

الصفحة
1
12
◆◆◆

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

ⵜⴰⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ
ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ
ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ
ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ



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.

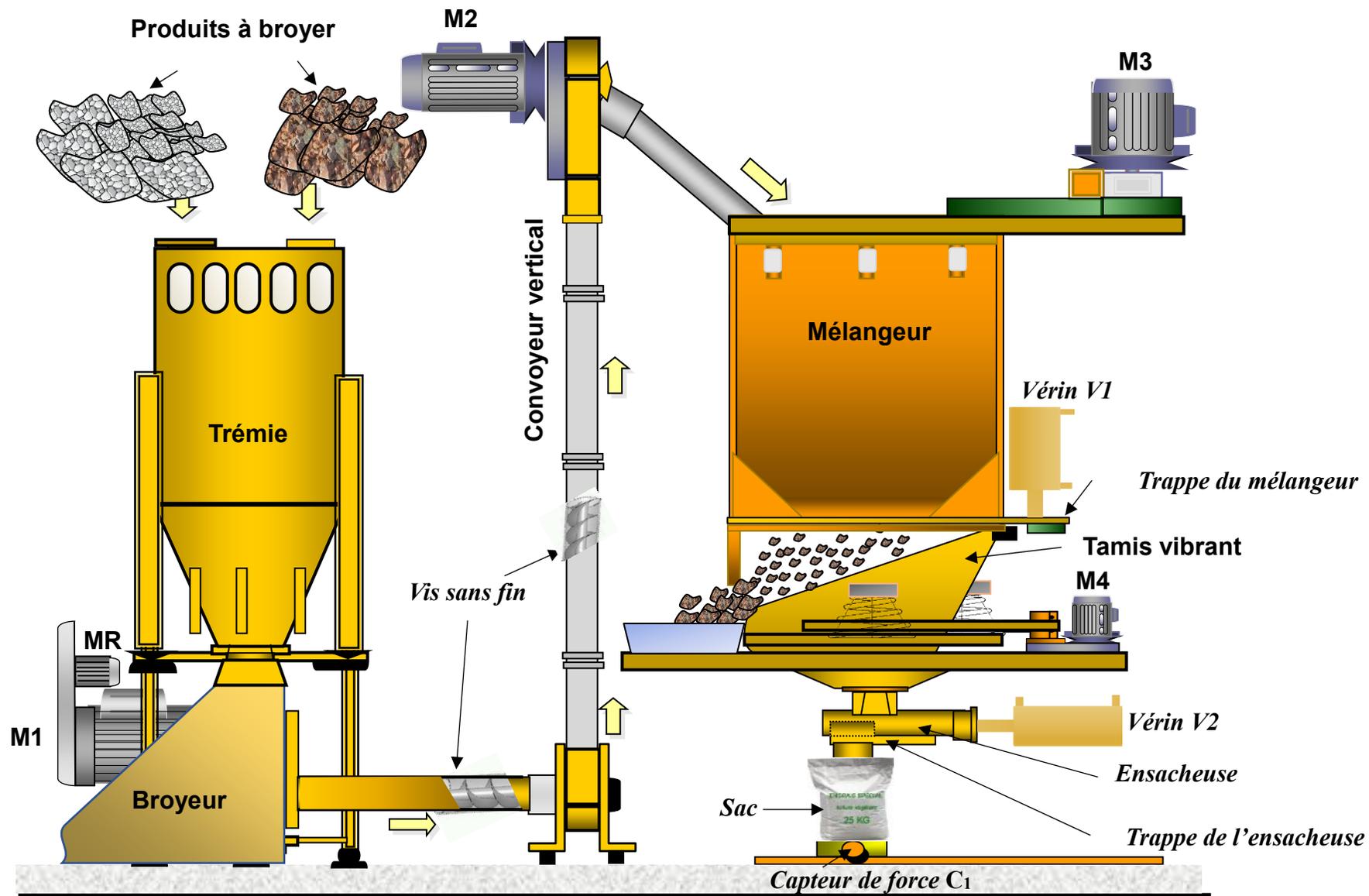


Figure : 1

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]

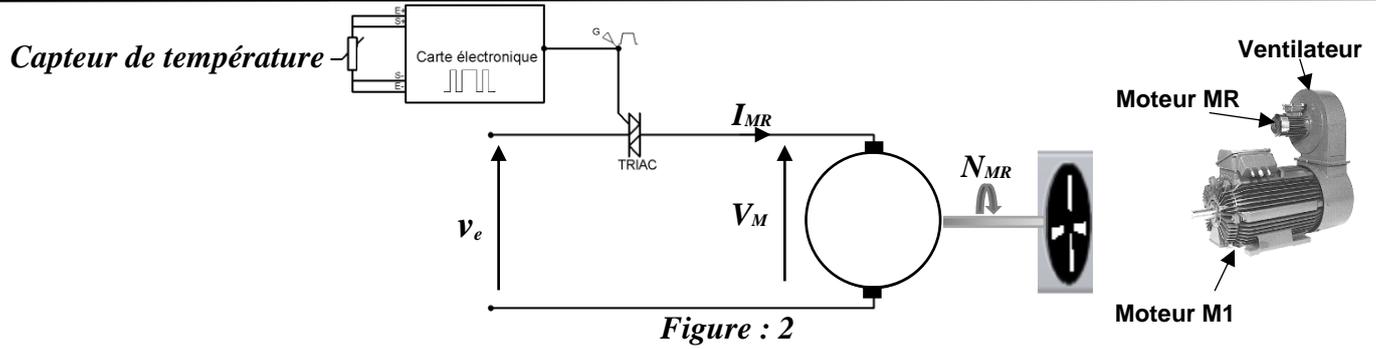
▪ En mode automatique (PROGRAMMATION DES API) :

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).

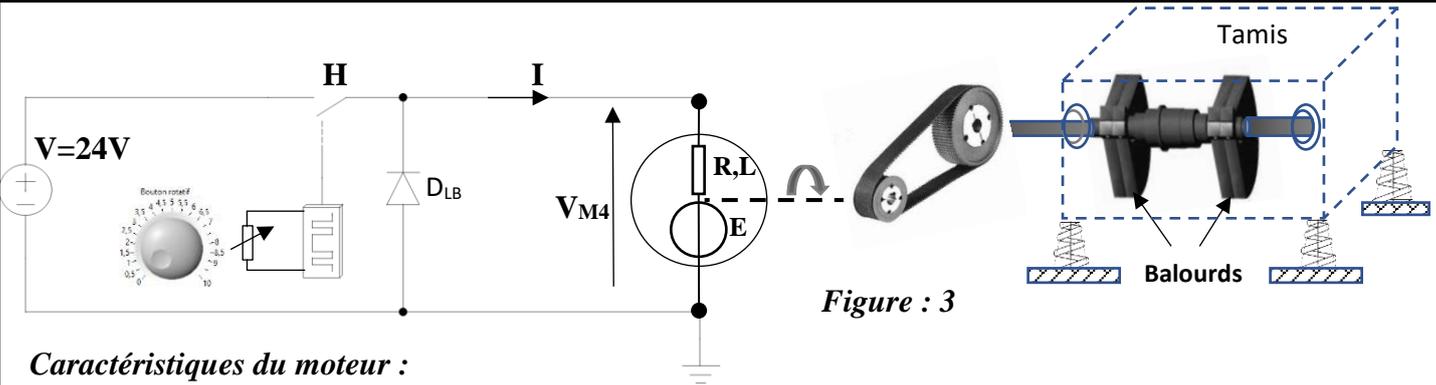


Figure : 3

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 :

$$E = 0,00728.n$$

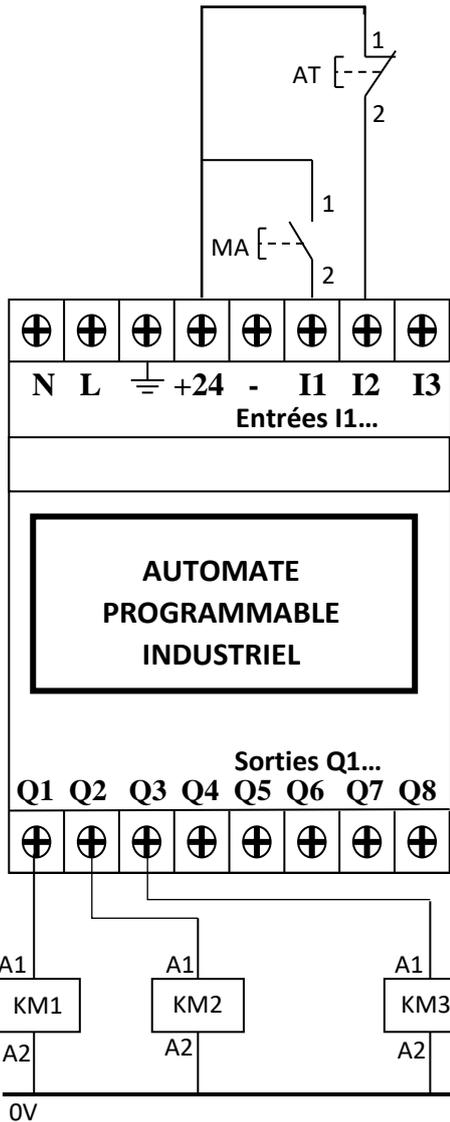
Pour $\langle v_{M4} \rangle = 9,6 V$ et $I = 8,64 A$.

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

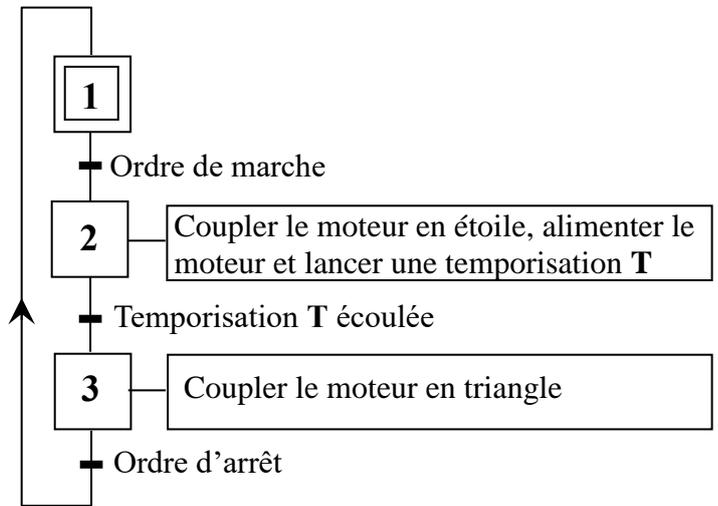


Affectation des entrées/sorties de l'API

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

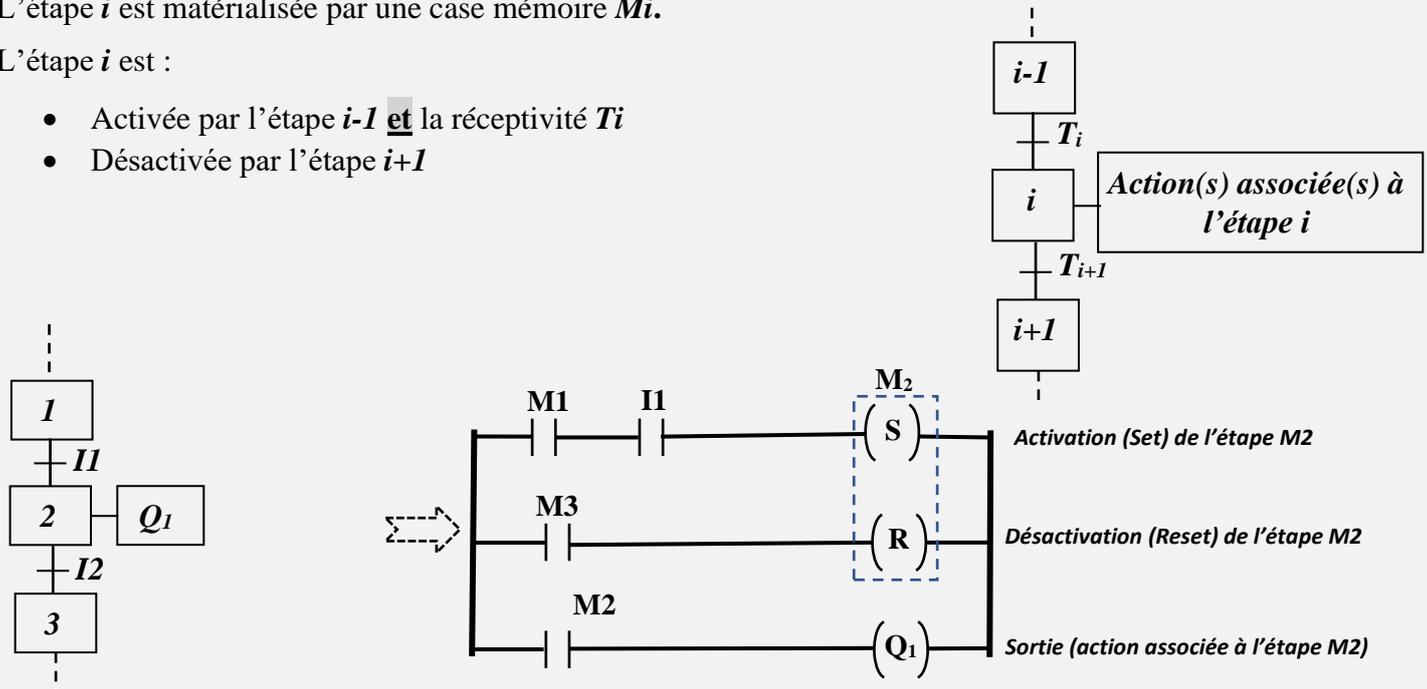


Exemple de traduction d'un Grafcet en langage Ladder

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.

Doc. Rép.

Question : 2.

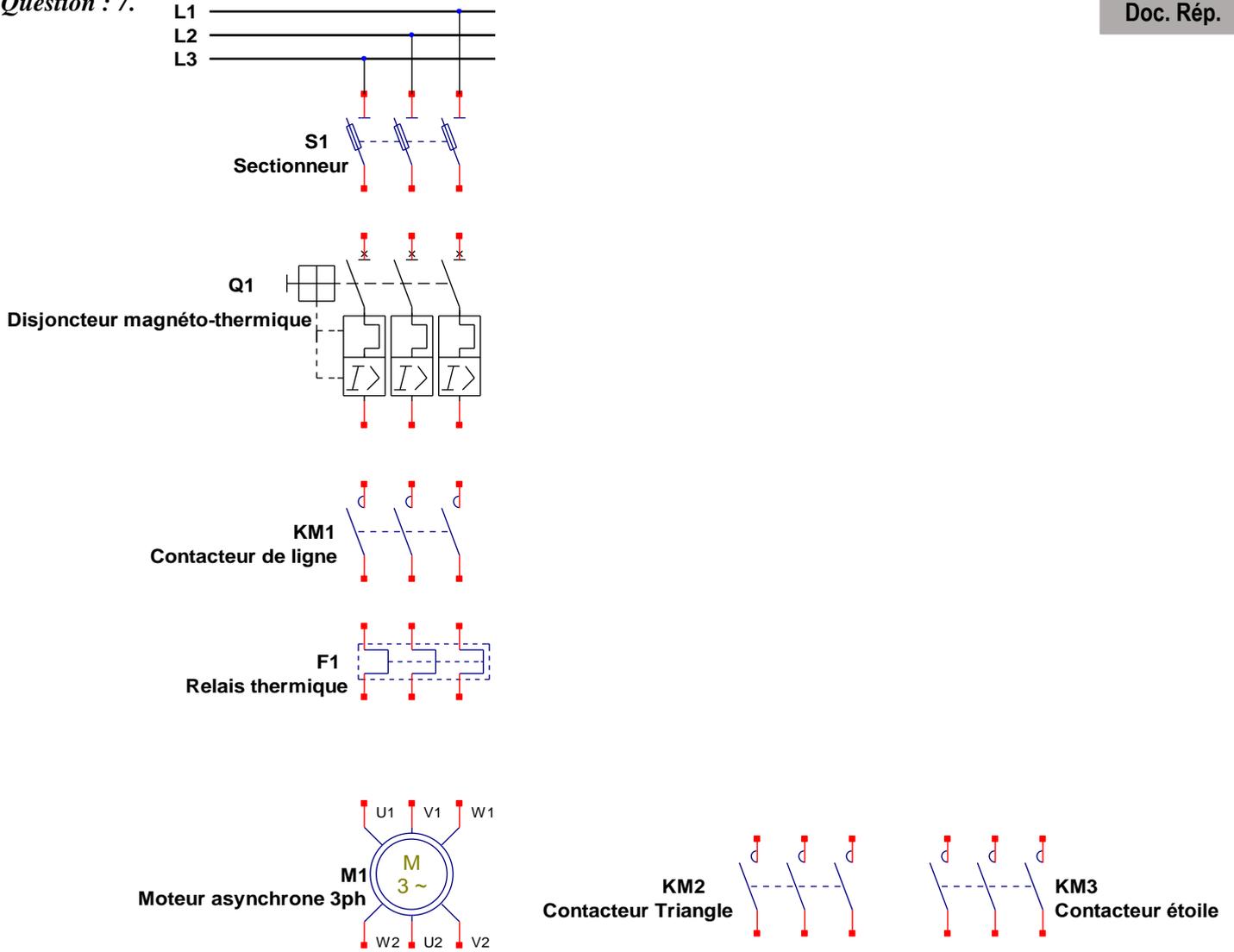
Question : 3.

Question : 4.

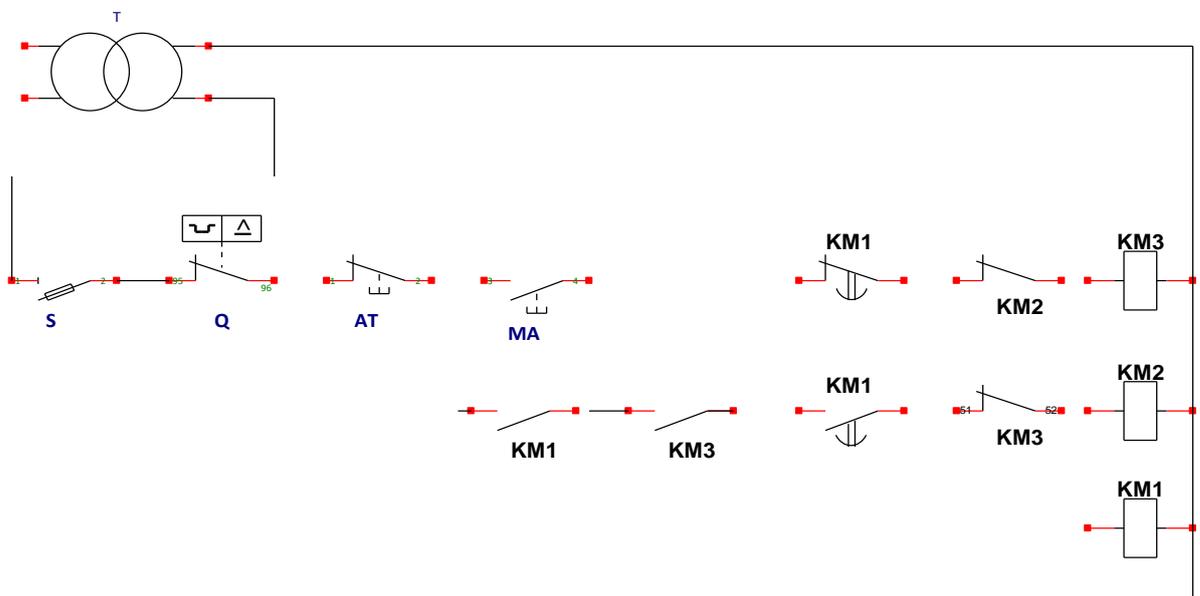
Question : 5.

Question : 6.

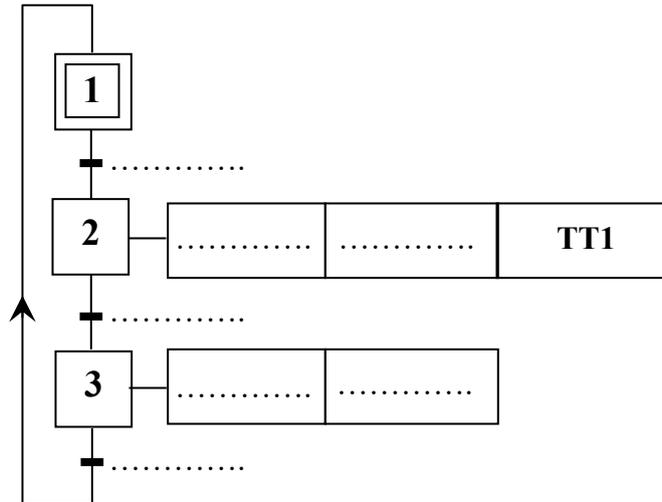
Question : 7.



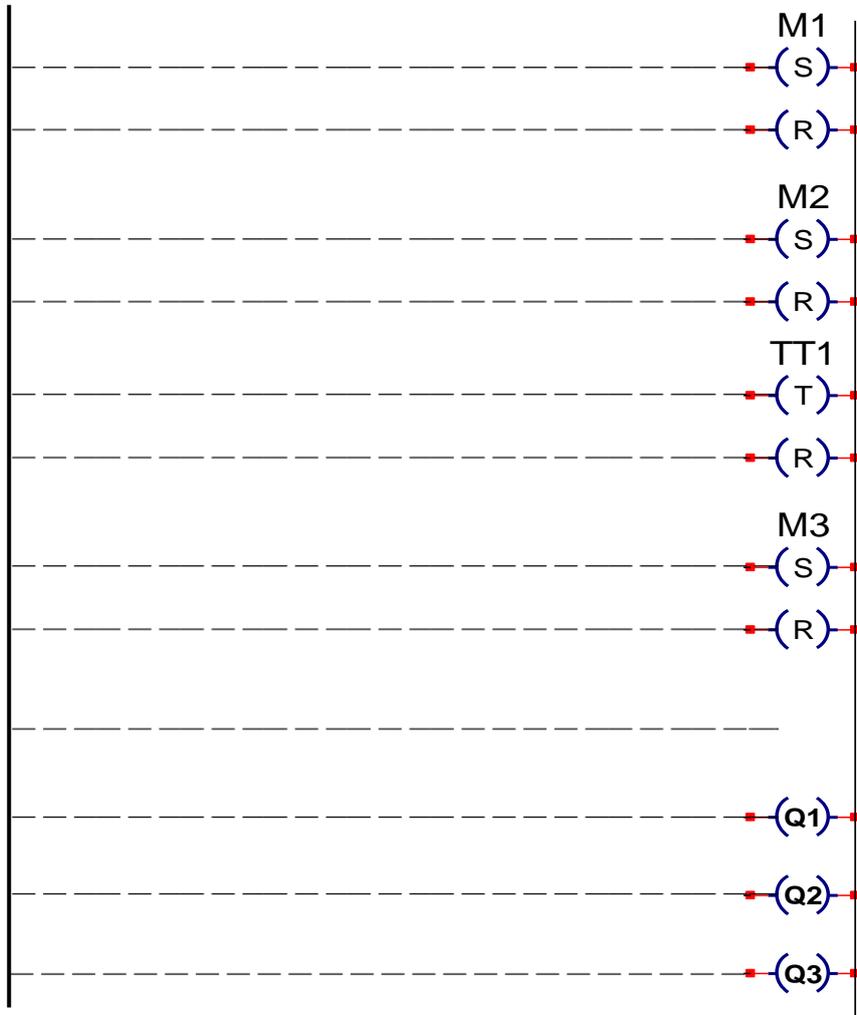
Question : 8.



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.

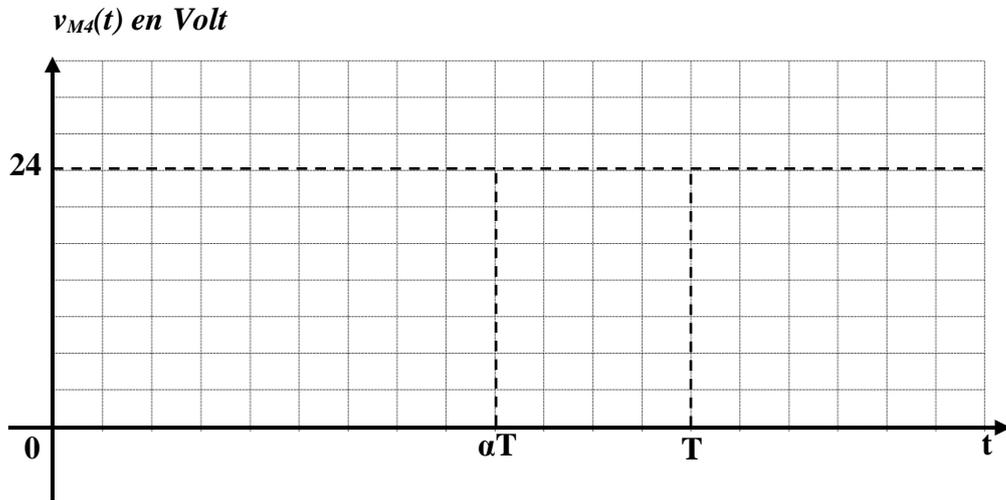
Question : 17.

Question : 18.

Question : 19.

Question : 20.

Question : 21.



Question : 22.

Question : 23.

Question : 24.

Question : 25.

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة -	+XNΛε† ΗCΨOεΘ †εCεLεθ† εΘXεε εεEεO Λ εOε††X εЖЖЖεε Λ εΘΘηCΛ εεЖЖεε Λ εOЖЖεε εCεθOεε	 المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
1		المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه	
5		***** NR214A *****	

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 AU RÉSULTAT NUMÉRIQUE.

Question : 1. Définir le couplage du moteur.

Couplage Triangle [2 pts]

Question : 2. Calculer la vitesse de synchronisme N_s en tr/min.

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

$$N_s = 60.50 / 1 = 3000 \text{ tr / min } [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 3. Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur P_a .

$$P_a = P_u / \eta [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 15000 / 0,86 = 17442 \text{ W } [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 4. Calculer les pertes totales P_t .

$$P_t = P_a - P_u [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 17442 - 15000 = 2442 \text{ W } [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 5. Calculer l'intensité du courant nominal I_L dans la ligne, en déduire le courant nominal J dans un enroulement du moteur.

$$I_L = P_a / \sqrt{3}.U.Cos\phi [1 \text{ pt}]$$

$$= 17442 / \sqrt{3}.400.0,86 = 29,27 \text{ A } [0,5 \text{ pt}],$$

$$J = I_L / \sqrt{3} [1 \text{ pt}]$$

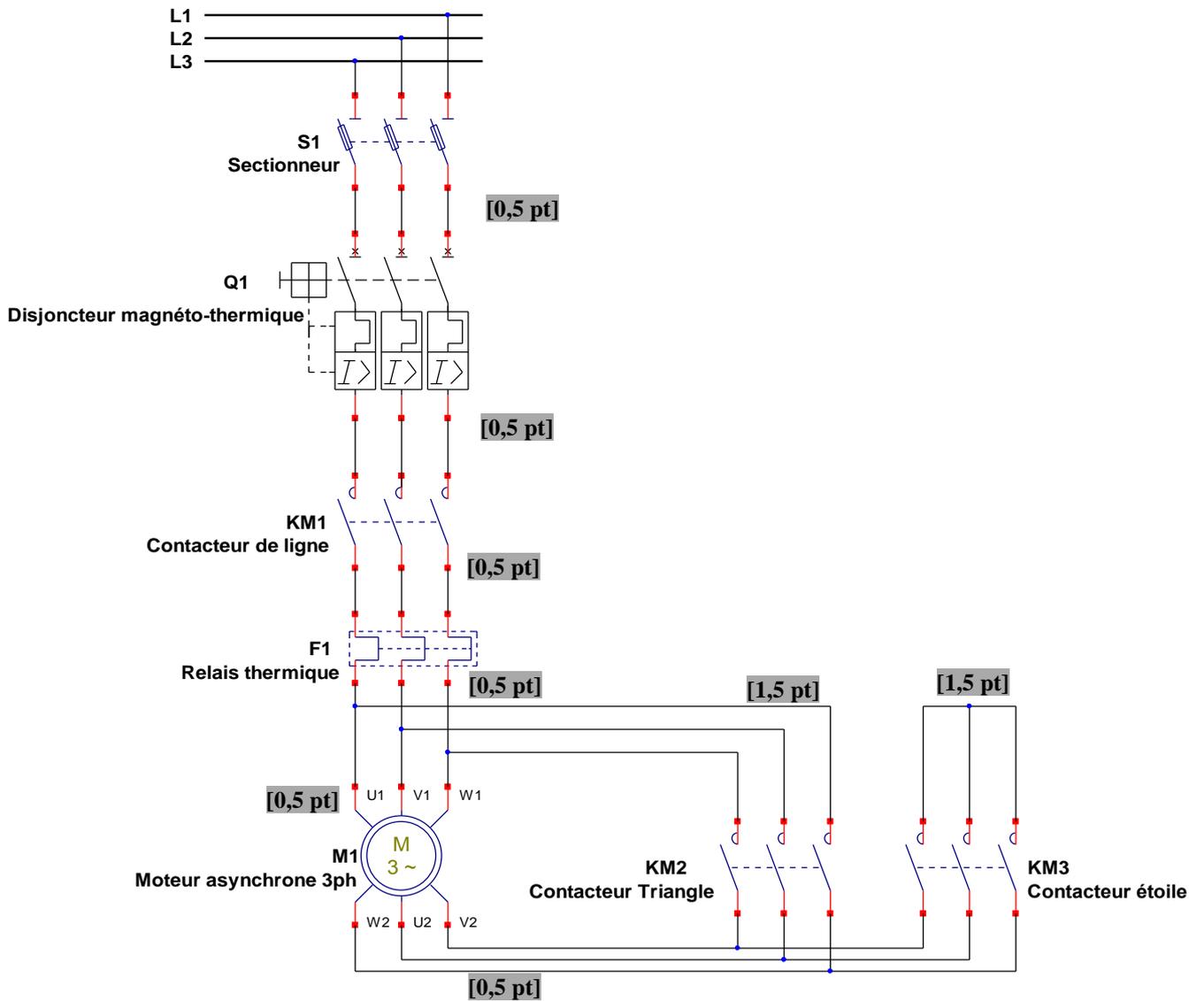
$$= 29,27 / \sqrt{3} = 16,9 \text{ A } [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 6. Calculer alors l'intensité du courant I_{DL} dans la ligne, en déduire le courant nominal J_D dans un enroulement du moteur, pendant le démarrage.

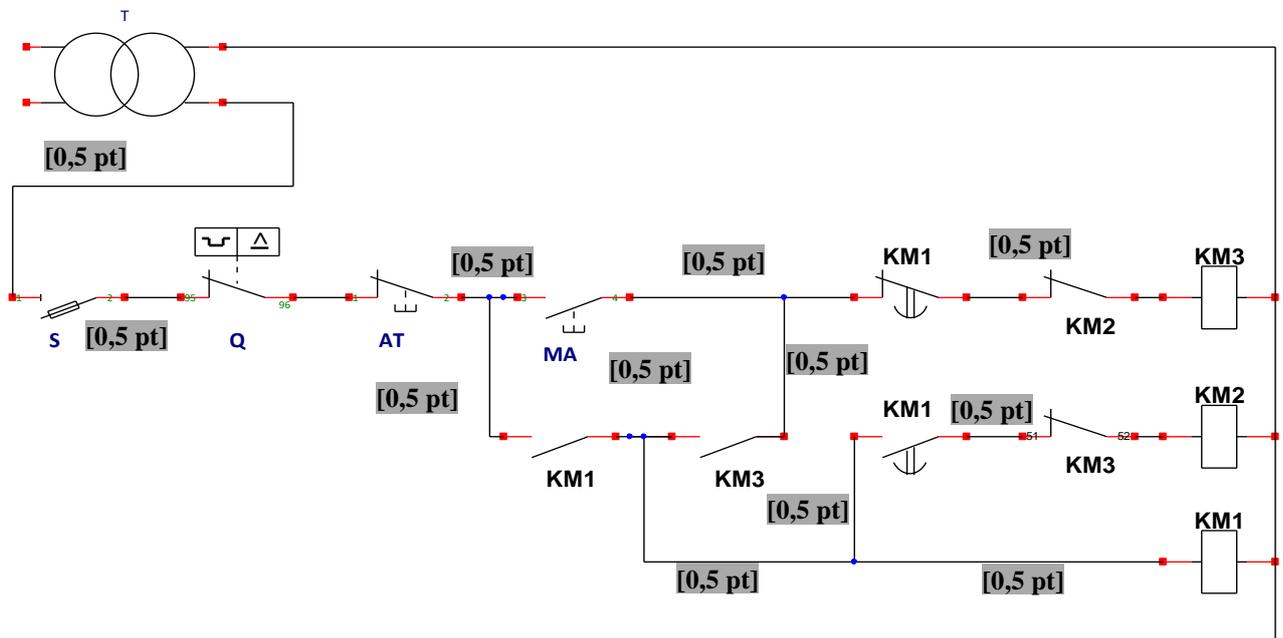
$$I_{DL} = 8.I_L = 8.29,27 = 234,16 [1,5 \text{ pt}]$$

$$J_D = 8.J = 8. 16,9 = 135,2 \text{ A } [1,5 \text{ pt}]$$

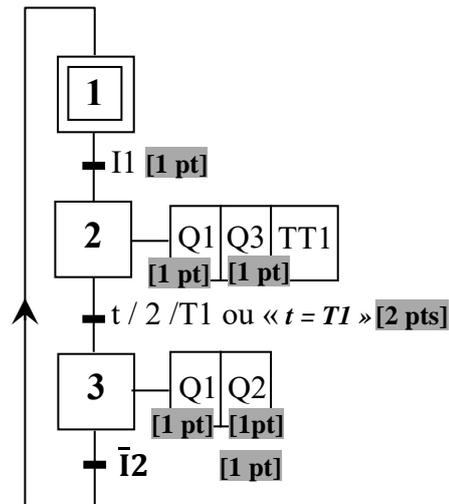
Question : 7. Compléter le schéma du circuit de puissance (étoile triangle).



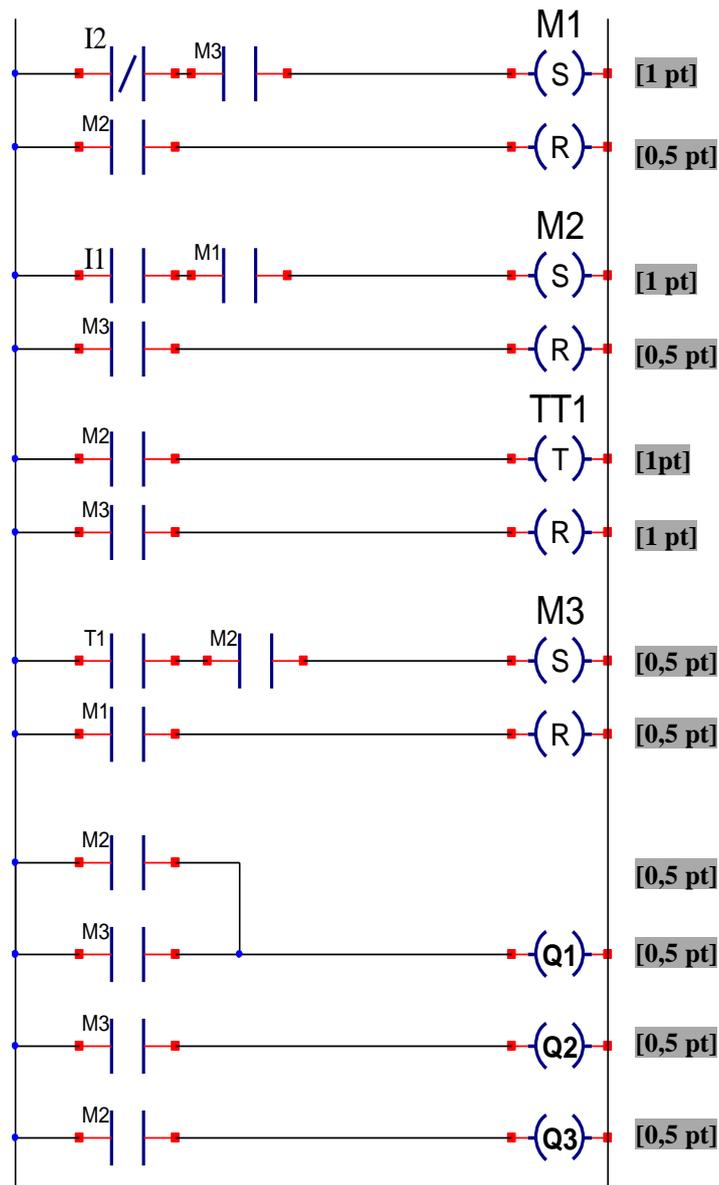
Question : 8. Compléter le circuit de commande du moteur M1 en mode manuel.



Question : 9. Compléter le Grafct de point de vue API décrivant le démarrage étoile-triangle du moteur **M1** en mode automatique.



Question : 10. Compléter le programme Ladder correspondant.



Question : 11. Préciser, pour la tension V_e :

- La valeur efficace $V_{eff} = 230 V$ [1 pt]
- La valeur maximale $V_{Max} = 230. \sqrt{2} = 325V$ [1 pt]
- La pulsation $\omega_e = 314 rad/s$ [1 pt]

Question : 12. Calculer la fréquence f_e en Hz de la tension V_e , en déduire sa période T_e en ms.

$$f_e = \frac{\omega_e}{2\pi} \quad [1 \text{ pt}] ; \quad T_e = \frac{1}{f_e} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$f_e = \frac{314}{6,28} = 50 \text{ Hz}, [0,5 \text{ pt}]$$

$$T_e = \frac{1}{50} = 20 \text{ ms} [0,5 \text{ pt}]$$

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

$$\text{Pour } \alpha = \frac{3\pi}{4}, N_{MRmin} = 870,6 \text{ tr/min} [3 \text{ pts}]$$

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

$$\text{Pour } \alpha = 0, N_{MRMAX} = 2890 \text{ tr/min} [3 \text{ pts}]$$

Question : 15. Calculer la puissance électrique nominale P_i absorbée par l'induit.

$$P_i = V_{M4} \cdot I_i = V \cdot I_i [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 24 \cdot 21,6 = 518,4 \text{ W} [0,5 \text{ pt}]$$

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

$$P_{je} = U_e \cdot I_e [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 24 \cdot 0,5 = 12 \text{ W} [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 17. Calculer la puissance P_u fournie à la charge.

$$P_u = C_u \cdot \Omega [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 1,45 \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} = 455,53 \text{ W} [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 18. Calculer les pertes joules P_j dans l'induit du moteur.

$$P_j = R I_i^2 [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 0,1 \cdot (21,6)^2 = 46,65 \text{ W} [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 19. Calculer les pertes constantes ou « collectives » P_c du moteur.

$$P_c = P_i - P_u - P_j \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$= 518,4 - 455,53 - 46,65 = 16,22 \text{ W} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

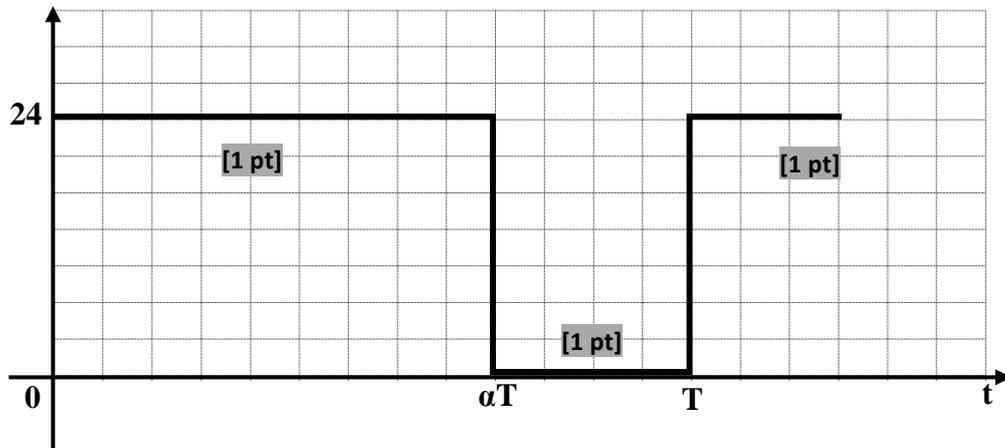
Question : 20. Calculer le rendement nominal η

$$\eta = \frac{P_u}{P_i + P_{je}} = \frac{P_u}{P_u + P_j + P_{je} + P_c} \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$= \frac{455,53}{518,4 + 12} = \frac{455,53}{455,53 + 46,65 + 12 + 16,45} = 0,858 \text{ ou } \eta = 85,8 \% \quad [0,5 \text{ pt}]$$

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

$v_{M4}(t)$ en Volt



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 .

$$\langle v_{M4} \rangle = V \frac{\alpha T}{T} = \alpha \cdot V \quad [3 \text{ pts}]$$

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

$$\langle v_{M4} \rangle = \alpha \cdot V = 0,4 \cdot 24 = 9,6 \text{ V} \quad [2 \text{ pts}]$$

Question : 24. Calculer la f.c.é.m. E en volt.

$$E = V_{M4\text{moy}} - R \cdot I \quad [2 \text{ pts}]$$

$$= 9,6 - 0,1 \cdot 8,64 = 8,736 \text{ V} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 25. En déduire la vitesse n du moteur en tr/min.

$$n = E / 0,00728 \quad [2 \text{ pts}]$$

$$= 8,736 / 0,00728 = 1200 \text{ tr/min} \quad [1 \text{ pt}]$$