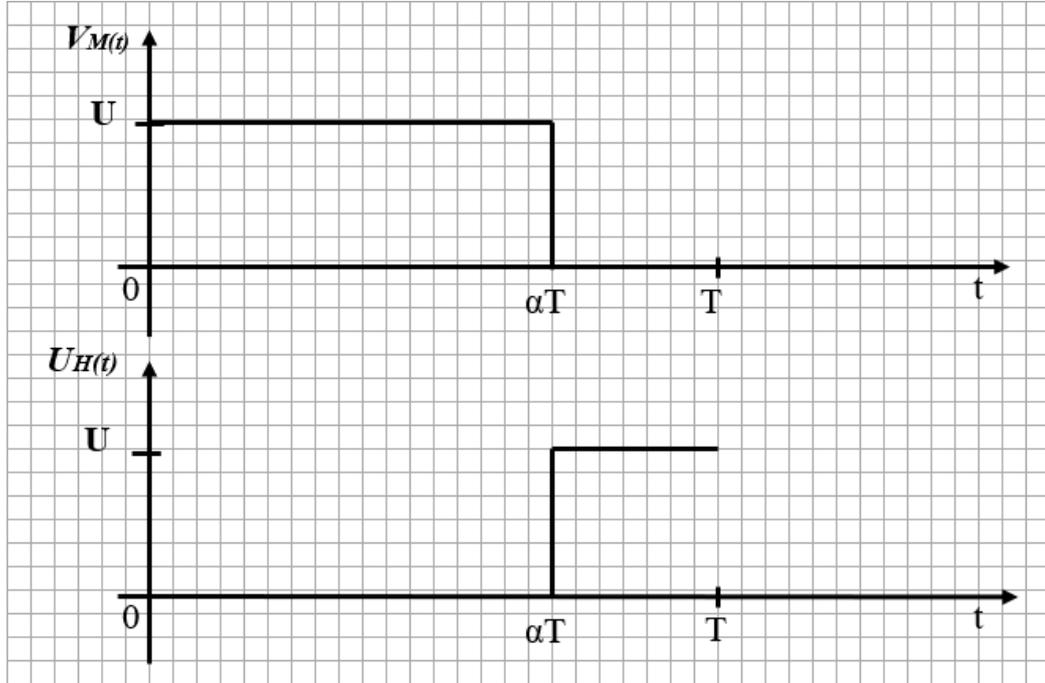
Nom : Diode roue libre [1 pt]

Rôle : Assurer la continuité du courant électrique dans le moteur. [1 pt]

Question : 26.

La courbe de V_M en fonction de temps [2 pts]

La courbe de U_H en fonction de temps. [2 pts]



Question : 27.

$$\langle V_M \rangle = \alpha \cdot U \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 28.

α	$\langle V_M \rangle$ en (V)
0,2	4,32
0,4	8,64
0,6	12,96
0,8	17,28

[0.5 pt]

[0.5 pt]

[0.5 pt]

[0.5 pt]