

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

المسالك المهنية

الدورة العادية 2017

- الموضوع -

NS203A

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي



المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه



4	مدة الإنجاز	<input type="checkbox"/> 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 16 pages et 2 types de documents :

- Pages 02 à 10 : Socle du sujet (Couleur Jaune).
- Pages 11 à 16 : Documents réponses (Couleur Blanche).

Le sujet comporte 4 parties :

PARTIE I : ETUDE DU MOTEUR M₁ DE DEPLACEMENT DU CHARIOT (sur 28 points)

PARTIE II : ETUDE DU MOTEUR M₂ DE LEVAGE (sur 8 points)

PARTIE III : ETUDE DE LA COMMANDE DU PONT ROULANT (sur 20 points)

PARTIE IV : ELECTRONIQUE DE PUISSANCE (sur 24 points).

Les parties I, II et III sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture de l'introduction et de la description (pages 2 et 3).

La PARTIE IV peut être traitée séparément.

La numérotation des questions est continue : de la question N° 1 (Question :1.) à la question N° 29 (Question :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 : [Document réponse].

☞ Les pages portant en haut la mention [Document réponse] (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.

A) Introduction

Un pont roulant est un appareil de levage permettant de soulever et déplacer des charges (**figure :1**).

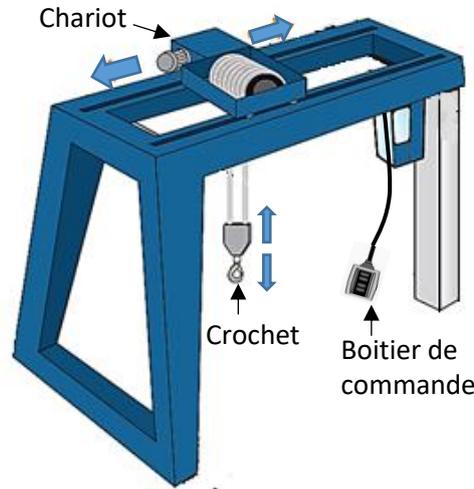


Fig. :1

B) Description :

Le système, **figure 2 page 3**, est constitué de :

- Un chariot, entrainé par le moteur M_1 , se déplace sur des rails de droite à gauche et inversement ;
- Un crochet et un système de câbles et de poulies pour faire monter ou faire descendre la charge grâce au moteur M_2 ;
- Quatre fins de courses :
 - f_{CB} : Fin de course détectant la limite basse du crochet ;
 - f_{CH} : Fin de course détectant la limite haute du crochet ;
 - f_{CD} : Fin de course détectant la limite droite du chariot ;
 - f_{CG} : Fin de course détectant la limite gauche du chariot.

Un boitier de commande suspendu à un câble (**figure :3, page 3**) comportant :

- Un bouton poussoir M_D pour déplacer le chariot vers la droite (*action maintenue*) ;
- Un bouton poussoir M_G pour déplacer le chariot vers la gauche (*action maintenue*) ;
- Un bouton poussoir M_H pour monter le crochet (*action maintenue*) ;
- Un bouton poussoir M_B pour descendre le crochet (*action maintenue*) ;
- Un bouton poussoir M_{Auto} pour la marche semi-automatique (*impulsion*) ;
- **Un commutateur de sélection à trois positions :**
 - Position **AUTO** : Marche semi-automatique ;
 - Position **MANU** : Marche manuelle (La commande se fait par les quatre boutons poussoirs (M_D , M_G , M_B et M_H)) ;
 - Position **ARRET** : Arrête le système.

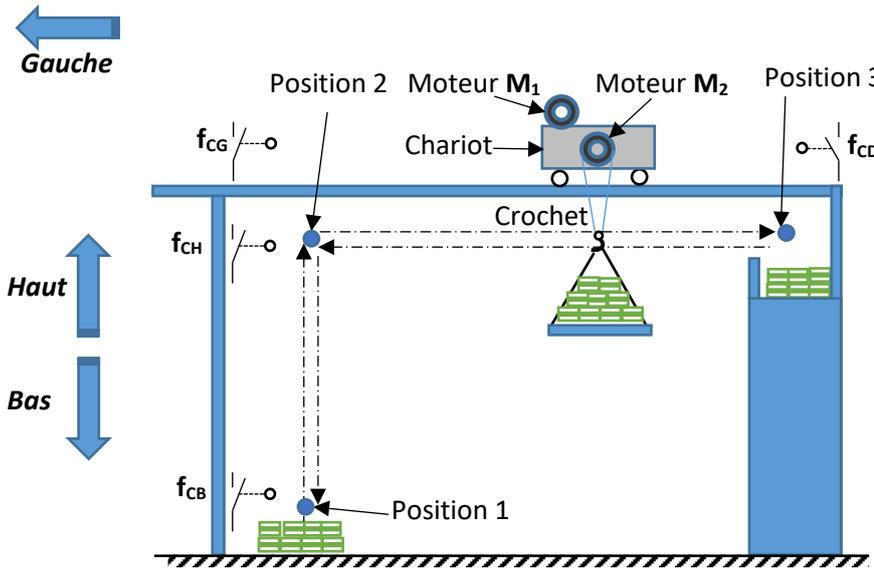


Fig. 2 : Description du pont roulant

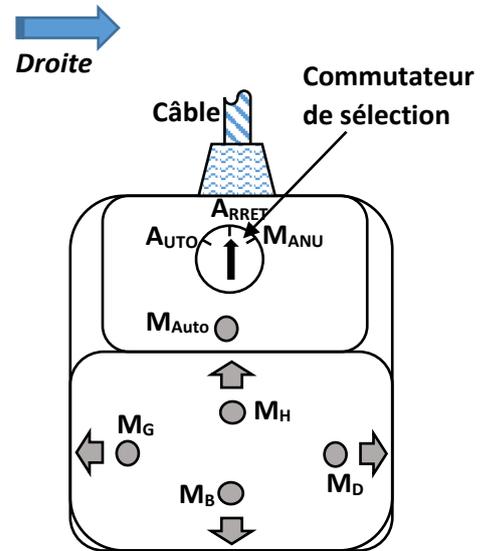


Fig. 3 : Boîtier de commande

PARTIE I : ETUDE DU MOTEUR M_1 DE DEPLACEMENT DU CHARIOT : /28 points

Le moteur M_1 du pont roulant est un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil et possède les caractéristiques techniques suivantes :

Moteur asynchrone triphasé 3 ~ 50 Hz	Δ : 230 V ; $I_{\Delta} = 11$ A	
	Y : 400 V ; $I_N = 6,5$ A	
	$N_r = 1439$ tr/min	$\cos \varphi = 0,735$
	Puissance utile $P_u = 3$ kW	

Réseau triphasé $U = 400$ V entre phases ; $f = 50$ Hz.

Question : 1.

Préciser le couplage du moteur M_1 en justifiant votre réponse.

[2 pts]

Question : 2.

Calculer le nombre de pôles.

[2 pts]

Question : 3.

Calculer le glissement g (en %).

[2 pts]

Essai à vide du moteur M_1 :

Valeurs mesurées à vide :

- Puissance absorbée à vide : $P_o = 130$ W ;
- Intensité du courant de ligne à vide : $I_o = 1,7$ A ;
- Les pertes mécaniques $P_{méc}$ sont évaluées à 65 W ;
- Les pertes joules et les pertes fer au niveau du rotor sont négligées ;
- La mesure à chaud de la résistance d'un enroulement du stator donne $r = 0,45$ Ω .

Question : 4.Calculer les pertes joules à vide au stator P_{jso} .

[2 pts]

Question : 5.Calculer les pertes fer au niveau du stator P_{fs} .

[2 pts]

Au point de fonctionnement nominal du moteur M_1 :**Question : 6.**Déterminer les pertes par effet Joule au stator P_{js} .

[2 pts]

Question : 7.Calculer la puissance absorbée P_a .

[2 pts]

Question : 8.Déterminer les pertes par effet Joule au rotor P_{jr} .

[3 pts]

Question : 9.Déterminer le rendement η du moteur.

[2 pts]

Question : 10.Déterminer le couple utile T_u .

[2 pts]

Question : 11.

Compléter le schéma du circuit de puissance.

[3 pts]

Question : 12.

Identifier le type de démarrage utilisé et donner un de ses inconvénients.

[1 pt]

Question : 13.

Citer trois autres types de démarrage des moteurs asynchrones triphasés.

[1,5 pt]

Nous sommes amenés à remplacer le moteur M_1 suite à une panne qui le met hors service, et vu que ce modèle n'est plus disponible sur le marché, le magasinier nous propose 5 autres modèles dont les caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Référence du Moteur	Tension	Puissance utile
M_{X1}	400 V	2 kW
M_{X2}	230 V	3 kW
M_{X3}	400 V	5 kW
M_{X4}	400 V	3 kW
M_{X5}	400 V	7 kW

Question : 14.

Choisir la référence du moteur pouvant remplacer le moteur M_1 défectueux.

[1,5 pt]

Partie II : ETUDE DU MOTEUR M_2 DE LEVAGE : / 8 points

Pour faire varier la vitesse du moteur M_2 à la montée et à la descente de la charge, nous sommes amenés à choisir un variateur de vitesse.

On rappelle en **page 13** le schéma fonctionnel simplifié d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé.

Question : 15.

Préciser les noms et les fonctions des éléments a , b et c .

[6 pts]

Le moteur M_2 est alimenté par un réseau triphasé de **400 V**, sa puissance est égale à **5,5 kW**.

Question : 16.

D'après le tableau ci-dessous, choisir la référence du variateur de vitesse compatible avec le moteur M_2 . [2 pts]

CHOIX DU VARIATEUR										
Réseau		Moteur				ALTIVAR 18			Référence	Masse
Tension d'alimentation U1...U2	Courant de ligne (1)		Puissance indiquée sur plaque		Courant de sortie permanent	Courant Transitoire maxi (2)	Puissance dissipée à la charge nominale	W		
	à U1	à U2	KW	HP					A	A
200 ... 240 50/60 Hz Monophasé	4,4	3,9	0,37	0,5	2,1	3,1	23	ATV-18U09M2	1,5	
	7,6	6,8	0,75	1	3,6	5,4	39	ATV-18U18M2	1,5	
	13,9	12,4	1,5	2	6,8	10,2	60	ATV-18U29M2	2,1	
	19,4	17,4	2,2	3	9,6	14,4	78	ATV-18U41M2	2,8	
200 ... 230 50/60 Hz Triphasé	16,2	14,9	3	-	12,3	18,5	104	ATV-18U54M2	3,3	
	20,4	18,8	4	5	16,4	24,6	141	ATV-18U72M2	3,3	
	28,7	26,5	5,5	7,5	22	33	200	ATV-18U90M2	7,8	
	38,4	35,3	7,5	10	28	42	264	ATV-18D12M2	7,8	
380 ... 460 50/60 Hz Triphasé	2,9	2,7	0,75	1	2,1	3,2	24	ATV-18U18N4	2	
	5,1	4,8	1,5	2	3,7	5,6	34	ATV-18U29N4	2,1	
	6,8	6,3	2,2	3	5,3	8	49	ATV-18U41N4	3,1	
	9,8	8,4	3	-	7,1	10,7	69	ATV-18U54N4	3,3	
	12,5	10,9	4	5	9,2	13,8	94	ATV-18U72N4	3,3	
	16,9	15,3	5,5	7,5	11,8	17,7	135	ATV-18U90N4	8	
	21,5	19,4	7,5	10	16	24	175	ATV-18D12N4	8	
	31,8	28,7	11	15	22	33	261	ATV-18D16N4	12	
42,9	38,6	15	20	29,3	44	342	ATV-18D23N4	12		

(1) Valeur typique sans inductance additionnelle.

(2) Pendant 60 secondes.

L'Altivar 18 a été conçu pour alimenter les moteurs d'une puissance adaptée à chacun de ses calibres.

PARTIE III : ETUDE DE LA COMMANDE DU PONT ROULANT : / 20 points

Fonctionnement :

Le pont peut fonctionner en deux modes :

- Mode commande manuel ;
- Mode commande semi-automatique.

⊕ **Mode manuel :**

- Le commutateur de sélection est en position « **M_{ANU}** » :
- L'opérateur actionne le bouton poussoir correspondant (droite **M_D** ou gauche **M_G** et/ou Haut **M_H** ou Bas **M_B**) et le maintient actionné jusqu'à ce que le crochet arrive à l'emplacement désiré.
- Le pont s'arrête si l'une des extrémités définies par les fins de courses (**f_{CB}**, **f_{CH}**, **f_{CD}** et **f_{CG}**) est atteinte.

On donne :

Le contacteur **KM_H** : Contacteur de montée du crochet ;

Le contacteur **KM_B** : Contacteur de descente du crochet ;

Le contacteur **KM_D** : Contacteur de déplacement du chariot vers la droite ;

Le contacteur **KM_G** : Contacteur de déplacement du chariot vers la gauche.

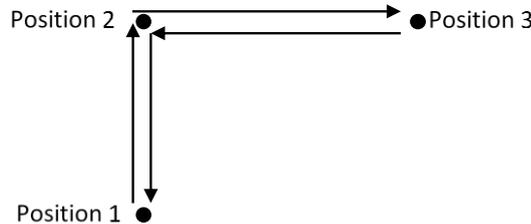
Question : 17.

Compléter alors les circuits de commande des deux moteurs **M₁** et **M₂** du mode manuel en ne représentant que les boutons poussoirs de commande, les fins de courses sans oublier le verrouillage électrique entre les contacteurs d'un même moteur.

[6 pts]

⊕ **Mode Semi-Automatique :**

En Mode Semi-Automatique le système décrit un cycle en « **L** » :

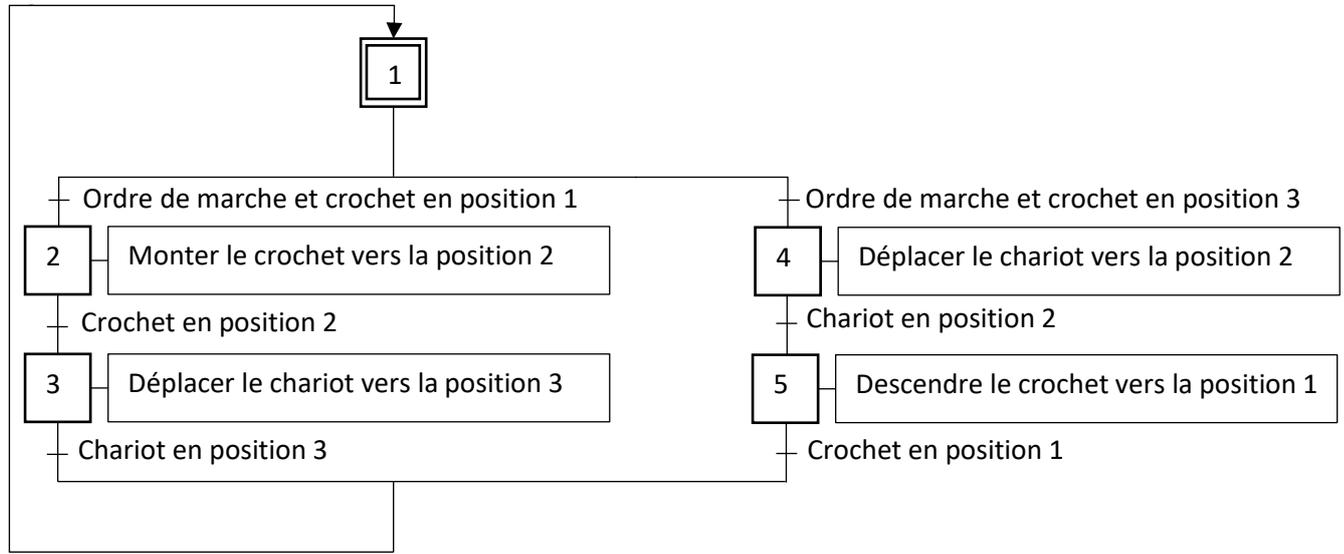


Le Mode Semi-Automatique ne peut être effectué que si le crochet est en position **1** ou en position **3**.

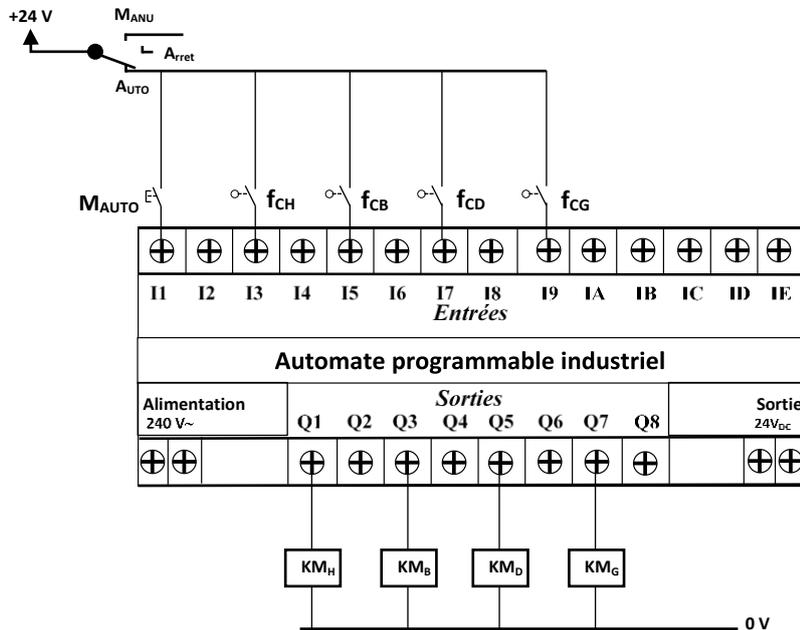
Le commutateur de sélection est en position « **AUTO** » :

- Si le chariot est en position **1** : l'action sur le bouton poussoir « **M_{Auto}** » entraîne la montée du crochet jusqu'à la position **2** et le chariot se déplace ensuite de la position **2** à la position **3** et s'arrête.
- Si le chariot est en position **3** : l'action sur le bouton poussoir « **M_{Auto}** » entraîne le déplacement du chariot de la position **3** à la position **2** et la descente du crochet jusqu'à la position **1** et s'arrête.

La figure ci-dessous représente Le grafcet de point de vue système en mode semi-automatique du pont roulant (on ne tiendra pas compte du commutateur de sélection qui est considéré en position « Auto »).



En mode semi-automatique le pont roulant est géré par un automate programmable industriel (API) dont la configuration matérielle est donnée ci-dessous :

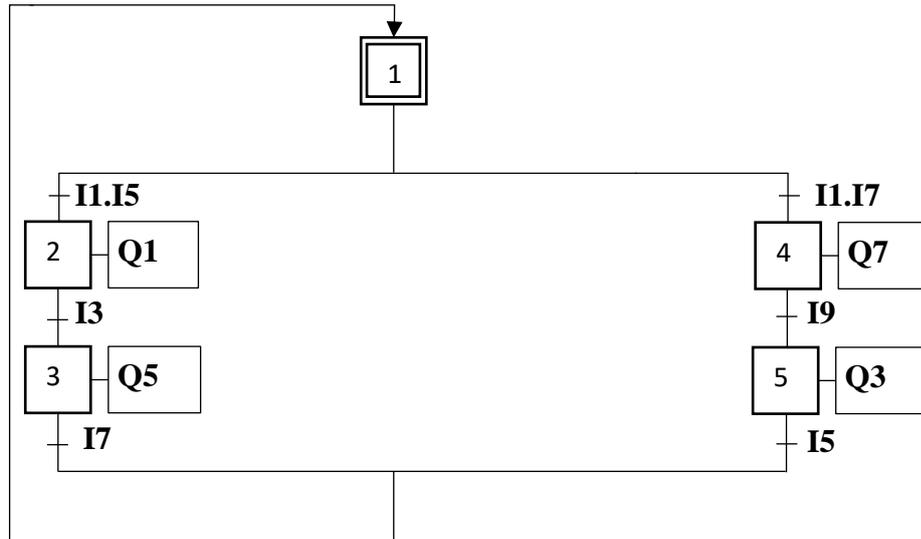


Question : 18.

Compléter alors le grafcet de point de vue commande du mode semi-automatique.

[7 pts]

On vous donne ci-dessous le grafcet de **point de vue automate** du mode semi-automatique.

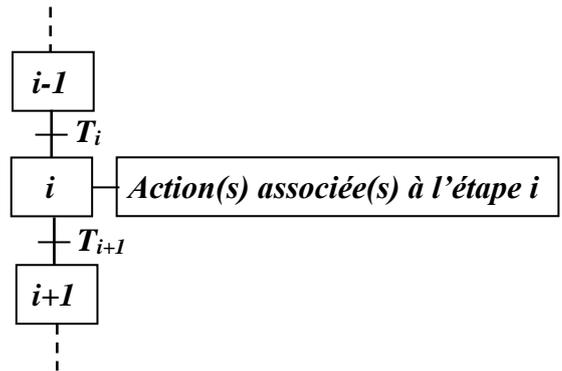


Une démarche de traduction d'un GRAFCET en Ladder

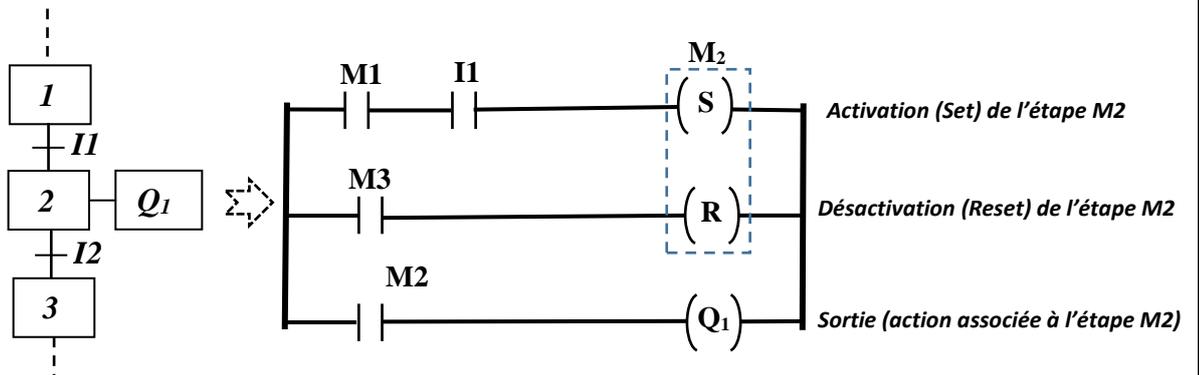
L'étape i est matérialisée par une case mémoire M_i .

L'étape i est :

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



Exemple :



Question : 19.

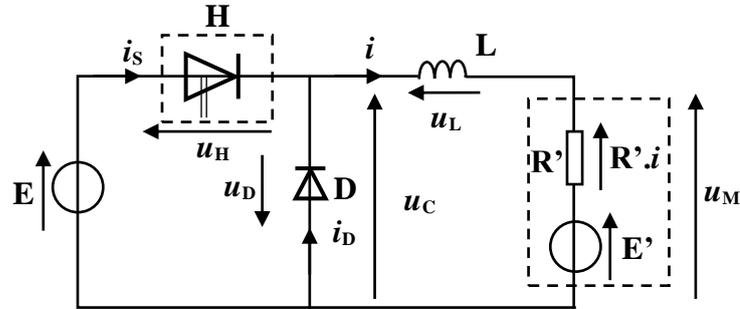
Donner le programme Ladder des étapes 1, 2 et 3 et les actions qui leur sont associées en utilisant la démarche de traduction d'un **Grafcet** en **Ladder** expliquée ci-dessus ou **une autre démarche valide**. [7 pts]

PARTIE IV : ELECTRONIQUE DE PUISSANCE : / 24 points

A. Variation de vitesse d'un moteur à courant continu (MCC).

La variation de la vitesse d'un moteur à courant continu est une fonction technique utilisée pour répondre à des besoins particuliers dans une installation électrique industrielle.

Le schéma de principe de fonctionnement est le suivant :



u_M = tension aux bornes du moteur.

On suppose que la diode **D** et le hacheur **H** sont parfaits et **E** une tension continue, le moteur à C.C est modélisé par **E'** en série avec **R'** voir (Figure ci-dessus)

Question : 20.

Que représente **E'** et **R'** ?

[2 pts]

E est une tension continue fournie par l'intermédiaire d'un convertisseur AC/DC.

Question : 21.

Proposer un schéma électrique d'un montage permettant l'obtention d'une tension continue à partir d'un réseau électrique monophasé : transformateur, redresseur double alternance (diodes en pont) et filtre.

[4 pts]

Question : 22.

Qu'appelle-t-on la diode **D** ? Et quel est son rôle ?

[2 pts]

Question : 23.

Expliquer le rôle de la bobine **L** ?

[2 pts]

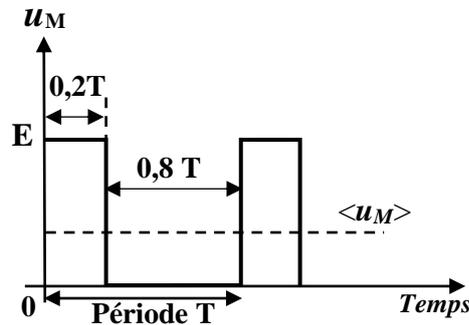
Question : 24.

Sachant que **H** joue le rôle d'un interrupteur commandé électroniquement.

[2 pts]

Proposer un autre composant électronique semi-conducteur assurant la même fonctionnalité.

On suppose que la fréquence du hacheur **H** est égale à **400 Hz** et que la forme de la tension u_M aux bornes du moteur est la suivante :



Question : 25.

Calculer la période du signal de hachage ; puis donner l'expression de $\langle u_M \rangle$.

[2 pts]

Question : 26.

Que représente $\alpha = \frac{\text{durée de l'état haut}}{\text{Période}}$? Calculer α suivant les indications du graphe ci-dessus.

[2 pts]

Question : 27.

Pour $E = 48V$, compléter le tableau des valeurs de $\langle u_M \rangle$.

[3 pts]

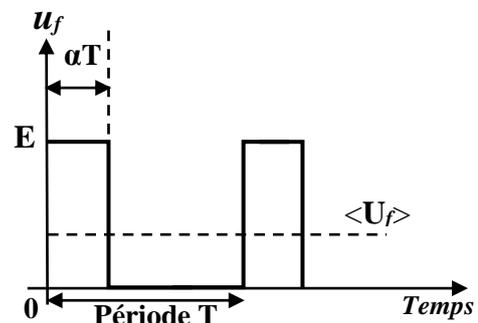
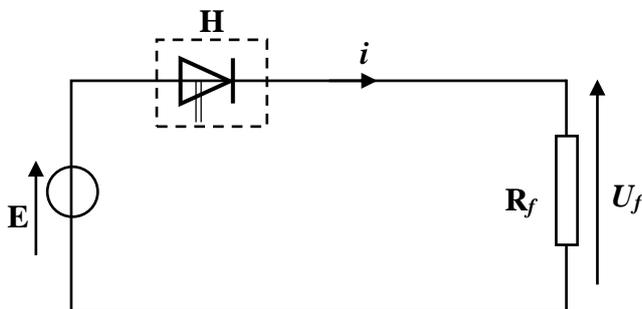
Question : 28.

Quel est l'effet de la variation de α sur la vitesse du moteur MCC ?

[2 pts]

B. Variation de température d'un four électrique.

Pour une deuxième application industrielle, nous étudierons le même principe pour commander un four électrique, modélisé par une résistance chauffante R_f . L'interrupteur électronique **H** est considéré parfait.



Question : 29.

Pour $E = 80 V$ et $R_f = 4 \Omega$, compléter alors le tableau des valeurs de la puissance moyenne **P**.

[3 pts]

Document réponse

Question : 1.

Question : 2.

Question : 3.

Question : 4.

Question : 5.

Question : 6.

Question : 7.

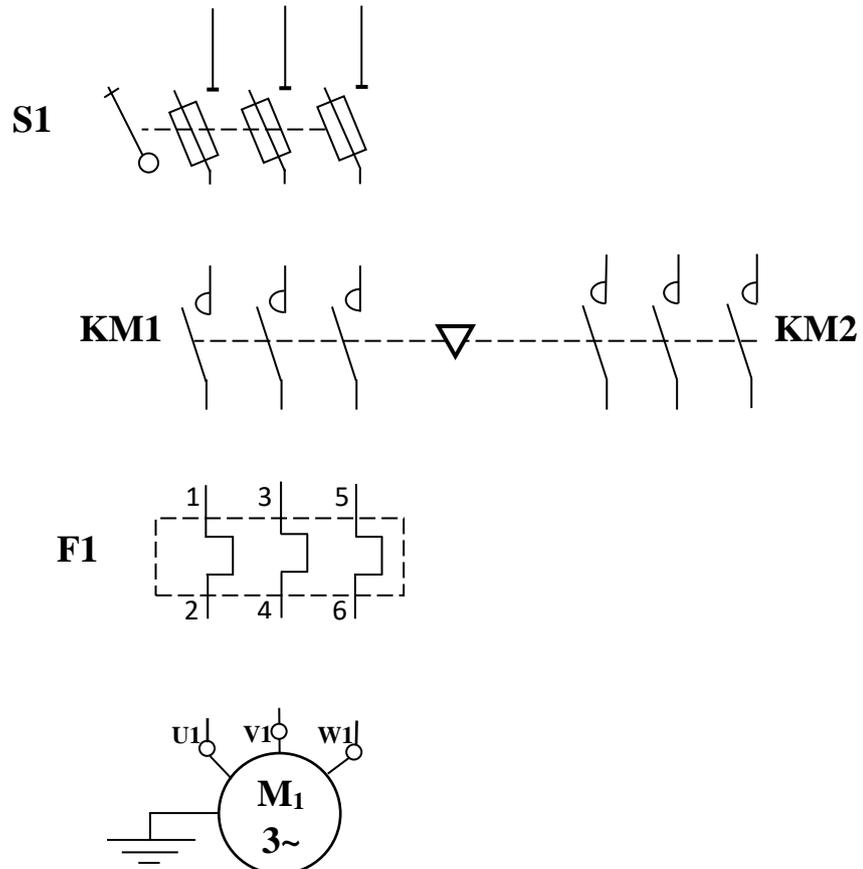
Question : 8.

Document réponse

Question : 9.

Question : 10.

Question : 11.



Question : 12.

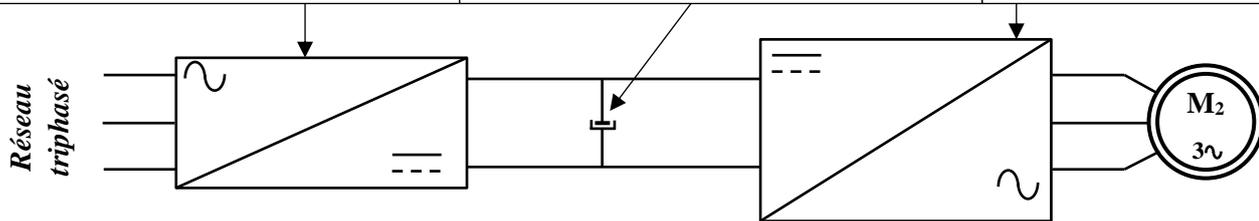
Document réponse

Question : 13.

Question : 14.

Question : 15.

Nom :	Nom :	Nom :
a).....	b).....	c).....



Fonction :

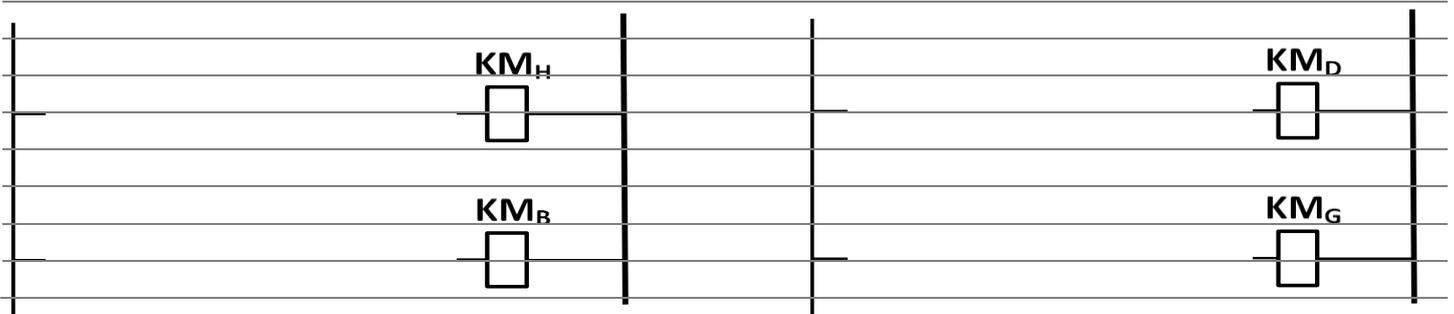
a)

b)

c)

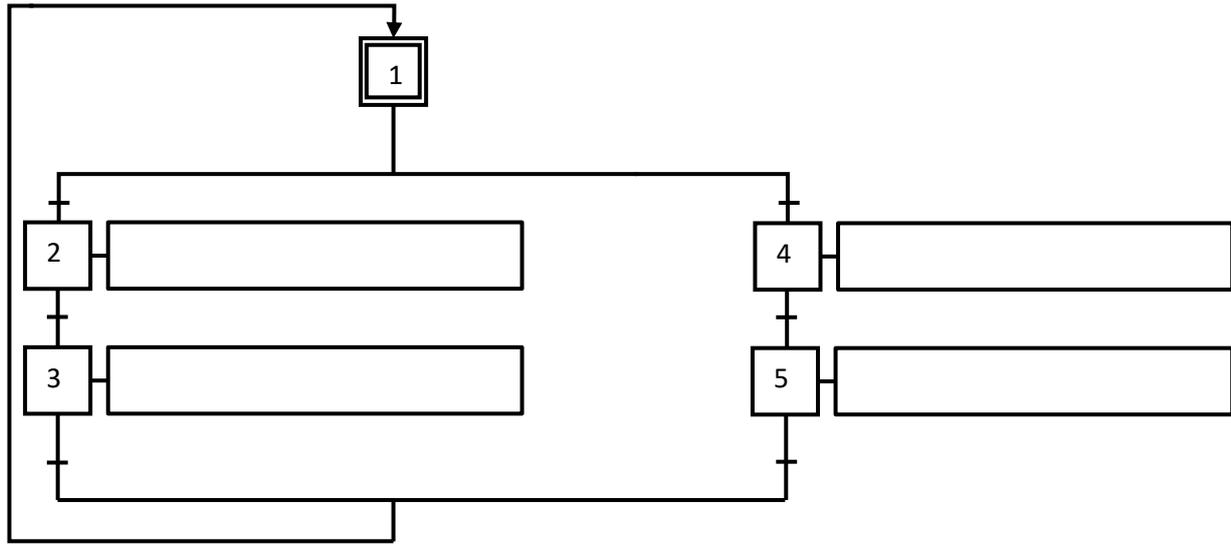
Question : 16.

Question : 17.



Question : 18.

Document réponse



Question : 19.

	M_1
	(S)
	(R)
	M_2
	(S)
	(R)
	M_3
	(S)
	(R)
	(Q ₁)
	(Q ₅)

Autre démarche

Document réponse

Question : 20.

Question : 21.

Document réponse

Question : 22.

Question : 23.

Question : 24.

Question : 25.

Question : 26.

Question : 27.

α	0,2	0,5	0,8
$\langle u_M \rangle$ (V)

Question : 28.

Question : 29.

α	0,1	0,4	1
P(W)



4	مدة الإنجاز	<input type="checkbox"/> الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء الأول (الفترة الصباحية)	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية مسلك الصيانة الصناعية	الشعبة أو المسلك

Eléments de corrigé

Question : 1.

[2 pts]

Couplage étoile

Question : 2.

[1,5 pt]

[2 pts]

$$n_s = 60.f/p \implies p = 60.f/n_s \implies p = 60.50/1500$$

$p = 2 \implies$ alors le nombre de pôles est 4.

[0,5 pt]

Question : 3.

[1,5 pt]

[2 pts]

$$g = (N_s - N_r)/N_s \implies g = (1500 - 1439)/1500 \implies g = 4 \%$$

[0,5 pt]

Question : 4.

[1 pt]

[2 pts]

- Pertes joules au stator P_{js0} :

$$P_{js0} = 3.r.I_0^2 \implies P_{js} = 3.0,45.(1,7)^2 \implies P_{js} = 3,9 \text{ W}$$

[0,5 pt]

Question : 5.

[2 pts]

- Pertes fer au stator :

[1,5 pt]

[0,5 pt]

$$P_{fer} = P_0 - (P_{js} + P_{jr} + P_{mec}) \implies P_{fer} = 130 - (3,901 + 0 + 65) \implies P_{fer} = 61 \text{ W}$$

Question : 6.

[1,5 pt]

[2 pts]

$$P_{js} = 3.r.I^2 \implies P_{js} = 3.0,45.(6,5)^2 \implies P_{js} = 57 \text{ W}$$

[0,5 pt]

Question : 7.

[1,5 pt]

[2 pts]

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 6,5 \cdot 0,735 = 3309,95 \text{ W}$$

[0,5 pt]

Question : 8.

[1 pt]

[1 pt]

[3 pts]

$$P_{jr} = (g \cdot P_{transmise}) ; P_{transmise} = P_a - (P_{js} + P_{fs}) \Rightarrow P_{transmise} = 3309,95 - (57 + 61) =$$

$$\Rightarrow P_{transmise} = 3191,95 \text{ W}$$

[0,5 pt]

$$\text{Donc : } P_{jr} = 0,04 \cdot 3191,95 \text{ W} \Rightarrow P_{jr} = 127,67 \text{ W}$$

[0,5 pt]

Accepter autres méthodes aboutissant au même résultat

Question : 9.

[1,5 pt]

[2 pts]

$$\text{Rendement } \eta = P_u / P_a$$

$$P_u = 3000 / 3309,95 = 0,906 \Rightarrow \eta = 90,6 \%$$

[0,5 pt]

Question : 10.

[1,5 pt]

[2 pts]

$$T_u = P_u / \Omega \Rightarrow \Omega = 2\pi \cdot N_r / 60 \Rightarrow \Omega = (2 \cdot 3,14 \cdot 1439) / 60$$

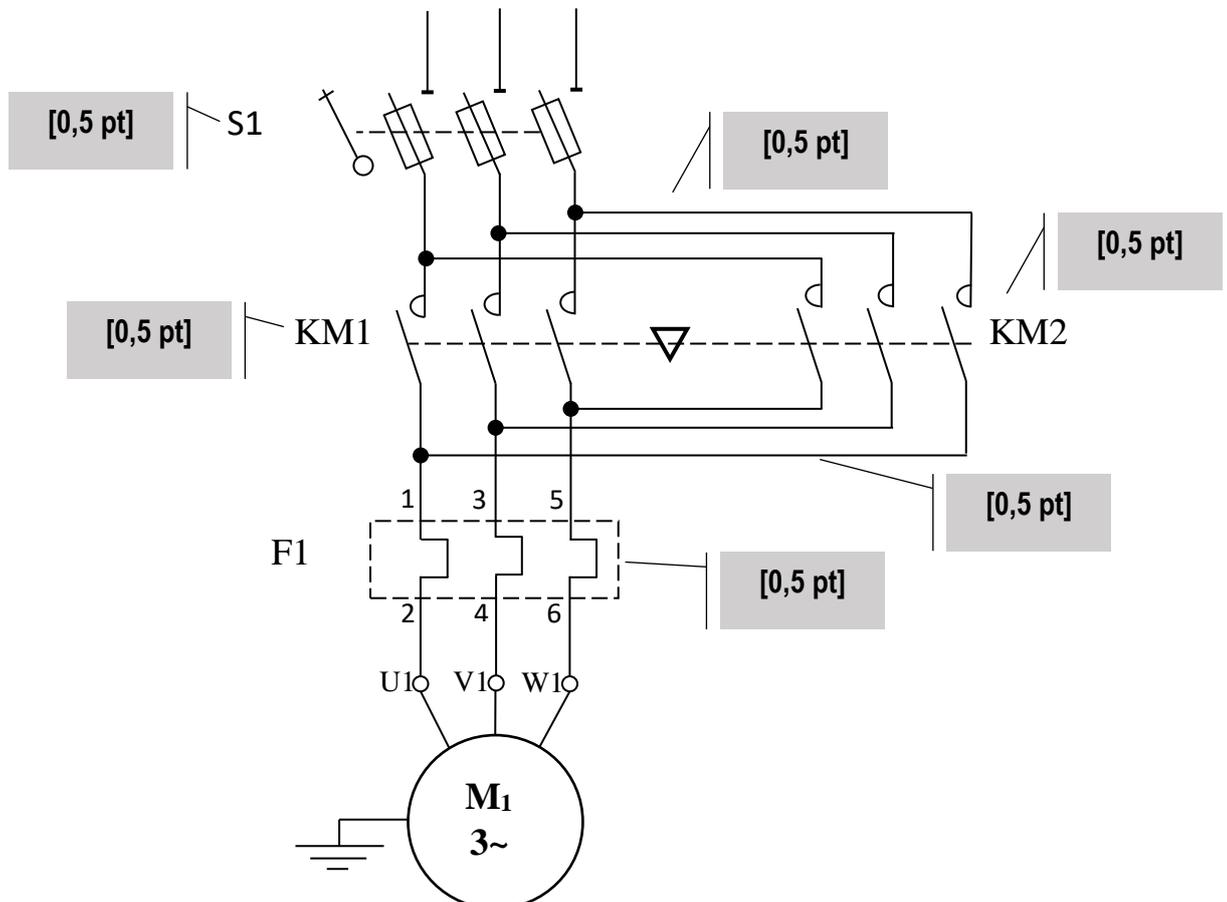
$$\Omega = 150,61 \text{ rad/s} \quad \text{Donc } T_u = (3000 / 150,61).$$

$$T_u = 19,9 \text{ N.m}$$

[0,5 pt]

Question : 11.

[3 pts]



Question : 12.

[1 pt]

Appel du courant important au démarrage.

Question : 13.

[1,5 pt]

- Démarrage étoile triangle.
- Démarrage statorique.
- Démarrage rotorique.
- Par Autotransformateur.
- Par démarreur électronique....

3 x [0,5 pt]

Question : 14.

Repère du moteur de remplacement : M_{X4}

[1,5 pt]

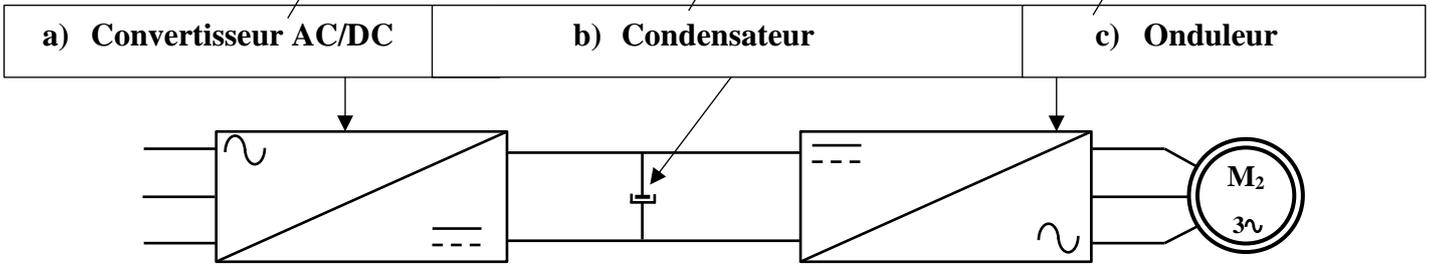
Question : 15.

[1 pt]

[1 pt]

[1 pt]

[6 pts]



a) **Convertisseur AC/DC** : Il transforme la tension alternative en une tension continue.

[1 pt]

b) **Condensateur** : permet de filtrer la tension redressée (atténue les ondulations de la tension continue)

[1 pt]

c) **Onduleur** : Il transforme la tension continue en une tension alternative.

[1 pt]

Question : 16.

[2 pts]

- Référence variateur de vitesse : **ATV-18U90N4**

Question : 17.

[0,5 pt]

[0,5 pt]

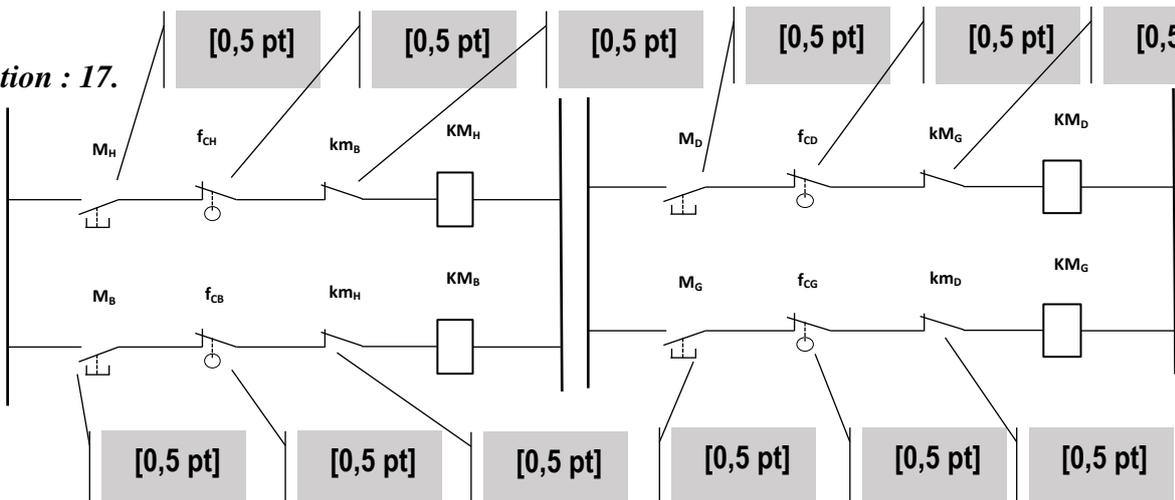
[0,5 pt]

[0,5 pt]

[0,5 pt]

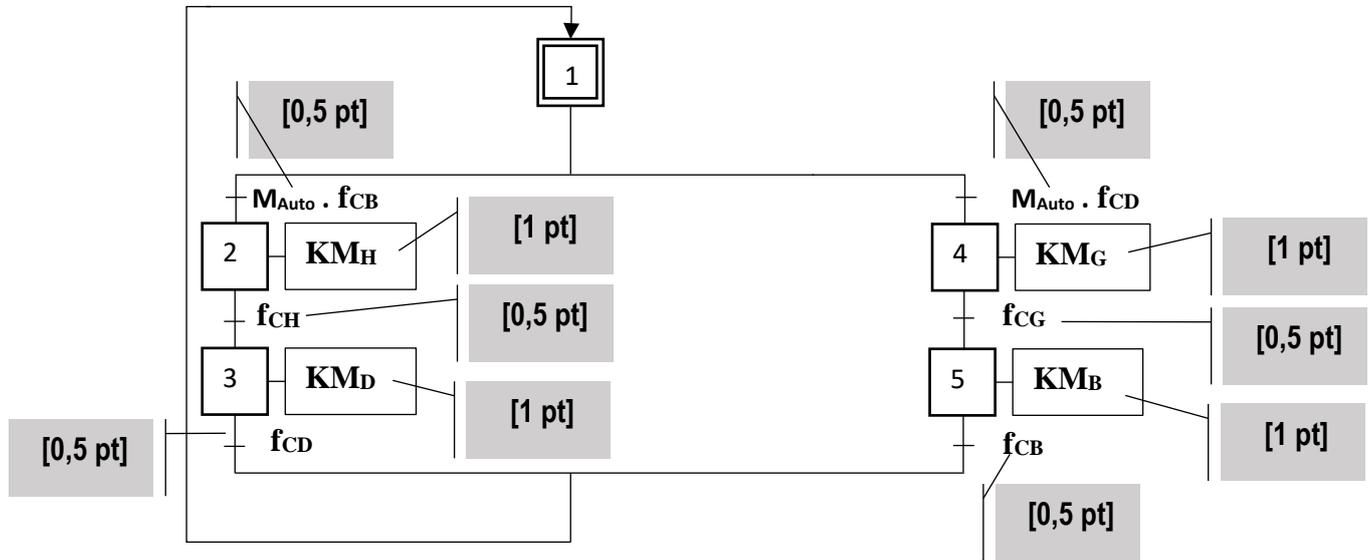
[0,5 pt]

[6 pts]



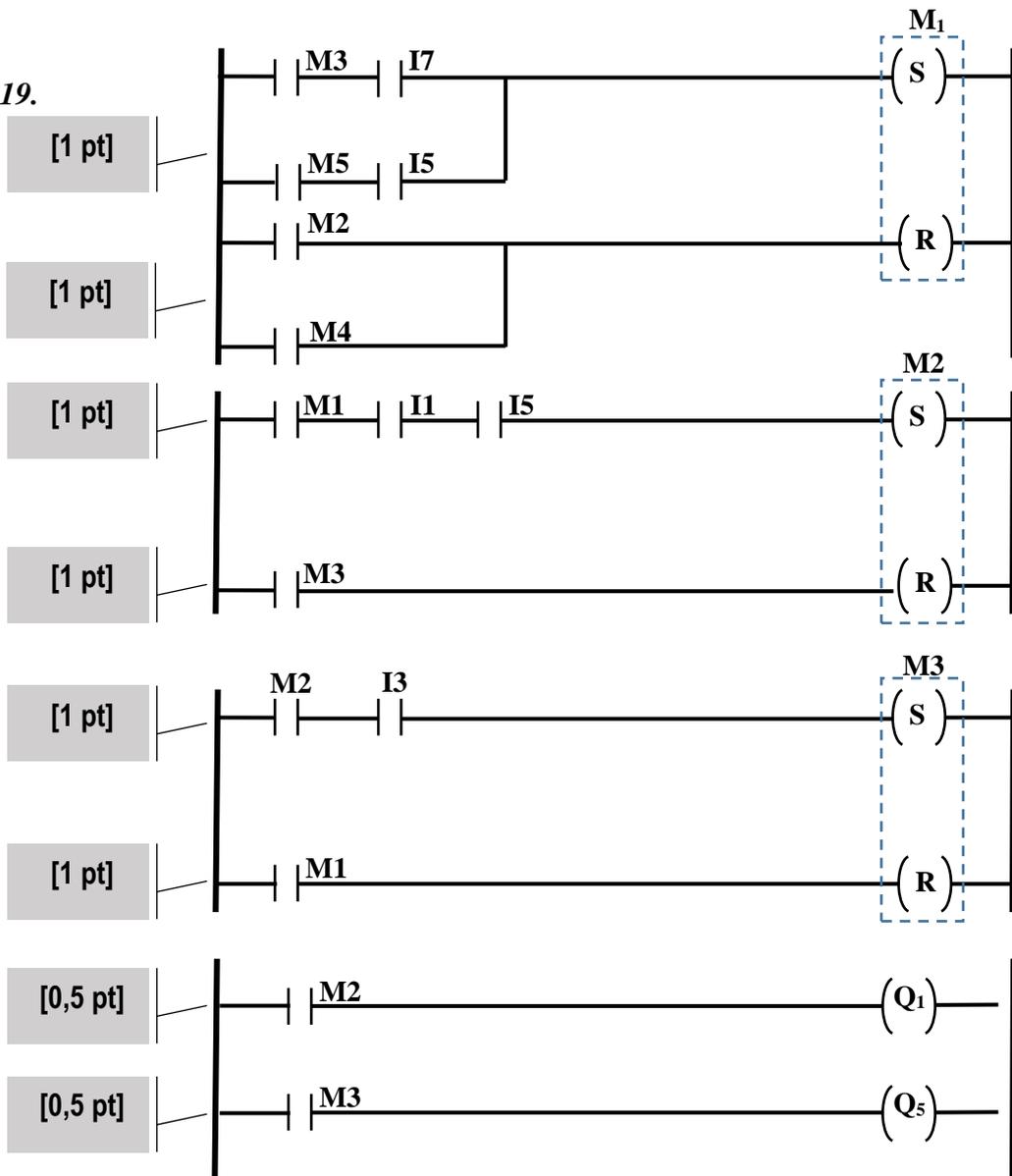
Question : 18.

[7 pts]



Question : 19.

[7 pts]



Question : 20.

[2 pts]

E' : la f.c.e.m (Force contre électromotrice) du moteur.

[1 pt]

R' : la résistance de l'induit.

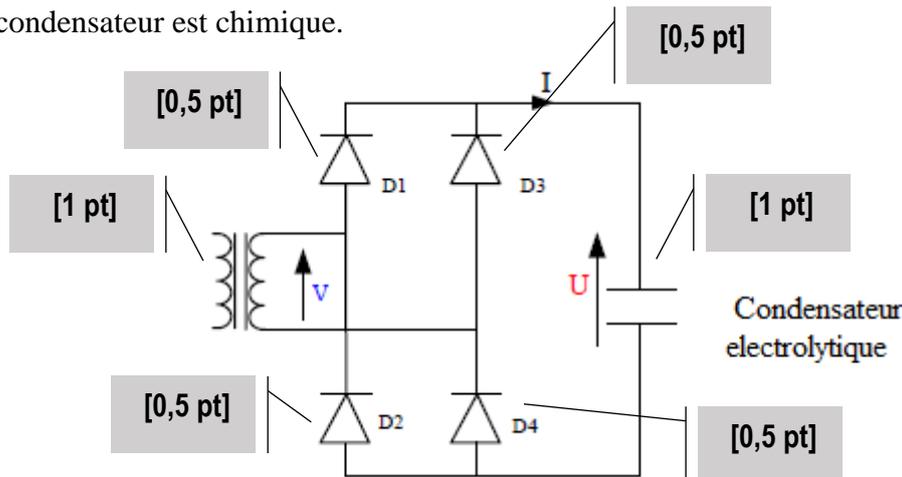
[1 pt]

Question : 21.

[4 pts]

Le schéma proposé est le suivant, on note que :

Le transformateur est un abaisseur de tension, les diodes sont des semi-conducteurs non commandées et le condensateur est chimique.



[0,5 pt]

[0,5 pt]

[1 pt]

[1 pt]

[0,5 pt]

[0,5 pt]

Question : 22.

[0,5 pt]

[2 pts]

La diode **D** porte le nom de roue libre, son rôle est de faire circuler le courant emmagasiné par le circuit inductif lors de l'ouverture du hacheur (H).

[1,5 pt]

Question : 23.

[2 pts]

Le rôle de la bobine (**L**) est de lisser le courant et d'emmagasiner l'énergie nécessaire.

[1 pt]

[1 pt]

Question : 24.

[2 pts]

Un composant similaire est le transistor bipolaire ou tout autre interrupteur électronique de commutation. Les interrupteurs doivent être commandables à l'ouverture et à la fermeture. En pratique, on utilise des semi-conducteurs de puissance tels que le transistor bipolaire, le thyristor GTO, le transistor MOSFET ou encore le transistor IGBT (liste non exhaustive).

Question : 25.

[0,75 pt]

[2 pts]

$T = 1/f$ avec **T** la période du signal haché et **f** sa fréquence.

A.N $T = 1/400$ $T = 2.5$ ms

[0,25 pt]

$$\langle U_M \rangle = (E \cdot 0,2 \cdot T) / T, \quad \langle U_M \rangle = 0,2 \cdot E$$

[1 pt]

Question : 26.

[2 pts]

$$\alpha = (0,2 \cdot T) / T = 0,2$$

Question : 27.

[3 pts]

α	0,2	0,5	0,8
$\langle U_M \rangle$ (V)	9,6	24	38,4

3 x [1 pt]

Question : 28.

[2 pts]

Si α augmente la vitesse du moteur augmente et inversement.

Question : 29.

[3 pts]

$$P_{moy} = \frac{E^2}{R_f} \cdot \alpha = 1600 \cdot \alpha$$

α	0,1	0,4	1
P(W)	160	640	1600

3 x [1 pt]