الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

المسالك المهنية

الدورة العادية 2021

- الموضوع -

PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP | NS 214A

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

4h	مدة الإنجاز	الاختبار التوليفي في المواد المهنية - الجزء 1	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** (feuilles **Jaunes**) : Socle du sujet et Documents ressources.*
- *Pages **08 à 13** (feuilles **Blanches**) : Documents réponses.*

Le sujet traite 2 domaines principaux :

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

- Moteurs à C.A.
- Commande électronique de moteurs.

B- DOMAINE PRINCIPAL D'AUTOMATISME *(sur10 points) :*

- Systèmes Automatisés.
- Programmation des API.

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

La numérotation des questions est continue : *de la question **N° 1 (Question : 1.)** à la question **N° 26 (Question : 26.)**.*

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.***

ETUDE DE LA COMMANDE DE LA BARRIÈRE AUTOMATIQUE

I. Introduction

Le système, objet de l'étude est une barrière automatique utilisée pour contrôler le flux des véhicules entrants à un parking privé (figure 1).

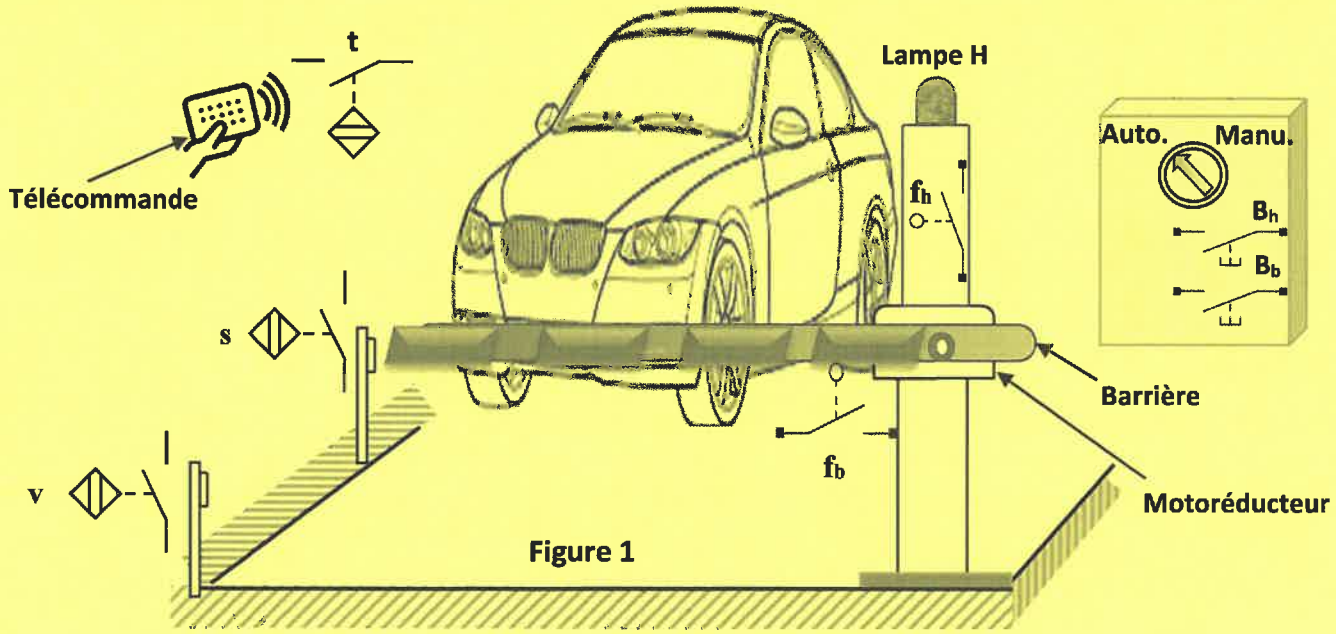


Figure 1

II. Description

Le propriétaire de la voiture dispose d'une télécommande représentée par le contact « **t** » pour lever la barrière à distance.

Le système « barrière de parking » **figure 1 ci-dessus**, est constitué de :

- Une barrière actionnée par un moteur asynchrone triphasé **M1** couplé à un réducteur mécanique ;
- Une télécommande pour l'ouverture à distance de la barrière, contact « **t** » actionné ;
- Une lampe de signalisation « **H** » ;
- Un capteur photoélectrique détectant la présence d'un véhicule désirant accéder au parking et provoque la fermeture du contact « **s** » ;
- Un capteur magnétique de détection véhicule « **v** », les fronts montants (↑**v**) et descendants (↓**v**) sont utilisés judicieusement afin de détecter :
  - *Le début de l'avant du véhicule* ↑**v**.
  - *La fin de l'arrière du véhicule* ↓**v**.
- Deux capteurs électromécaniques à galets détectent la position basse et la position haute de la barrière ;
  - f_b : *contact de fin de course détectant la limite basse de la barrière ;*
  - f_h : *contact de fin de course détectant la limite haute de la barrière ;*
- Un automate programmable industriel (**API**) qui gère le système de la montée et de la descente de la barrière.
- Un commutateur de sélection à deux positions :
  - *Position **AUTO** (Marche automatique) ;*
  - *Position **MANU** (Marche manuelle), la commande dans ce mode se fait par action sur les deux boutons poussoirs (B_h, B_b).*
- Une alimentation de secours.

III. Fonctionnement

La barrière automatique fonctionne en deux modes :

- Mode manuel :
  - L'ouverture et la fermeture de la barrière sont commandées par un opérateur qui actionne les boutons poussoirs correspondants. L'automate programmable industriel (API) est alors déconnecté du système.
- Mode automatique :
  - La barrière est gérée, d'une façon automatique par l'automate programmable industriel, selon le cycle décrit par le grafcet point de vue système de la figure ci-dessous.

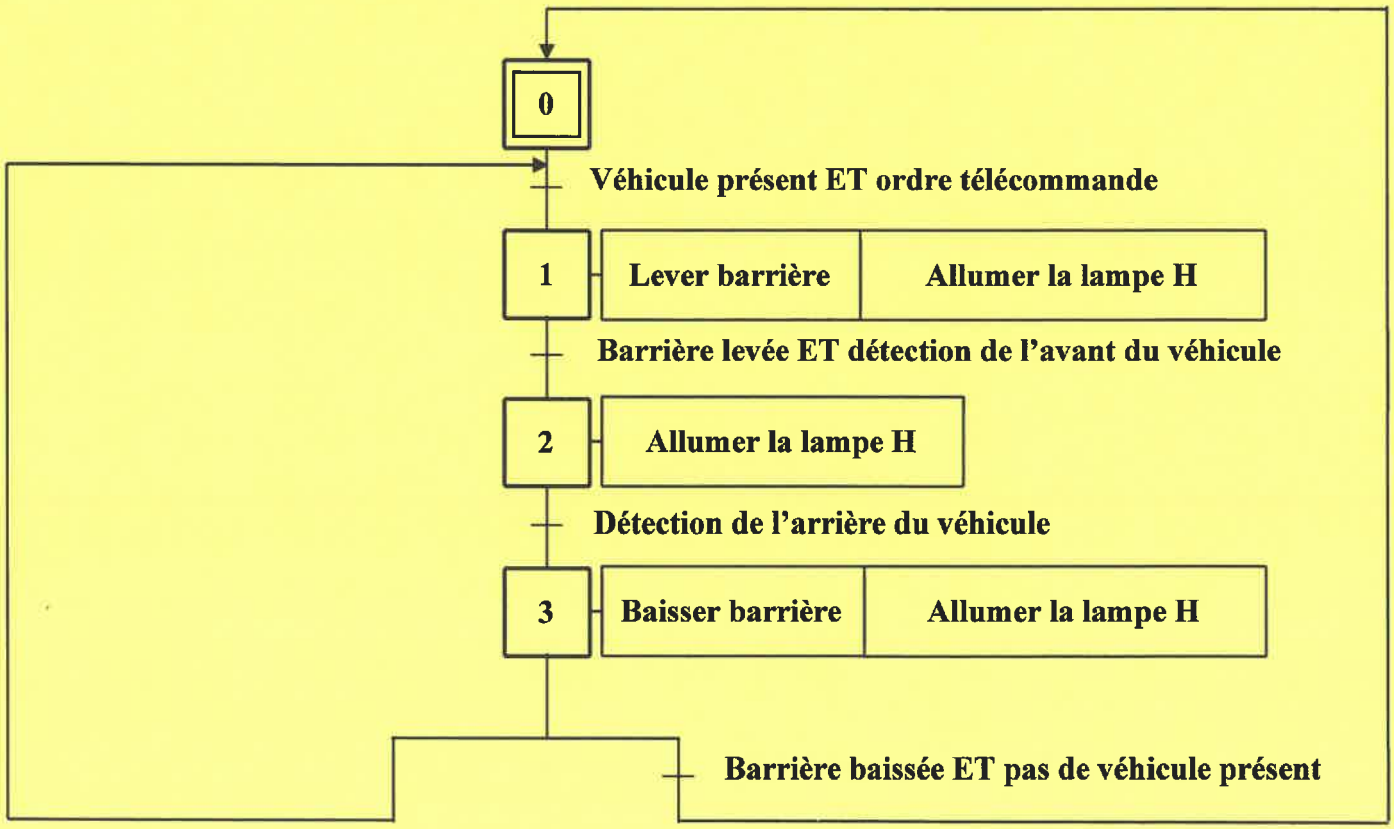


Figure 2 : Grafcet point de vue système

A-DOMAINE PRINCIPAL D'ÉLECTROTECHNIQUE *(sur 30 points)*

A-1 *ETUDE DU MOTEUR M1 DE LA BARRIÈRE*

Le moteur **M1** d'entrainement de la barrière, est un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil dont les indications de la plaque signalétique sont reportées dans le tableau suivant :

Y 400 V 4,2 A	**Cos φ = 0,80**	**N = 2850 tr/min**
Δ 230 V 7,12 A	**3 ~ 50 Hz**	**η = 0,85**
La résistance d'un enroulement statorique ***rs*** *=* **5 Ω.**		
Le moteur ***M1*** *est raccordé directement au réseau* **230 / 400 V, 50 Hz**		

Pour le fonctionnement nominal du moteur *:*

Question : 1. *Indiquer la valeur de la tension simple et celle de la tension composée du réseau triphasé.* [1pt]

Question : 2. *Comment doivent être couplés les enroulements de ce moteur ? Justifier votre réponse.* [1pt]

Question : 3. *Compléter le couplage des enroulements du moteur.* [1pt]

Question : 4. *Donner la vitesse de rotation de synchronisme* ***Ns (tr/min)*** *et calculer le glissement* ***g*** *en* ***%.*** [1pt]

Question : 5. *Donner l'intensité efficace* I_N *du courant nominal absorbé.* [1pt]

Question : 6. *Calculer la puissance absorbée* ***Pa.*** [1pt]

Question : 7. *Calculer les pertes joules statoriques* ***Pjs.*** [1 pt]

Question : 8. *Calculer la puissance utile* ***Pu.*** [1 pt]

Question : 9. *Calculer le moment du couple utile du moteur* ***Tu*** *en* ***(N.m).*** [1,5 pt]

A-2 : *DEMARRAGE DU MOTEUR M1*

Un départ moteur comprend un ensemble d'appareillage qui assure la commande et la protection du moteur. *Les* ***figures 3*** *et* ***4 (page 7)*** *donnent les schémas d'installation de ce moteur pour un seul sens de rotation pour une commande manuelle.*

Question : 10. *Mettre une croix dans la case correspondant à la fonction de chaque élément.* [2 pts]

Question : 11. *De quel mode de démarrage s'agit-il ?* [1pt]

Question : 12. *Quelles sont les fonctions des boutons poussoirs* ***S1*** *et* ***S2*** *?* ***(fig 3 page7)*** [1.5pt]

Question : 13. *Quelle fonction réalise le contact* ***KM1*** *en parallèle avec le bouton poussoir* ***S2*** *?* [1pt]

Question : 14. *Donner l'intensité* ***Ir*** *de réglage du relais thermique et justifier votre réponse.* [1 pt]

Question : 15. *Comment peut-on inverser le sens de rotation du moteur ?* [1 pt]

Question : 16. *Compléter le circuit de puissance pour commander le moteur en deux sens de rotation.* [1.5pt]

Question : 17. *Donner l'inconvénient principal du démarrage direct.* [1 pt]

Question : 18. *Citer deux modes de démarrage utilisés pour remédier aux inconvénients du démarrage direct.* [1,5 pt]

Question : 19. *Utiliser la* ***fig. 5*** *du* ***document ressources N°2*** *pour choisir la référence du moteur.*

Justifier votre réponse. [2 pts]

A-3 : L'ALIMENTATION DE SECOURS

L'installation est équipée d'une alimentation de secours qui alimente les circuits d'éclairage et de signalisation en cas de coupure de l'alimentation du réseau.

L'alimentation de secours est un appareil placé entre le réseau électrique et l'installation que l'on souhaite protéger contre les coupures de courant.

Selon sa capacité, l'alimentation de secours peut être maintenue pendant quelques minutes à plusieurs heures.

L'alimentation de secours est réalisée à base d'un onduleur monophasé dont le schéma de principe est donné par la **figure 6 - page 7**. L'onduleur génère à partir d'une tension continue d'une batterie de **48 V** une tension sinusoïdale de valeur efficace **Us = 230 V** et de fréquence ***f***.

Étude du principe de l'onduleur.

- *La commande des interrupteurs **K1**, **K2**, **K3** et **K4** est effectuée électroniquement.*
- *La période **T** de la commande est égale à **20 ms**.*
- *Les interrupteurs **K1**, **K2**, **K3** et **K4** ainsi que la batterie sont supposés parfaits.*

Commande des interrupteurs :

- $0 < t \leq 10\ ms$, *K1 et K3 sont fermés, K2 et K4 sont ouverts.*
- $10 < t \leq 20\ ms$, *K2 et K4 sont fermés, K1 et K3 sont ouverts.*

Question : 20. *Donner la définition d'un onduleur.* [1 pt]

Question : 21. *Donner les schémas équivalents du montage pour* $0 < t \leq 10\ ms$ *et* $10 < t \leq 20\ ms$ *et exprimer les tensions* $U_{AB}(t)$ *en fonction de la tension* E. [2 pts]

Question : 22. *Représenter l'allure de la tension* $U_{AB}(t)$ *pour une période* T. [2 pts]

Question : 23. *Calculer la fréquence* f *de* $U_{AB}(t)$. [2 pts]

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

En vous aidant :

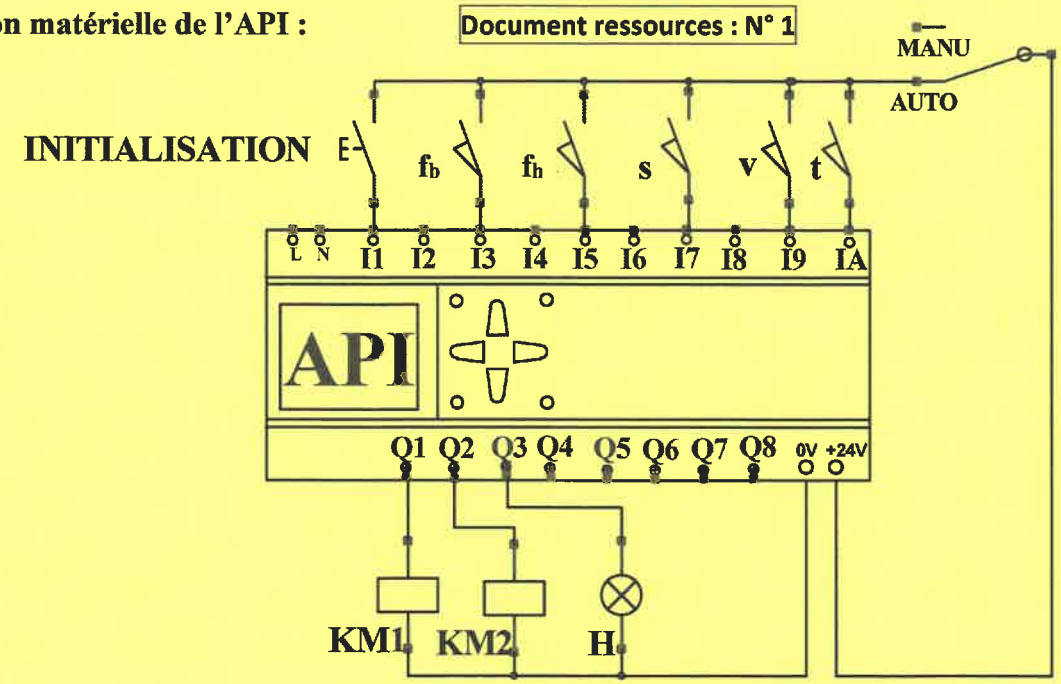
- Du Grafcet point de vue système (***page 3***) ;
- De la configuration matérielle de le l'**API** (***page 6***) ;
- Du tableau des affectations des entrées / sorties (***page 6***) ;
- De la démarche de traduction d'un Grafcet en langage LADDER (***page 6***).

Question : 24. *Compléter le Grafcet point de vue commande ;* [2.5 pts]

Question : 25. *Compléter le Grafcet point de vue **API** ;* [2.5 pts]

Question : 26. *Compléter le programme Ladder correspondant.* (***Vous pouvez utiliser une autre démarche valide pour traduire le Grafcet en Ladder***). [5 pts]

▪ **Configuration matérielle de l'API :** **Document ressources : N° 1**



▪ ***Tableau des affectations des variables d'entrées / sorties***

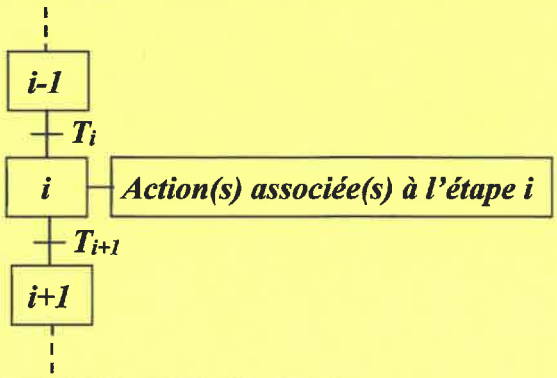
Entrées		*Sorties*	
Contact du capteur	Entrée API	Pré-actionneur	Sortie API
Contact photocellule s	I7	Contacteur montée barrière **KM1**	Q1
Contact « fin de course bas » f_b	I3	Contacteur descente barrière **KM2**	Q2
Contact « fin de course haut » f_h	I5	Sortie directe signalisation **H**	Q3
Contact capteur « véhicule **v** »	I9		
Contact télécommande « **t** »	IA		
Bouton poussoir d'Initialisation (INITIALISATION)	I1		

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

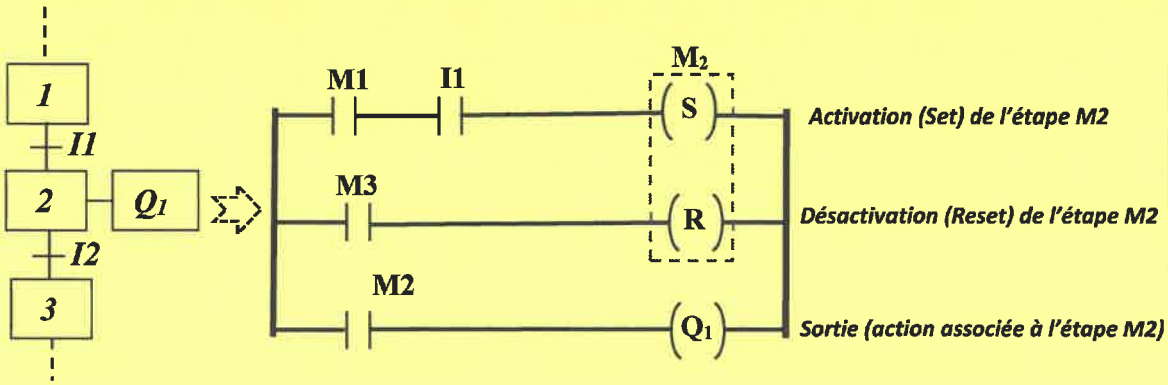
*L'étape **i** est matérialisée par une case mémoire **Mi**.*

*L'étape **i** est :*

- ***Activée** par l'étape **i-1** <u>et</u> la réceptivité T_i*
- ***Désactivée** par l'étape **i+1***



Exemple :



Document ressources : N° 2

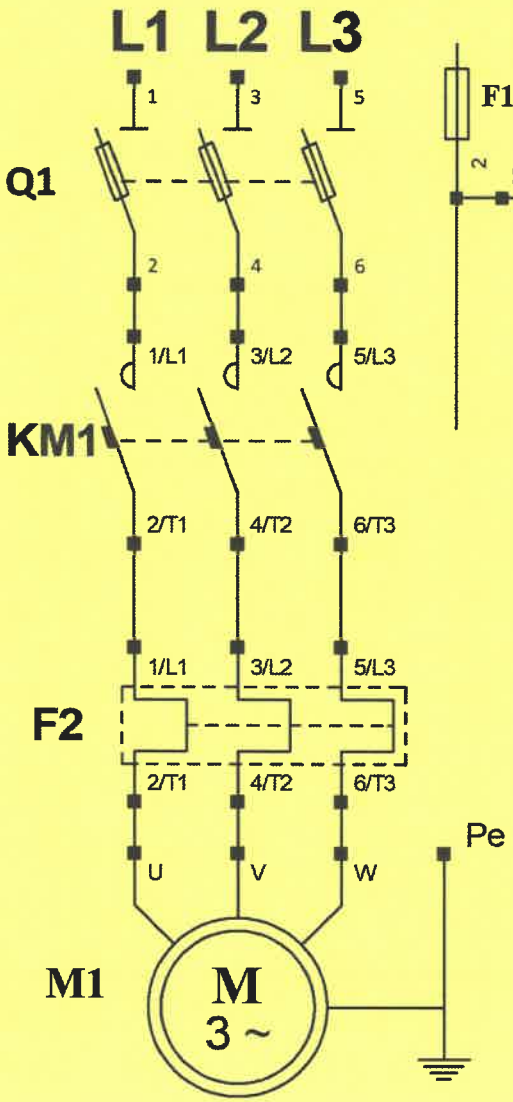


Figure 4 : circuit de puissance

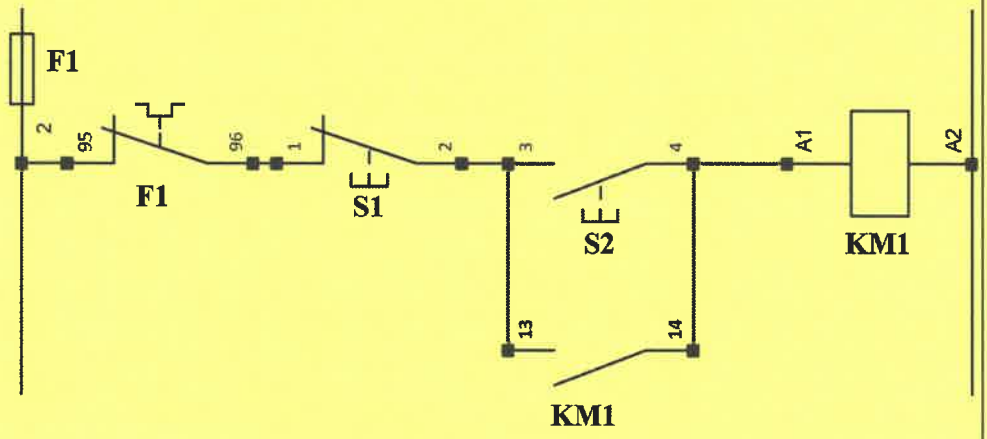


Figure 3 : circuit de commande

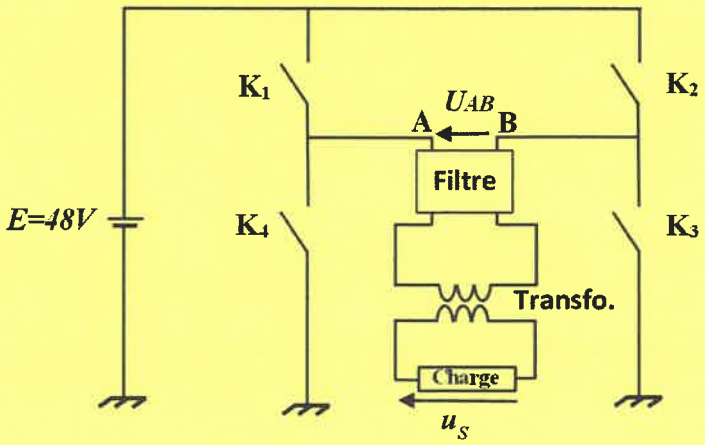


Figure 6 : schéma de principe de l'onduleur monophasé

Figure 5 : choix des moteurs

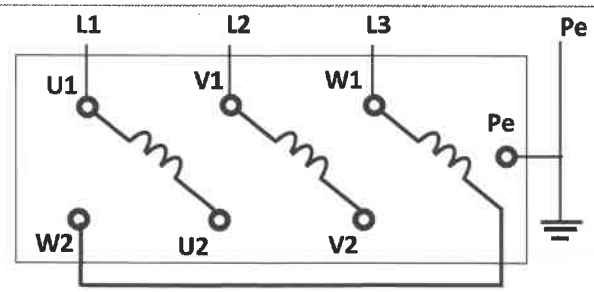
MOTEURS ASYNCHRONES								
2 Pôles – 3000 tr / min					4 Pôles – 1500 tr / min			
Référence	Puissance nominale P_N kW	Vitesse nominale N_N tr / min	Intensité nominale I_N (400V) A		Référence	Puissance nominale P_N kW	Vitesse nominale M_N tr / min	Intensité nominale I_N (400V) A
LS 90 S	1,5	2870	3,3		LS 90 S	1,5	1420	3,5
LS 90 L	1,8	2870	3,6		LS 90 L	1,8	1410	4,1
LS 90 L	2,2	2850	4,4		LS 90 L	2,2	1430	5,1
LS 100 L	3	2860	6,3		LS 100 L	3	1420	7,2
LS 112 M	4	2840	4,2		LS 112 M	4	1425	9,1
LS 132 S	5,5	2920	10,9		LS 132 S	5,5	1430	11,9
LS 132 S	7,5	2920	15,3		LS 132 S	7,5	1450	15,2
LS 132 M	9	2945	17,1		LS 132 M	9	1450	18,4
LS 160 M	11	2915	20,5		LS 160 M	11	1450	21,3

Document réponses : N° 1

Question : 1.

Question : 2.

Question : 3.



Question : 4.

Question : 5.

Question : 6.

Document réponses : N° 2

Question : 7.

Question : 8.

Question : 9.

Question : 10.

Fonction / Élément	Commutation	Sectionnement	Protection contre les surcharges	Protection contre Les courts-circuits
Sectionneur à fusibles	……	……	……	……
Contacteur	……	……	……	……
Relais thermique	……	……	……	……

Question : 11.

Question : 12.

Bouton poussoir	Fonction
S2	……
S1	……

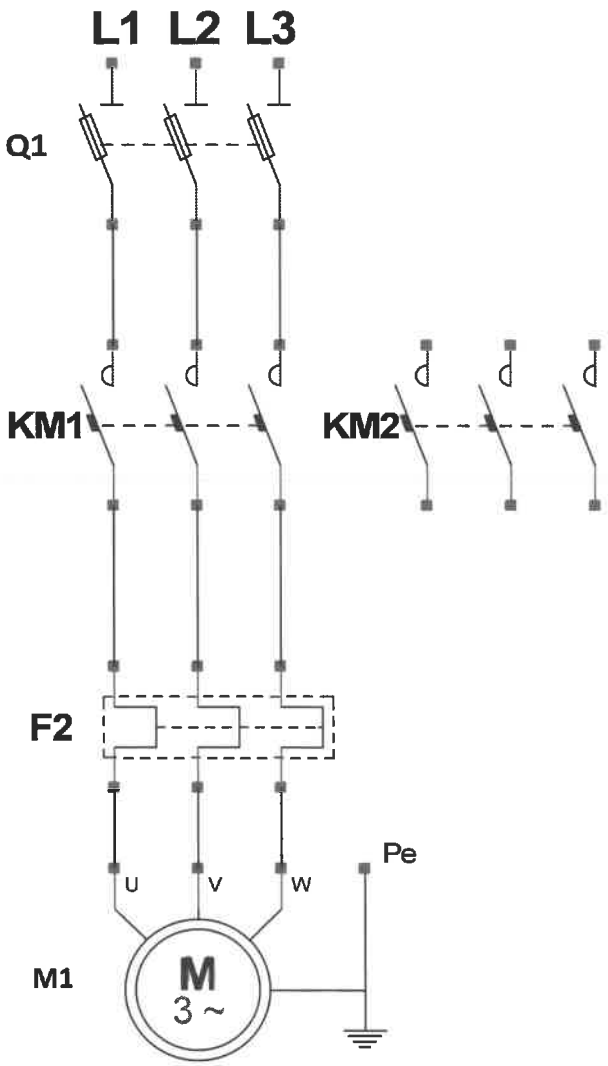
Question : 13.

Document réponses : N° 3

Question : 14.

Question : 15.

Question : 16.



Question : 17.

Document réponses : N° 4

Question : 18.

Question : 19.

Question : 20.

Question : 21.

Schéma pour $0 < t \leq 10\ ms$

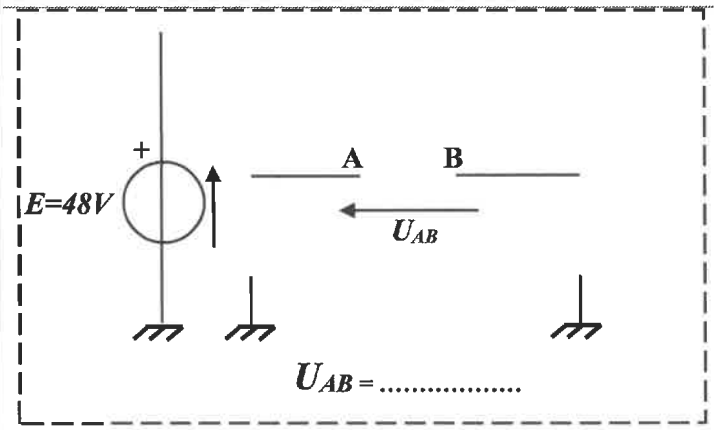
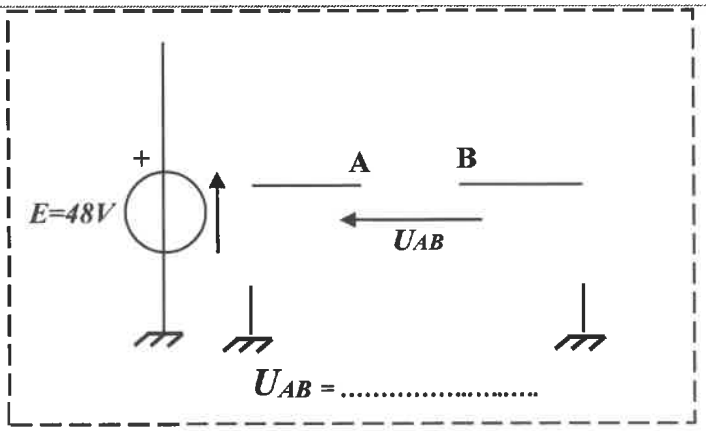
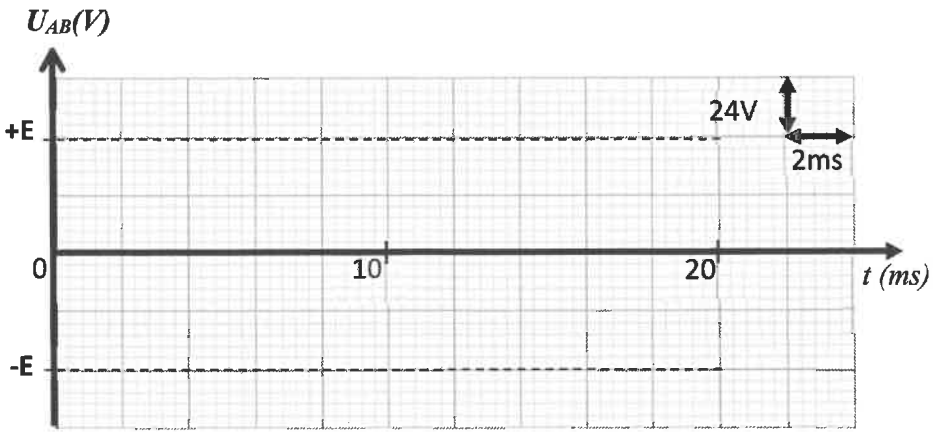


Schéma pour $10 < t \leq 20\ ms$



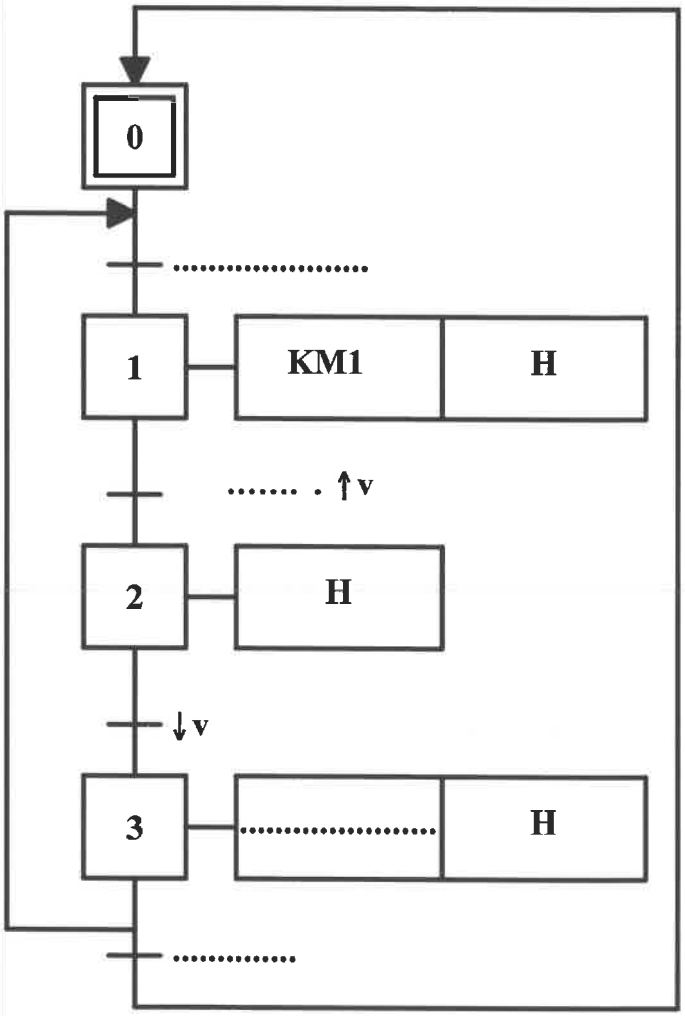
Question : 22.



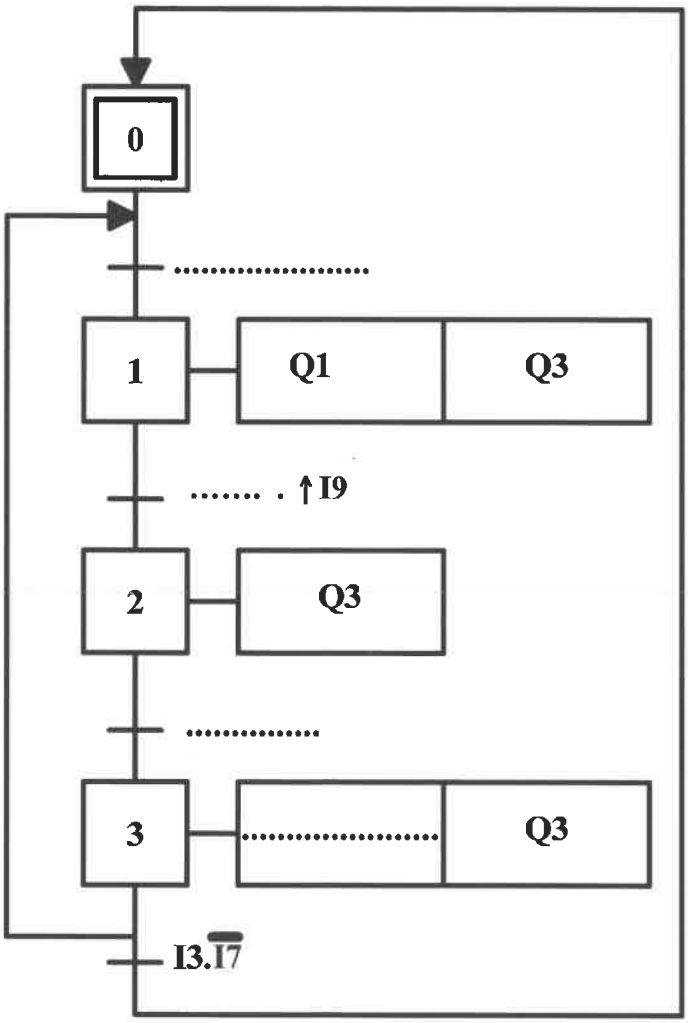
Document réponses : N° 5

Question : 23.

Question : 24. Grafcet point de vue commande

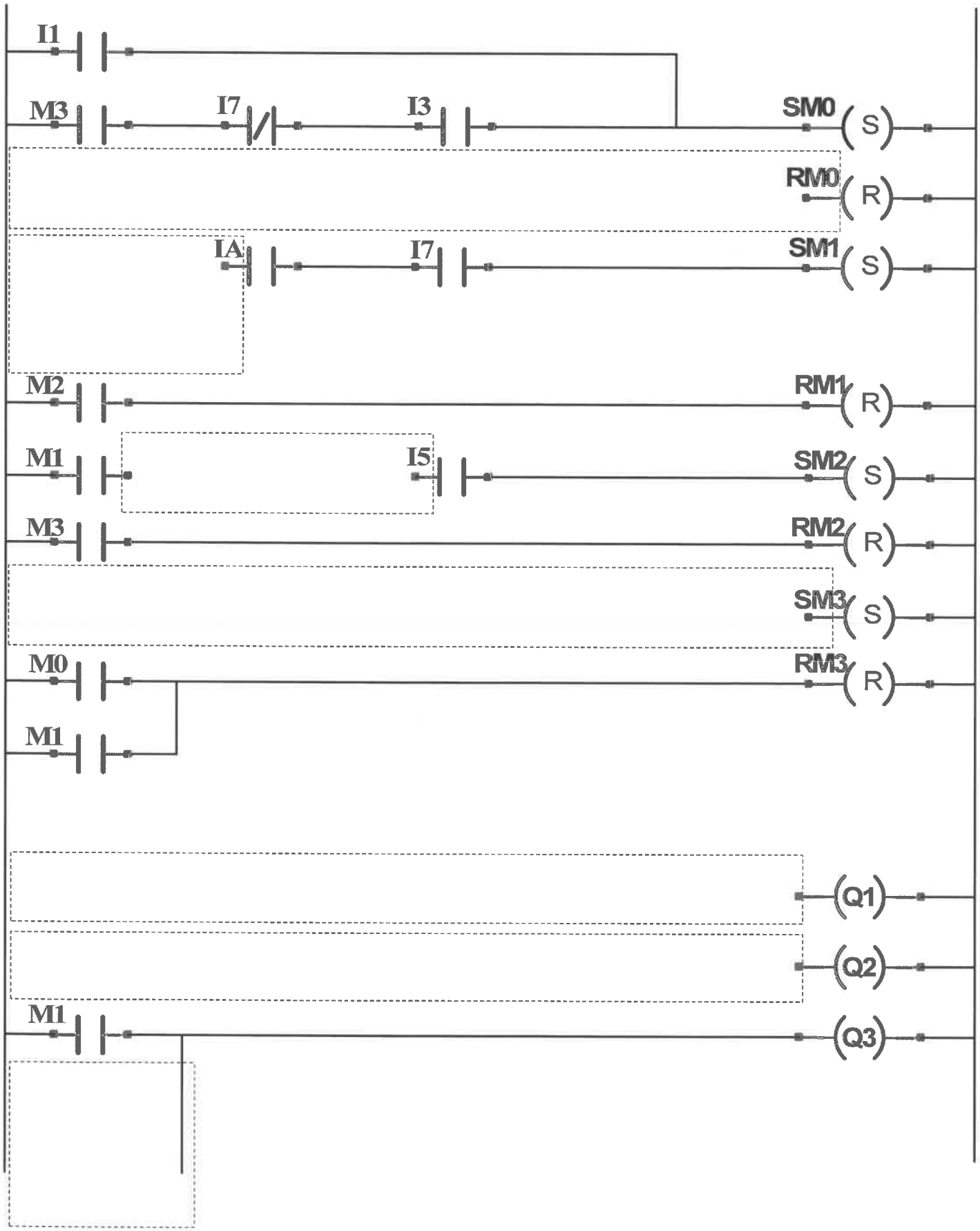


Question : 25. Grafcet point de vue API



Question : 26.

Document réponses : N° 6



الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
المسالك المهنية
الدورة الاستدراكية 2021
- عناصر الإجابة -

PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP | RR 214A

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

4h	مدة الإنجاز	الاختبار التوليفي في المواد المهنية - الجزء 1	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية مسلك الصيانة الصناعية	الشعبة أو المسلك

1-Etude du moteur (Mt1 du tapis 1)

Q : 1. Vitesse de synchronisme : ns = **60.f/p** ; [0.75 pt]

A.N: **ns = 1000 tr/min** [0.25 pt]

Glissement $g = (n_S - n_R) / n_S$; [0.75 pts]

A.N : **g = 3%** [0.25 pt]

Q : 2. Puissance active Pa absorbée par le moteur :

$Pa = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$ [0.75 pts]

A.N : Pa ≈ 1662,76 W [0.25 pts]

Q : 3. Pertes par effet Joule Pjs dans le stator : $Pjs = \frac{3}{2}.RI^2$ [0.75 pts]

A.N : Pjs ≈ 10,8 W [0.25 pt]

Q : 4. Puissance électromagnétique Ptr transmise au rotor :

Ptr = Pa - Pjs - Pfs . [0.75 pt]

A.N : Ptr ≈ 1641,96 W [0.25 pt]

Q : 5. Pertes par effet Joule Pjr dans le rotor :

Pjr = g Ptr [0.75 pt]

A.N : Pjr ≈ **49,25** W [0.25 pt]

Q : 6. Couple électromagnétique

$Ce = Ptr / \Omega s = 30\ Ptr / \pi.n_s$ [0,75 pt]

A.N : Ce ≈ **15,68** N.m [0.25 pt]

Q : 7. Rendement η du moteur :

η = (Pa - Pjs - Pfs - Pjr - pm) / Pa [0,75pt]

A.N : η ≈ **94%** [0.25 pt]

Q : 8. Démarrage par élimination de résistances statoriques. [0,5pt]

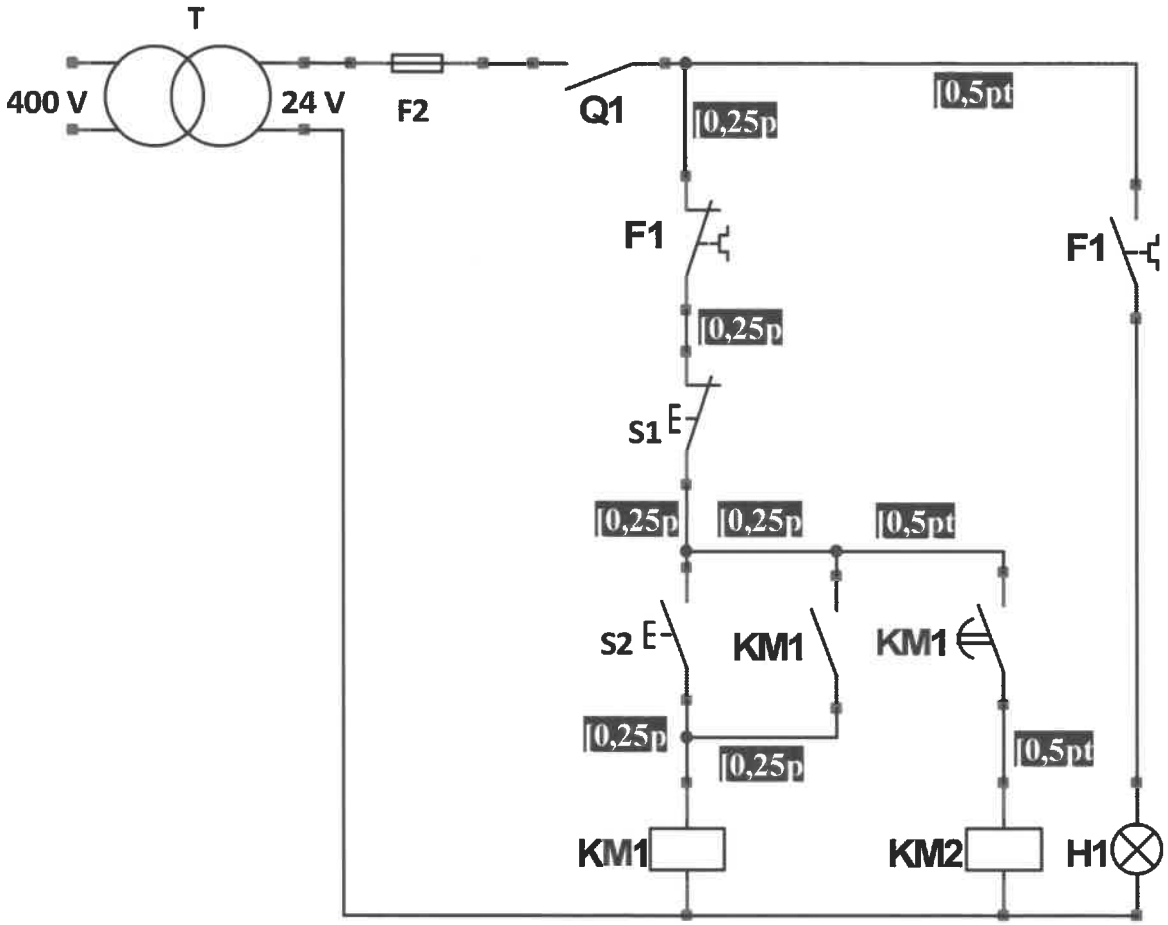
Q : 9. Augmente le couple de démarrage. [0,5pt]

Q : 10. Court-circuiter les résistances statoriques. [0,5pt]

Q : 11. Limiter le courant de démarrage. [0,5pt]

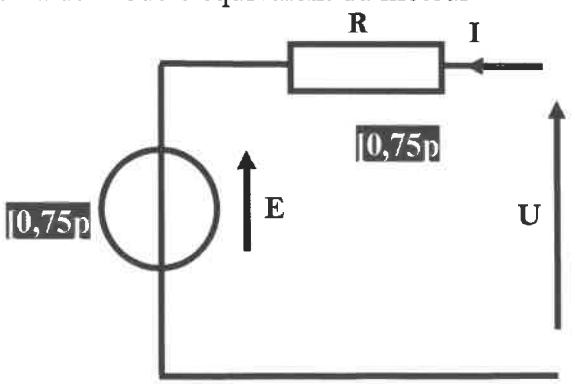
Q : 12. Relais thermique de protection. [0,5pt]

Q : 13. Schéma de la partie commande.



A2-Etude du moteur à courant continu Ms

Q : 14. Schéma du modèle équivalent du moteur



Q : 15.

E = U – (R x I) = [1pt]

A.N : E = 180 V [0.5pt]

Q : 16.

k = E/n=180/1000=0,18 [1 pt] **V.min.tr^{-1}** [0,5 pt]

Q : 17.

C = EI/Ω = [0.75pt]

A.N : C = 8,6 N.m [0,25pt]

Q : 18.

$$C = \frac{E\,I}{\Omega} = \frac{k.n.I}{\Omega} = \frac{k.n.60}{n.2\pi}\,I = k'\,I$$

C= k' I

Et comme **C_0 = k' I_0**

Donc $\frac{C}{I} = \frac{C_0}{I_0}$ => $C_0 = C.\frac{I_0}{I}$ [1pt]

A.N : **C_0 = 6,54 N.m** [0,5 pt]

Q : 19.

E_0 =U-R.I_0 [0,5 pt]

E_0 =200-4.3,8 = 184,8 V [0,25pt]

n_0 = E_0 . n/E [0,5 pt]

n_0 = 1026,67 tr/min [0.25pt]

2-Etude de la commande électronique du moteur Ms

Q : 20. Fonctions des composants **L** et **D** :

L : Bobine de **lissage du courant.** [0.75pt]

D : Diode de roue libre **qui assure la continuité du courant quand H est ouvert.** [0.75pt]

Q : 21. États de **H** et **D**

Schéma pour $0 < t \leq \alpha T$ [0.25pt]

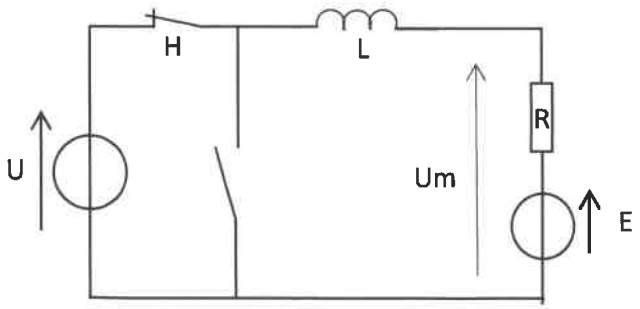
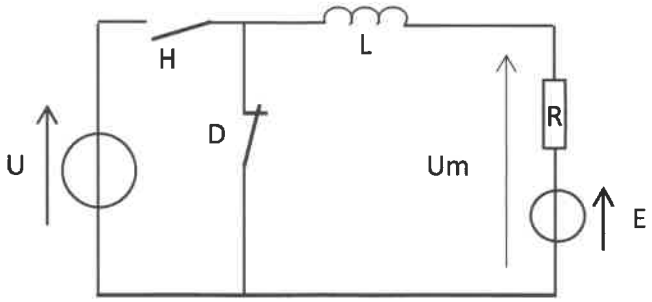
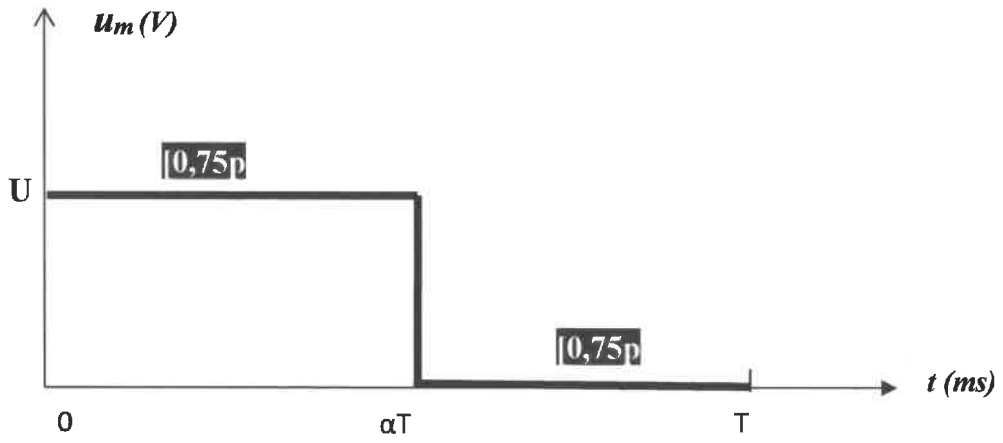


Schéma pour $\alpha T < t \leq T$ [0.25pt]



Q : 22.



Q : 23. l'expression de la valeur moyenne $<u_m>$ de $u_m(t)$ en fonction de **U** et de **α**.

$$<u_m> = \alpha \cdot U$$ [1,5pt]

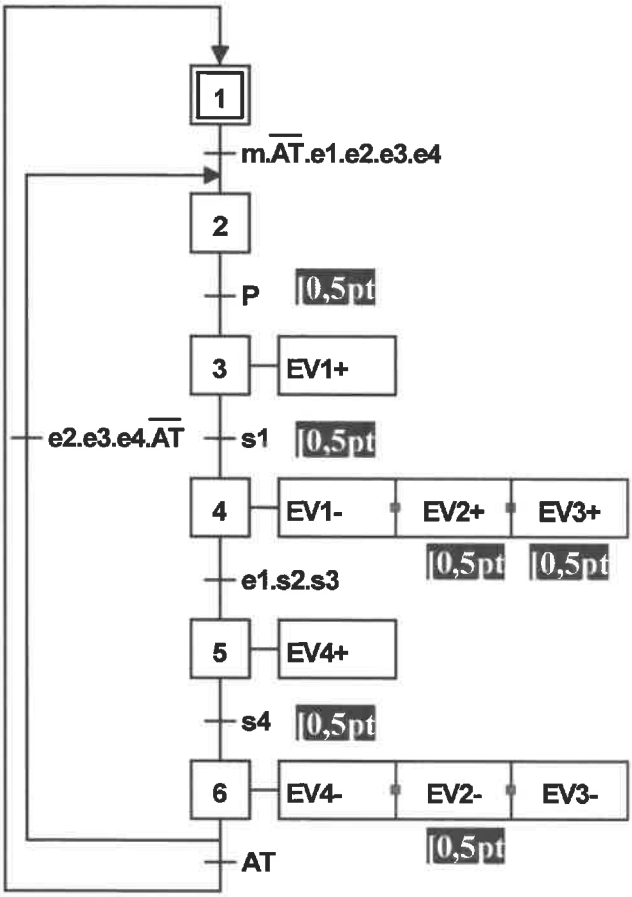
Q : 24. $<u_m> = 0,75.200=150V$, [0,75pt]

$$E = U-R.I = 150-(4.4) = 134V$$ [0,75pt]

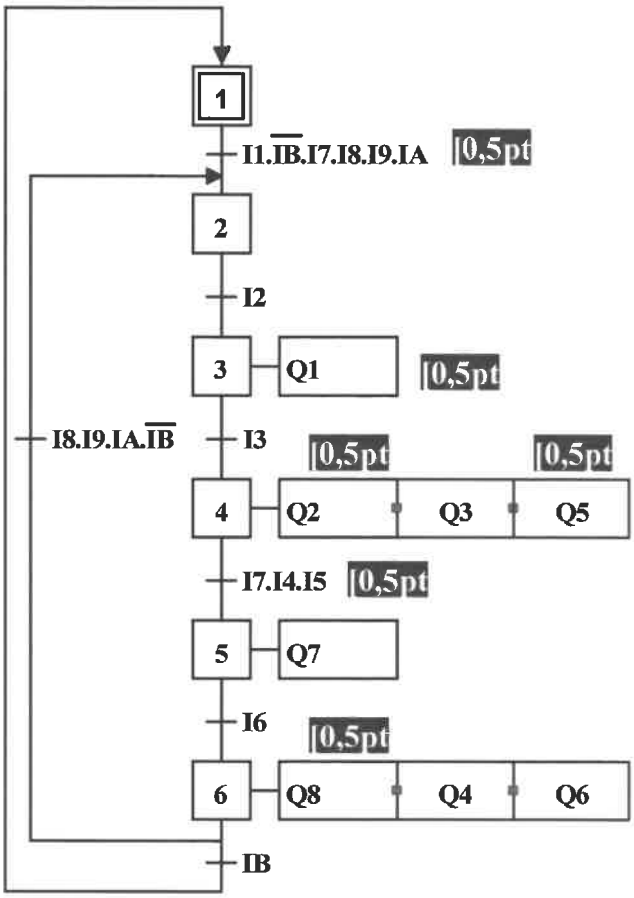
Q : 25. La vitesse de rotation du moteur **n(tr/min)** pour **k = 0,18 V.min /tr :**

$$n = E/k = 134/0,18 = 744,4 \text{ tr/min}$$ [1,5pt]

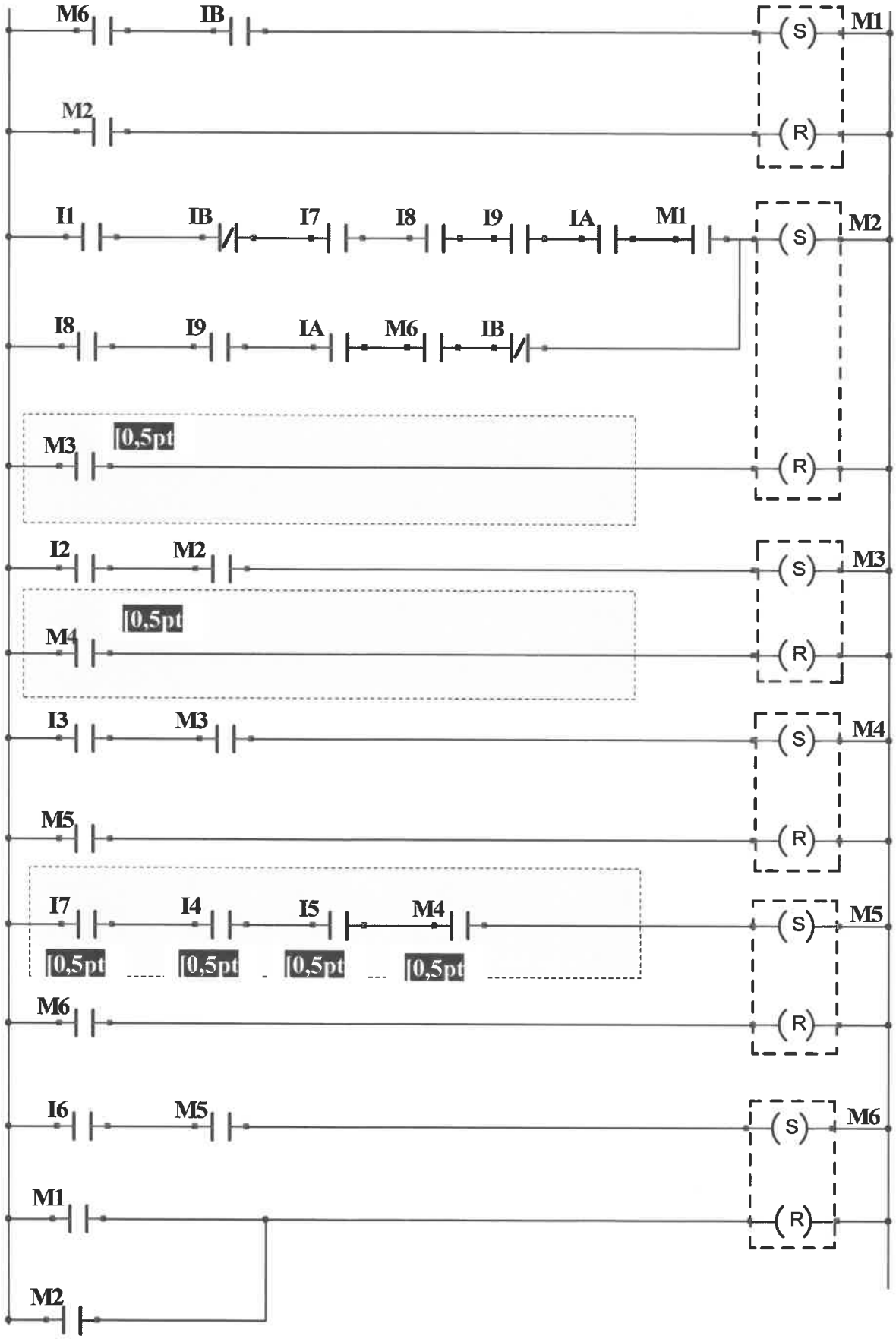
Q : 26.

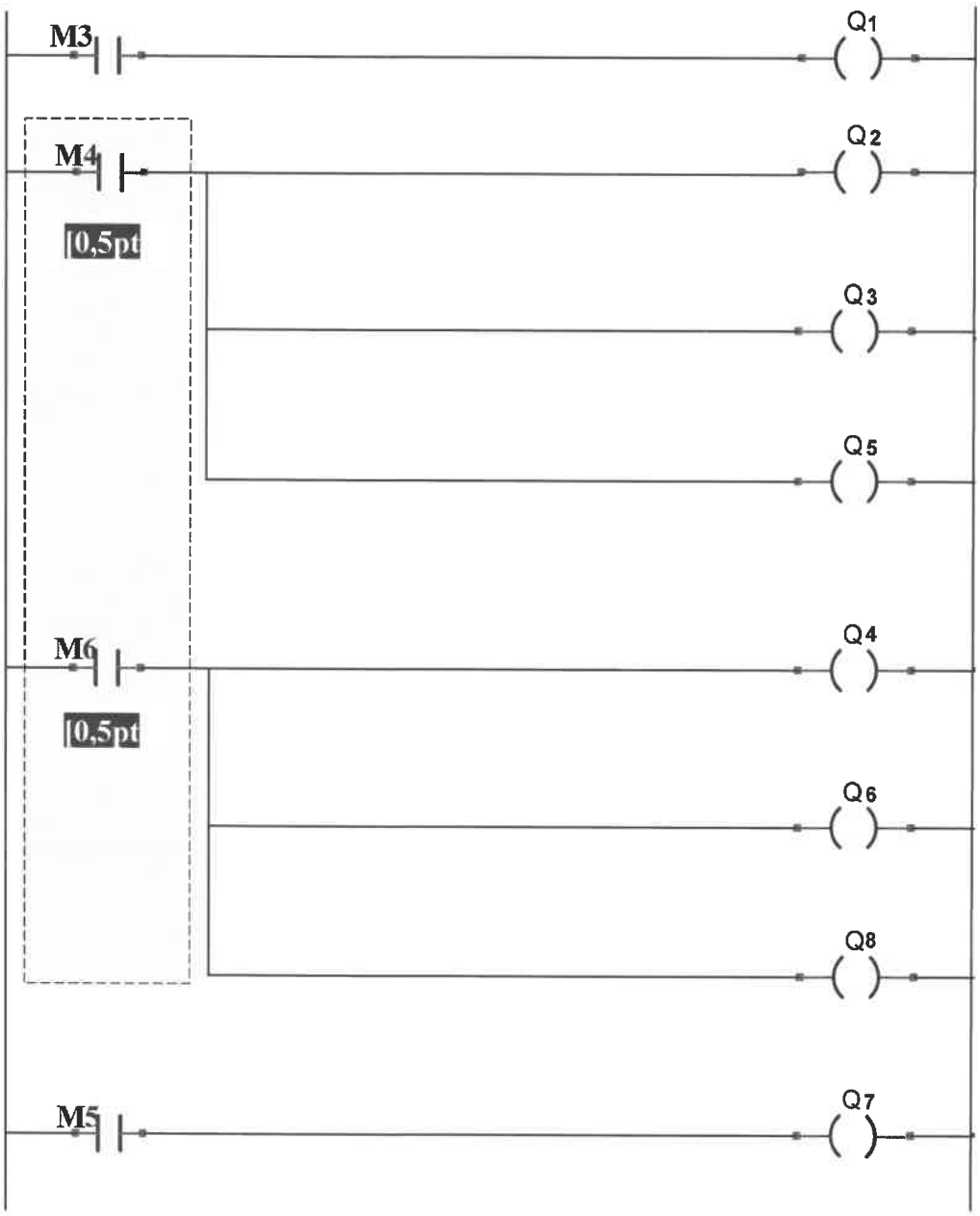

1
m.$\overline{AT}$.e1.e2.e3.e4
2
P
0,5pt
3
EV1+
e2.e3.e4.$\overline{AT}$
s1
0,5pt
4
EV1-
EV2+
EV3+
0,5pt
0,5pt
e1.s2.s3
5
EV4+
s4
0,5pt
6
EV4-
EV2-
EV3-
0,5pt
AT

Q : 27.


1
I1.$\overline{IB}$.I7.I8.I9.IA
0,5pt
2
I2
3
Q1
0,5pt
I8.I9.IA.$\overline{IB}$
I3
0,5pt
0,5pt
4
Q2
Q3
Q5
I7.I4.I5
0,5pt
5
Q7
I6
0,5pt
6
Q8
Q4
Q6
IB

Q : 28.


M6
IB
(S)
M1
M2
(R)
I1
IB
I7
I8
I9
IA
M1
(S)
M2
I8
I9
IA
M6
IB
M3
0,5pt
(R)
I2
M2
(S)
M3
M4
0,5pt
(R)
I3
M3
(S)
M4
M5
(R)
I7
I4
I5
M4
(S)
M5
0,5pt
0,5pt
0,5pt
0,5pt
M6
(R)
I6
M5
(S)
M6
M1
(R)
M2


M3
Q1
M4
Q2
0,5pt
Q3
Q5
M6
Q4
0,5pt
Q6
Q8
M5
Q7