

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
المسالك المهنية
الدورة الاستدراحية 2022
- الموضوع -

PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP-PP

RS 211A

ⵜⴰⴳⴷⴰⵏⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⵢⴰ



المملكة المغربية

ⵏⵓⵔ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⵢⴰ

وزارة التربية الوطنية

ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⵢⴰ

والتعليم الأولي والرياضة

المركز الوطني للتقويم والامتحانات

4

مدة الإنجاز

اختبار توليقي في المواد المهنية - الجزء الأول

المادة

10

المعامل

شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الإلكترونيات وأجهزة التواصل

الشعبة أو المسلك

SYSTEME AUTOMATISE DE FABRICATION DE PAPIER

☞ Le sujet comporte au total 17 pages.

☞ Le sujet comporte 2 types de documents :

▪ Pages 02 à 08 : Socle du sujet comportant les parties à évaluer (Couleur **Jaune**).

▪ Pages 09 à 16: Documents réponses portant la mention **DREP XX** (Couleur **Blanche**).

☞ Page 17 : Barème de notation (Couleur **Blanche**).

Le sujet comporte 3 parties :

A- Automate programmable industriel et acquisition (sur 23 points)

B- Force motrice et modulation d'énergie (sur 41 points)

C- Energie pneumatique (sur 06 points)

Les 3 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture des paragraphes I, II et III (pages 2, 3 et 4).

☞ Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses : **DREP XX**.

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

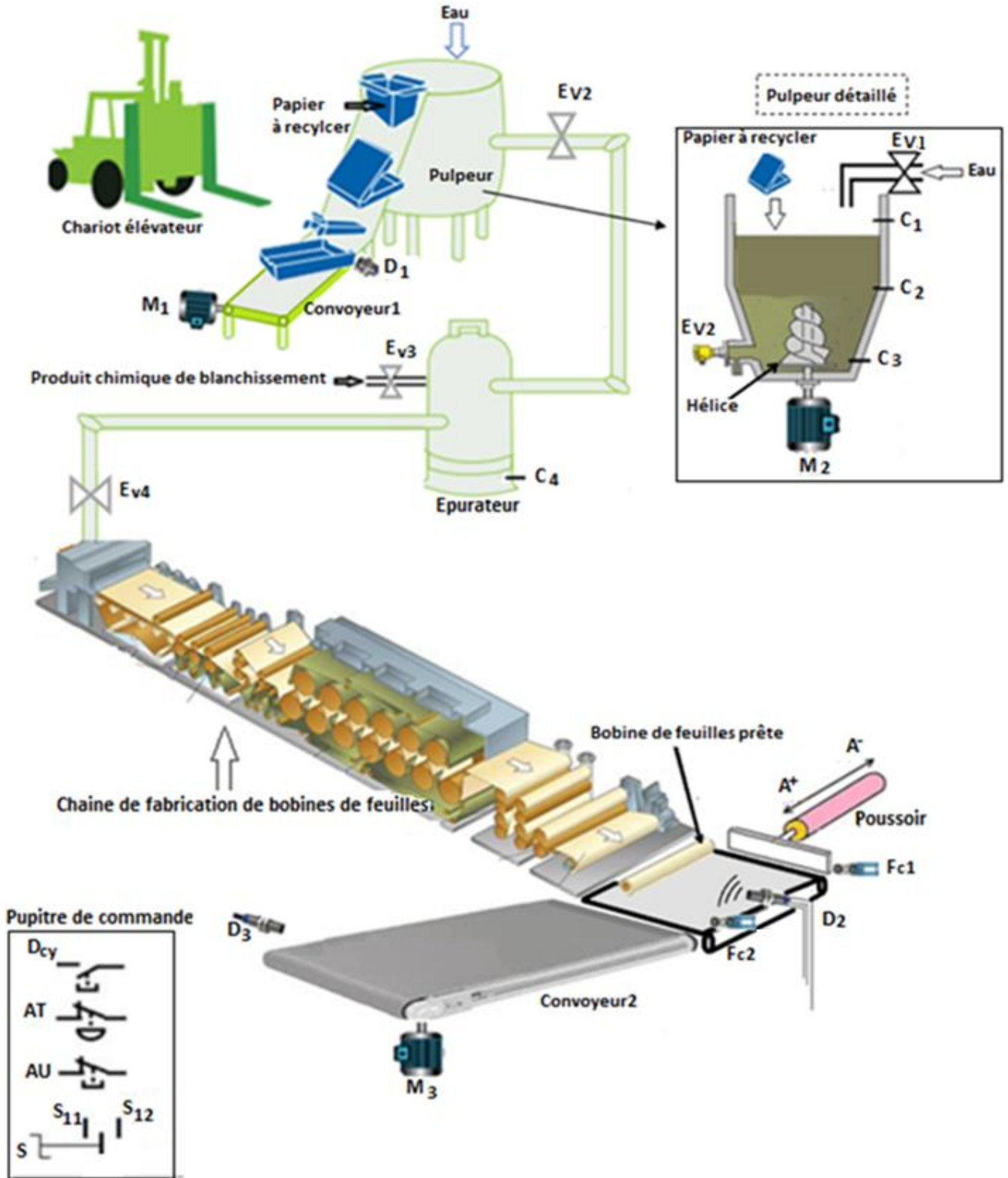
☞ Le sujet est noté sur 70 points.

☞ Aucun document n'est autorisé.

☞ Sont autorisées les calculatrices non programmables.

Systeme automatisé de fabrication de papier à partir du papier recyclé

I. Présentation du système :

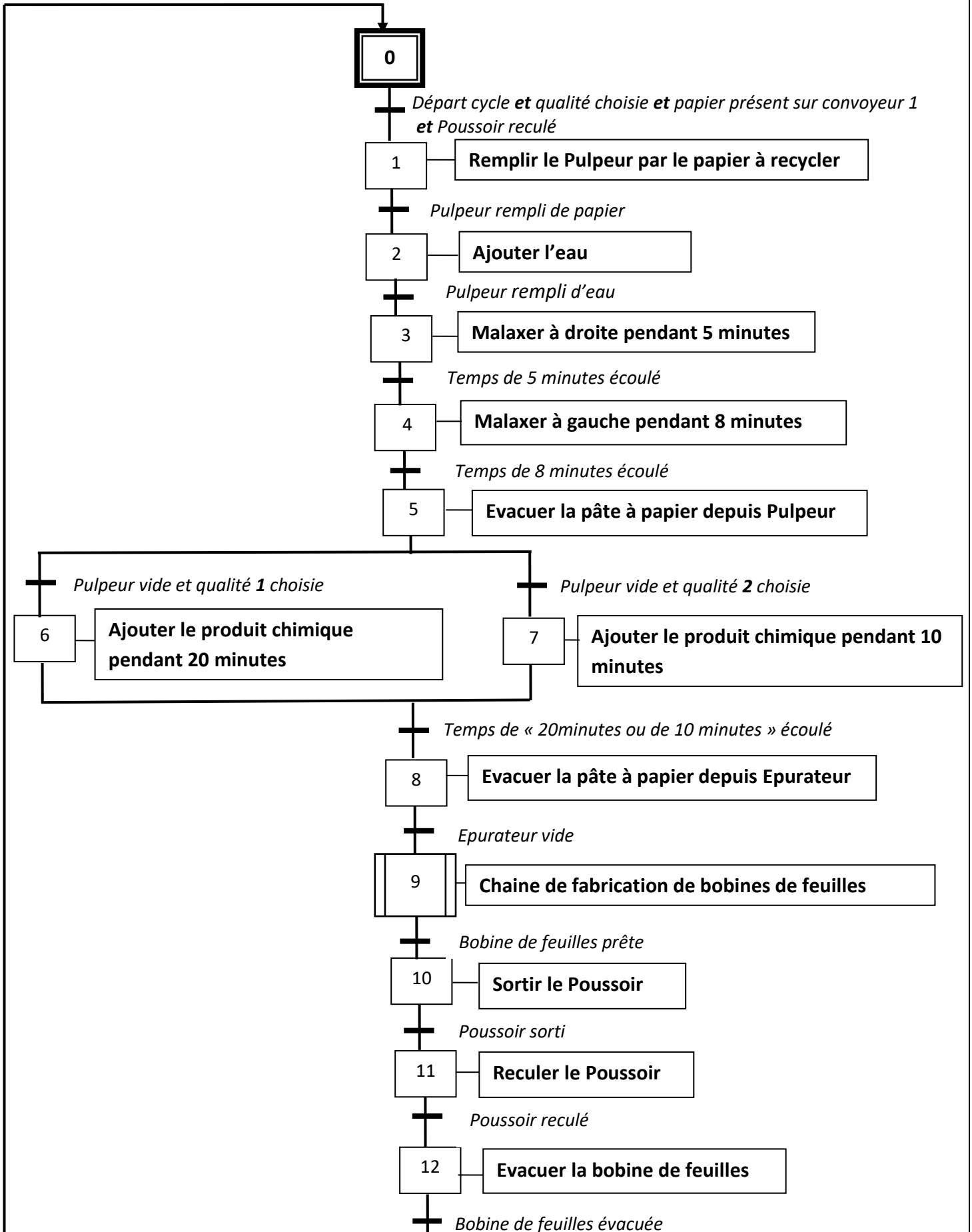


II. Description du système

Le système automatisé à étudier, permet la production du papier neuf par le recyclage du papier. Il est constitué des éléments suivants :

- **Chariot élévateur** entraîné par un moteur à courant continu **M₄**, dépose le papier à recycler sur le **convoyeur 1**.
- **Convoyeur 1** entraîné par un moteur asynchrone triphasé **M₁**, transporte le papier à recycler vers le **Pulpeur**.
- **Convoyeur 2** entraîné par un moteur asynchrone triphasé **M₃**, évacue la bobine de feuilles prête.
- **Hélice du Pulpeur** entraînée par un moteur asynchrone triphasé **M₂**, malaxe le papier à recycler et l'eau pour obtenir la pâte à papier.
- **Epurateur** est un réservoir recevant la pâte à papier et le produit de blanchissement.
- **Chaine de fabrication de bobines de feuilles** à partir de la pâte à papier. **Cette chaine ne sera pas étudiée dans cette épreuve.**
- **Poussoir** (vérin double effet) permet l'évacuation de la bobine de feuilles.
- **Capteurs fin de course** : **FC₁** et **FC₂**.
- **Détecteurs ultrasons** : **D₁**, **D₂** et **D₃**.
- **Détecteurs de niveau** : **C₁**, **C₂**, **C₃** et **C₄**.
- **Electrovannes TOR** : **E_{v1}**, **E_{v2}**, **E_{v3}** et **E_{v4}**.
- **Pupitre de commande**.

III. Fonctionnement (pour un cycle) : GRAFCET niveau 1



Partie A : Automate programmable industriel(API) et acquisition

I. Automate programmable industriel (19points).

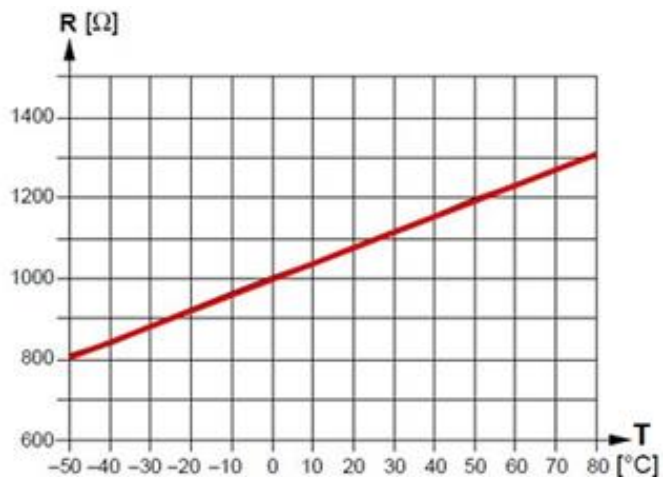
En se basant sur le tableau d'adressage des entrées et des sorties de l'API ci-dessous :

Entrée	Adresse	Sortie	Adresse
C ₄ : Epurateur vide	% I 0.0	KM ₁ : Démarrer le convoyeur 1	%Q 0.1
C ₃ : Pulpeur vide	% I 0.1	KM _{2D} : Malaxer à droite	%Q 0.3
C ₂ : Pulpeur rempli de papier	% I 0.2	KM _{2G} : Malaxer à gauche	%Q 0.4
C ₁ : Pulpeur rempli d'eau	% I 0.3	KM ₃ : Démarrer le convoyeur 2	%Q 0.5
Fc ₂ : Poussoir sorti	% I 0.4	Ev ₁ : Ajouter l'eau	%Q 1.1
Fc ₁ : Poussoir reculé	% I 0.5	Ev ₂ : Evacuer la pâte à papier depuis Pulpeur	%Q 1.2
D ₃ : Bobine de feuille évacuée.	% I 1.0	Ev ₃ : Ajouter le produit chimique	%Q 1.3
D ₂ : Bobine de feuilles prête	% I 1.1	Ev ₄ : Evacuer la pâte à papier depuis l'Epurateur	%Q 1.5
S ₁₂ : Qualité 2 choisie	% I 1.2	A+ : Sortir le Poussoir	%Q 1.6
S ₁₁ : Qualité 1 choisie	% I 1.3	A- : Reculer le Poussoir	%Q 1.7
D _{cy} : Départ cycle	% I 1.4		
D ₁ : Papier présent sur convoyeur 1	% I 1.7		

- A-1)** Compléter le GRAFCET **niveau 2** correspondant au fonctionnement du système. (4 pts)
- A-2)** Compléter le schéma du câblage de l'API en utilisant une couleur pour les entrées et une autre couleur pour les sorties (couleur rouge à éviter). (4 pts)
- A-3)** Compléter le tableau des conditions d'activation **CAX_i** et de désactivation **CDX_i** (3 pts)
- A-4)** Donner les équations des sorties **KM₁, A⁻, KM₃ et Ev₁** (2pts)
- A-5)** Compléter le programme **LADDER** des étapes **X0, X1, X11, X12**, et des sorties **KM₁ et Ev₁** . (6 pts)

II. Acquisition : Capteurs (4 points)

La chaîne de fabrication de bobines de feuilles comporte une zone de séchage de la pâte à papier, dont la température ne doit pas dépasser 50°C. La courbe suivante représente la réponse linéaire du capteur utilisé :



La réponse du capteur

- A-6) Compléter la **figure 1** en précisant la grandeur mesurable et la grandeur de sortie du capteur (1pt)
- A-7) Le capteur de température étudié est-il un capteur actif ou passif ? Justifier votre réponse. (1pt)
- A-8) Déterminer l'étendue de mesure de ce capteur. (1pt)
- A-9) Déterminer les deux valeurs de sortie pour $T_1= 50^{\circ}\text{C}$ et $T_2= 0^{\circ}\text{C}$. (0.5pt)
- A-10) Calculer la sensibilité S , sachant que $S= \Delta R / \Delta T$. (0.5pt)

Partie B : Force motrice et modulation d'énergie (41points)

I. Etude du moteur asynchrone triphasé (16 points)

Le moteur asynchrone triphasé M_2 (entraînant l'Hélice) est un moteur **tétrapolaire** à deux sens de rotation, alimenté par le réseau **230V/400V-50Hz**. Sa plaque signalétique est la suivante :



La mesure à chaud de la résistance d'un enroulement du stator donne $r = 0,65 \Omega$. Les pertes fer statoriques et les pertes mécaniques sont négligeables.

- B.1) Préciser le couplage de ce moteur avec le réseau. Justifier votre réponse. (1.5pts)
- Calculer :
- B.2) La vitesse de synchronisme n_s . (1pt)
- B.3) La puissance active P_a . (1pt)
- B.4) Les pertes par effet Joule dans le stator P_{js} . (1pt)
- B.5) Le glissement g . (1pt)
- B.6) La puissance transmise P_{tr} . (1pt)
- B.7) Le couple électromagnétique T_{em} . (1pt)
- B.8) Les pertes par effet Joule dans le rotor P_{jr} . (1pt)
- B.9) La puissance utile P_u . (1pt)
- B.10) Le couple utile T_u . (2pts)
- B.11) Le rendement $\eta(\%)$. (1pt)
- B.12) Compléter le schéma de puissance du moteur M_2 à 2 sens de rotations (démarrage direct). (2pts)
- B.13) Identifier les éléments 1,2 et 3 dans **tableau 2**. (1.5pts)

II. Etude du moteur à courant continu.(16points)

Le **chariot élévateur** du papier à recycler est entrainé par le moteur **M₄** à courant continu à excitation série dont les caractéristiques sont :

Tension d'alimentation : **U= 230 V** ; **courant** nominal : **I_N = 8 A** ; la vitesse de rotation : **N=1200 tr/min** ;
 la résistance de l'induit : **R= 0,3Ω** ; la résistance de l'inducteur : **r = 0,7Ω**.

- B.14)** Donner le schéma électrique du modèle équivalent du moteur à courant continu à excitation série. (2pts)
- B.15)** Calculer La force électromotrice (f.é.m.) **E** du moteur. (1pt)
- B.16)** Calculer La puissance absorbée **P_a**. (1pt)
- B.17)** Calculer la puissance totale dissipée par effet Joule **P_{JTotal}**. (2pts)
- B.18)** Calculer la puissance utile **P_u** sachant que les pertes collectives **P_c=120 W**. (2pts)
- B.19)** Calculer le moment du couple utile **T_u**. (1pt)
- B.20)** Calculer le rendement **η(%)**. (1pt)

On néglige la résistance de l'induit **R** et celle de l'inducteur **r** ainsi que les pertes collectives **P_c**.

Sachant que le flux **Φ** est proportionnel au courant de l'induit (**Φ = k·I_e**) et que le couple électromagnétique

T_{em} est proportionnel au courant de l'inducteur **T_{em} = K·Φ·I** :

- B.21)** Montrer que **T_u = α·I²** (**α** est une constante à définir en fonction de **K** et **k'**) (2pts)
- B.22)** Montrer que le couple utile **T_u** s'écrit sous la forme : **T_u = $\frac{U^2}{\alpha \cdot \Omega^2}$** (2pts)

- B.23)** Dédire que le moteur s'emballe à vide. (2pts)

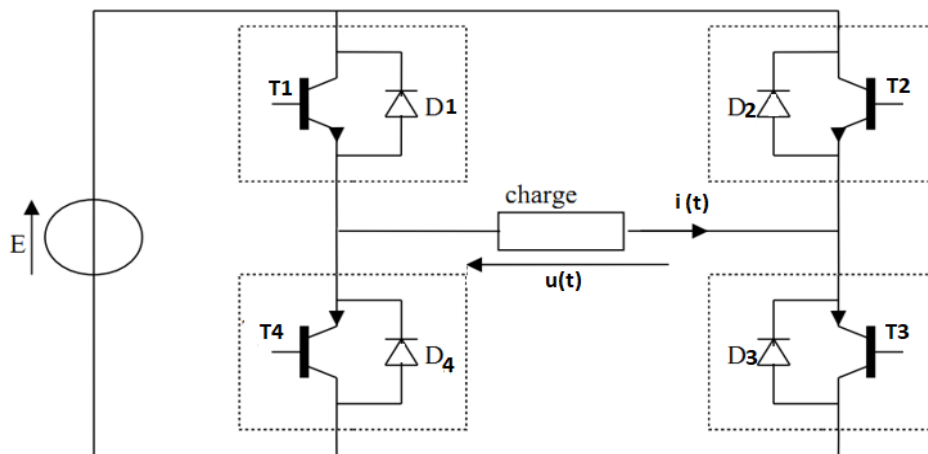
III. Modulation de l'énergie : Onduleur autonome. (9points)

- B.24)** Donner les noms et les symboles des convertisseurs statiques en modulation de l'énergie. (2pts)

Le schéma suivant représente un onduleur autonome alimentant une charge inductive. Les composants **T1**,

T2, **T3** et **T4** sont commandés périodiquement :

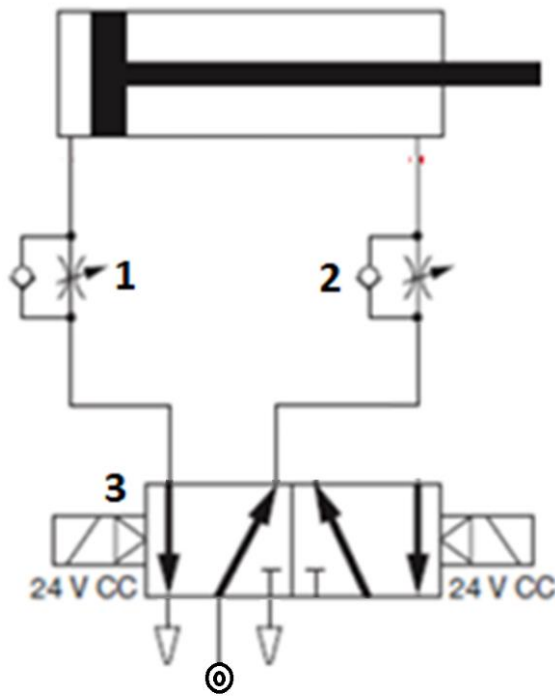
- ⇒ **T1** et **T3** sont commandés de **0** à $\frac{T}{2}$.
- ⇒ **T2** et **T4** sont commandés de $\frac{T}{2}$ à **T**.



- B.25)** Dessiner l'allure de $u(t)$. (2pts)
- B.26)** Déterminer la puissance instantanée $p(t)$ reçue par la charge en complétant le tableau 1. (2pts)
- B.27)** Identifier le composant **T1**. (1pt)
- B.28)** Quel est le composant électronique qui peut remplacer **T1** ? (1pt)
- B.29)** Qu'appelle-t-on la diode **D1** ? (1pt)

Partie C : Energie Pneumatique (6points)

Le circuit pneumatique du **Poussoir** est représenté par le schéma suivant :



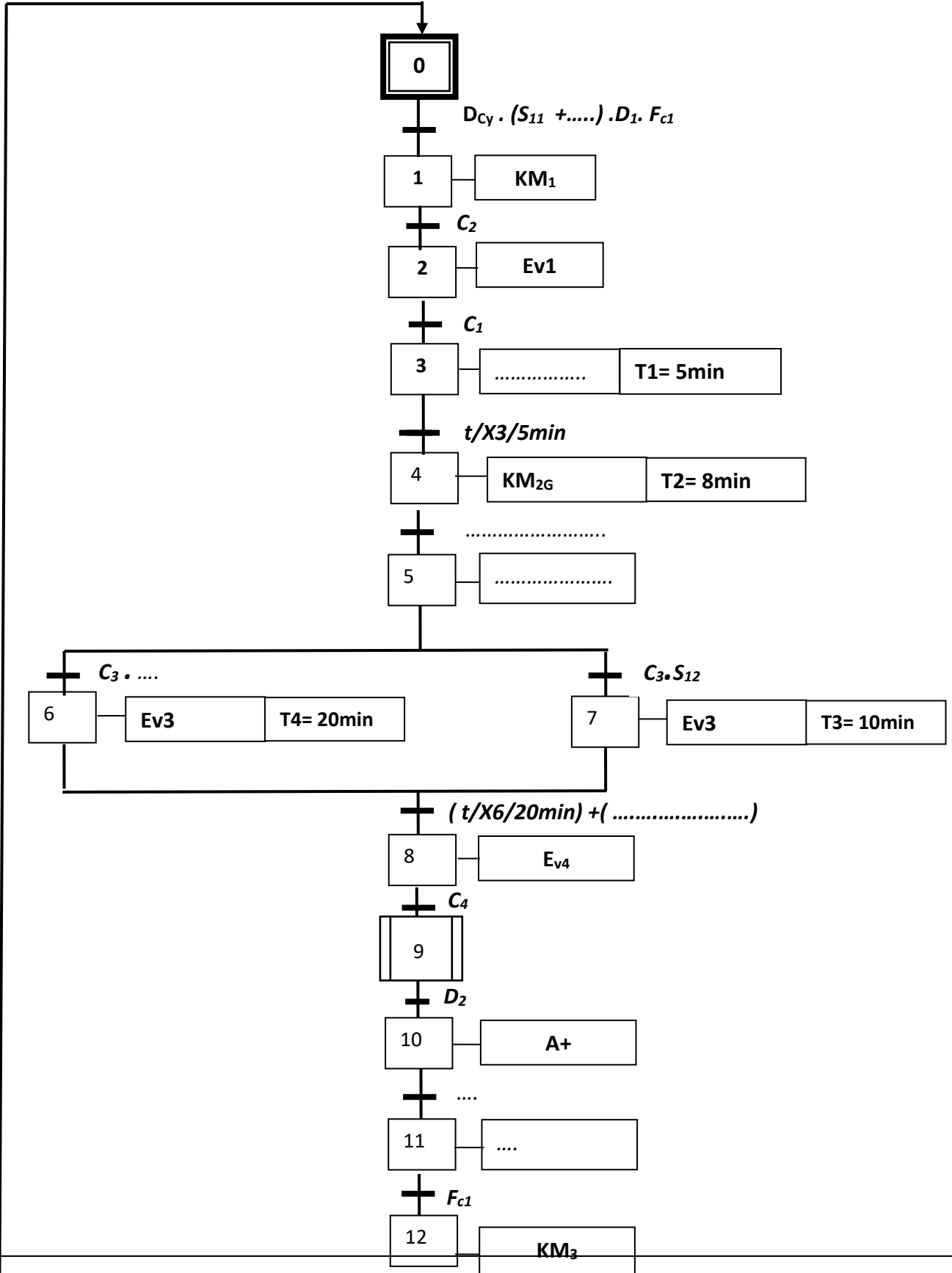
- C-1)** Compléter le tableau 3 en identifiant les éléments 1,2 et 3. (1.5pts)
- C-2)** On souhaite tester le fonctionnement du vérin manuellement, compléter le circuit pneumatique. (3pts)
- C-3)** Le vérin est composé d'un piston de diamètre $d_p = 30 \text{ mm}$, muni d'une tige de diamètre $d_T = 15 \text{ mm}$.
 La pression utilisée dans cette installation est de **4 bar**.

Calculer :

- C-3-a)** La force de poussée F_s . (0.75pt)
- C-3-b)** La force d'attraction F_R de ce vérin. (0.75pt)

DREP 01

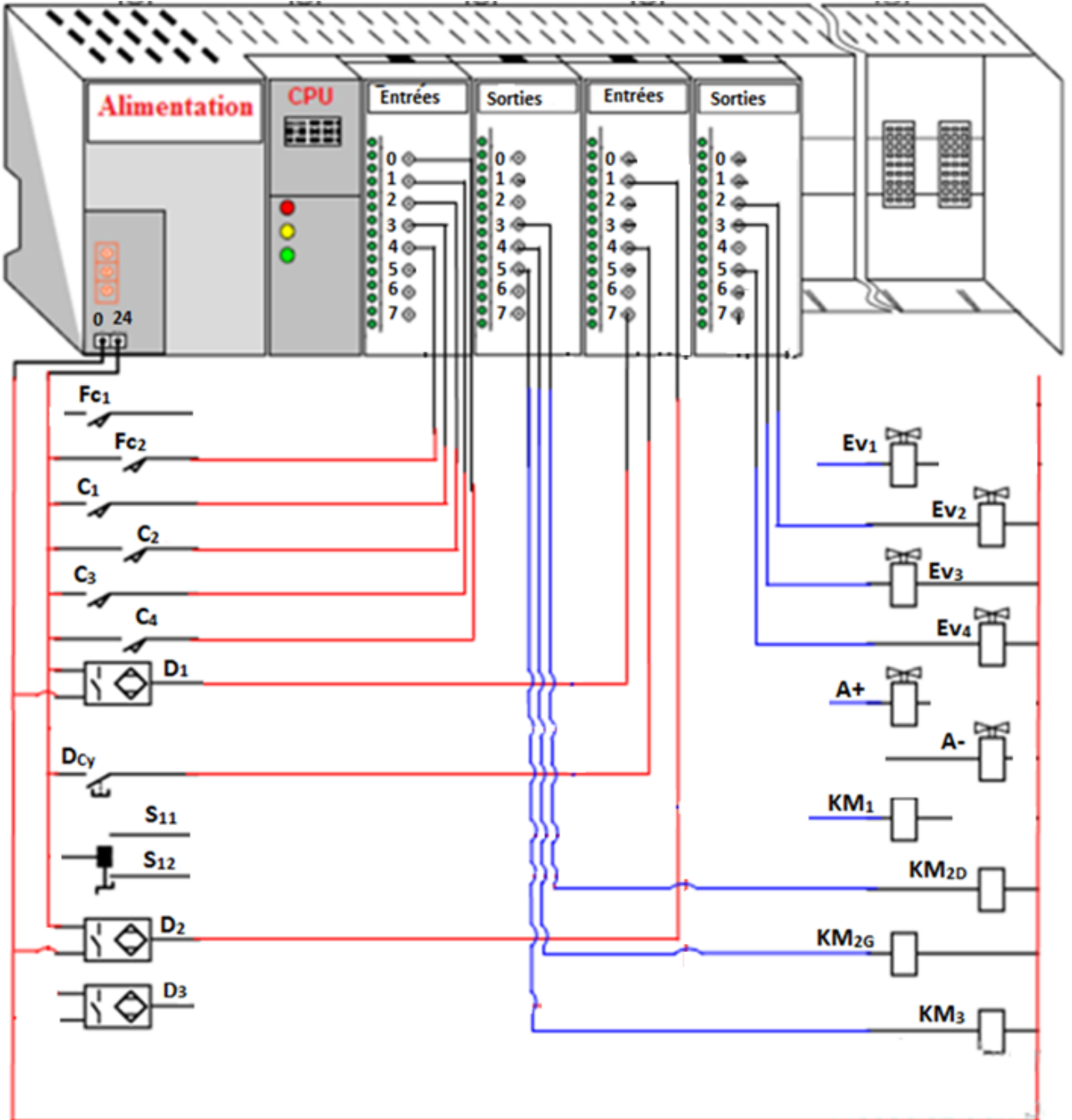
A-1) GRAFCET niveau 2 : (0.5*8 :4pts)



D_3

DREP 02

A-2) Câblage API (0.5X8 :4pts)



DREP 03

A-3) Les tableaux des conditions d'activation CAX_i et de désactivation CDX_i : (0.5*6 :3points)

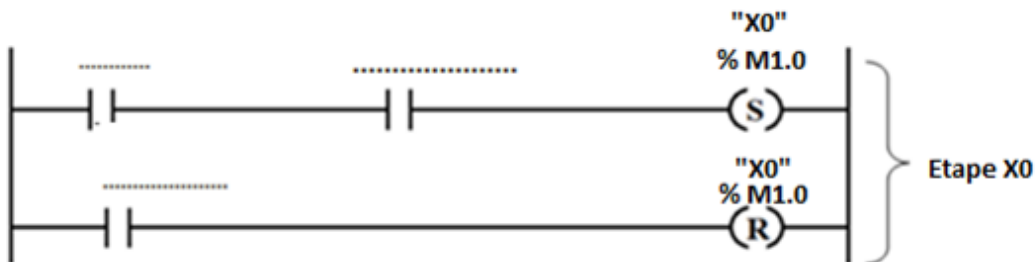
CAX_i : Condition d'activation de l'étape X_i , CDX_i : Condition de désactivation de l'étape X_i

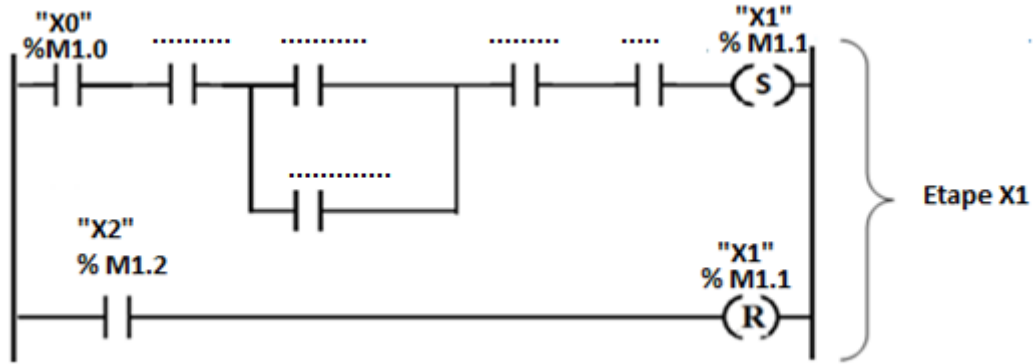
Etape X_i	CAX_i	CDX_i
X0	X12 .D3	X1
X1	X2
X5
X7	X8
X11	X12
X12	X0

A-4) Donner l'équation des sorties suivantes : (4*0.5 : 2pts)

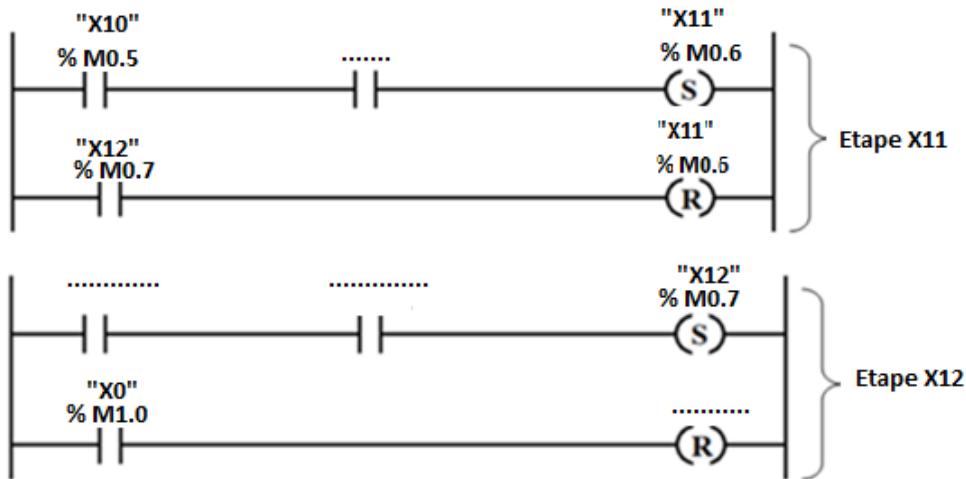
⇒ $KM_1 =$; ⇒ $Ev_1 =$
 ⇒ $A^- =$; ⇒ $KM_3 =$

A-5) Le langage LADDER des étapes X0, X1, X11, X12, et de sorties KM_1 et Ev_1 . (12*0.5 :6points)





DREP 04



A-6)

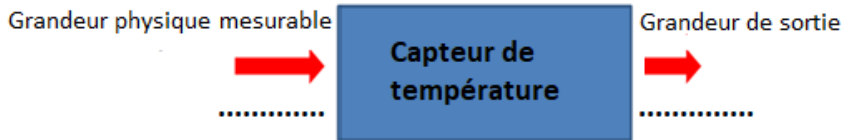


Figure 1

A-7) Type de capteur :

Justification :

A-8) L'étendue de mesure :

A-9)

Température	T1= 50°C	T2= 0°C
La valeur de sortie du capteur		

A-10) La sensibilité S=.....

B.1) Le couplage de ce moteur avec le réseau :

Justification :

B.2) La vitesse de synchronisme n_s :

B.3) La puissance active P_a :

B.4) Les pertes par effet Joule dans le stator P_{js} :

B.5) Le glissement g :

B.6) La puissance transmise P_{tr} :

DREP 05

B.7) Le couple électromagnétique T_{em}

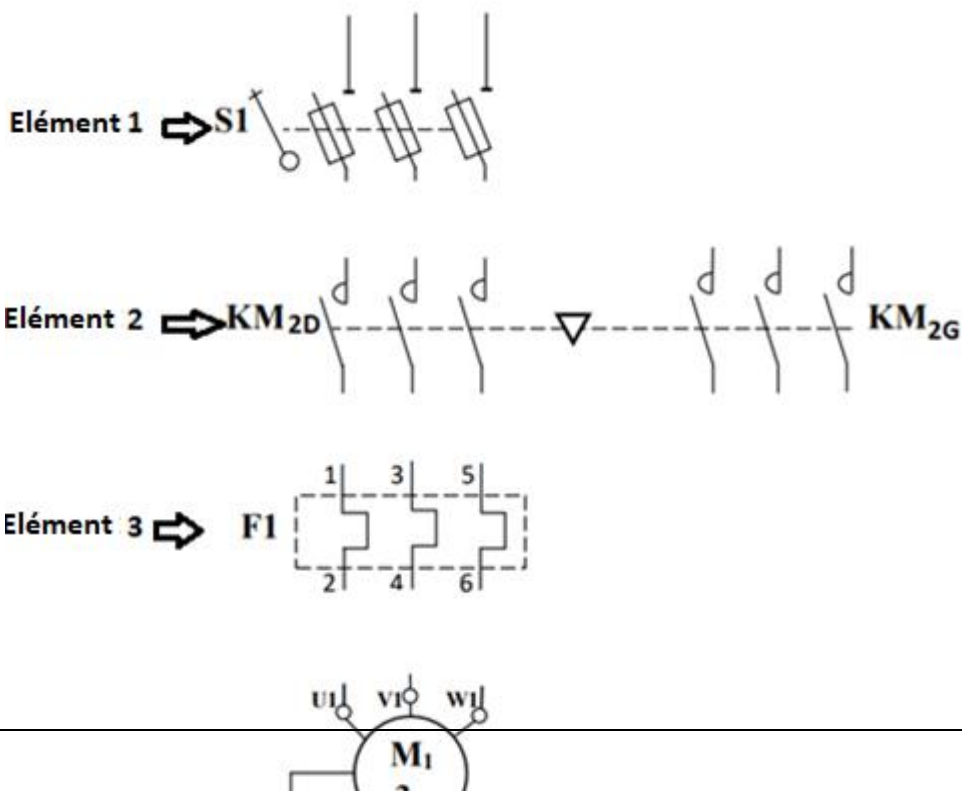
B.8) Les pertes par effet Joule dans le rotor P_{jr} :

B.9) La puissance utile P_u :

B.10) Le couple utile T_u :

B.11) Le rendement $\eta(\%)$:

B.12) Le schéma de puissance du moteur M_2 à 2 sens de rotation (démarrage direct).



B.13) Identification des éléments 1, 2 et 3 dans **tableau 2** suivant :

Élément N°	Nom de l'élément
1	
2	
3	

DREP 06

B.14) Le schéma électrique du modèle équivalent du moteur à courant continu à excitation série :

B.15) La force électromotrice (f.é.m.) E du moteur :

B.16) La puissance absorbée P_a :

B.17) La puissance totale dissipée par effet Joule $P_{J\text{Total}}$:

B.18) La puissance utile P_u sachant que les pertes collectives $P_c = 120 \text{ W}$:

B.19) Le moment du couple utile T_u :

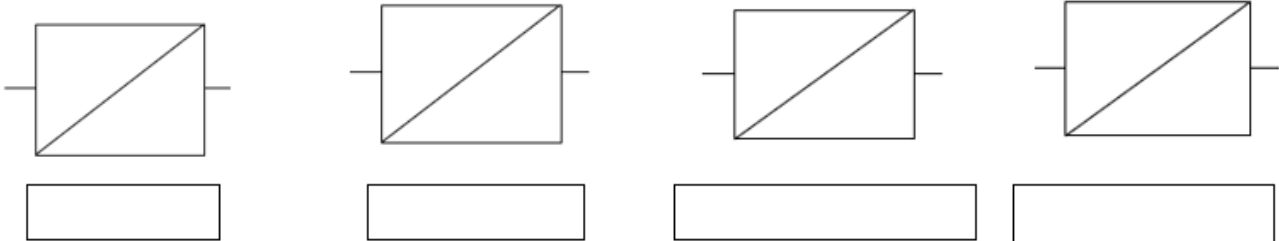
B.20) Le rendement $\eta(\%)$:

B.21) Démonstration de $T_u = \alpha \cdot I^2$:

B.22)

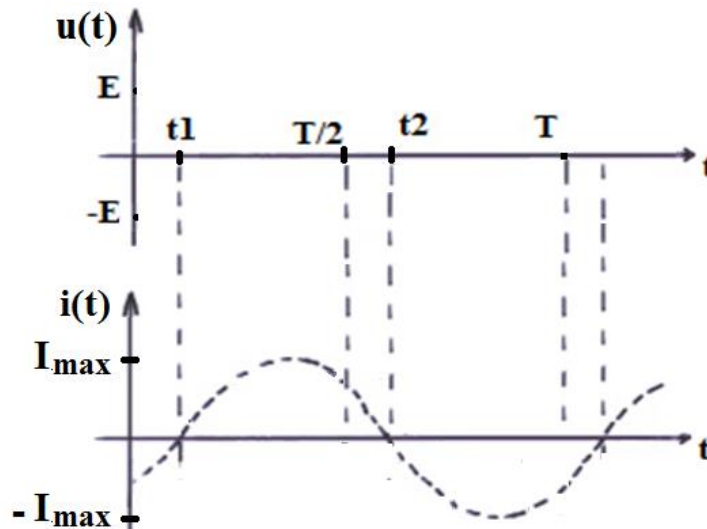
B.23) Le moteur s'emballe à vide car :

B.24) Les convertisseurs statiques en modulation de l'énergie, et leurs symboles :



DREP 07

B.25) L'allure de $u(t)$:



B.26) Remplissage du tableau 1 suivant :

Si $p(t) < 0$ donc la charge fournit de l'énergie à la source.

Si $p(t) > 0$ donc la charge reçoit de l'énergie depuis la source.

Intervalle de temps	de	$i(t)$ (+ ou -)	$u(t)$ (+ ou -)	$p(t)$ (+ ou -)	Charge fournit /reçoit de l'énergie
De 0 à t_1		-	+	-	Charge fournit de l'énergie
De t_1 à $T/2$		+	+	+	Charge reçoit de l'énergie
De $T/2$ à t_2					

الصفحة		الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2022 - الموضوع		
16	RS 211A	- مادة: اختبار توليفي في المواد المهنية - الجزء الأول - شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الإلكترونيات		
18	De t2 à T		أجهزة التواصل	

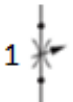

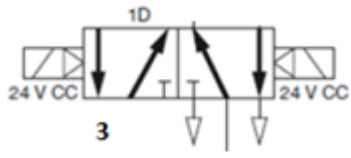
B.27) Le composant T1 est un

B.28) On remplace T1 par

B.29) La diode D1.....

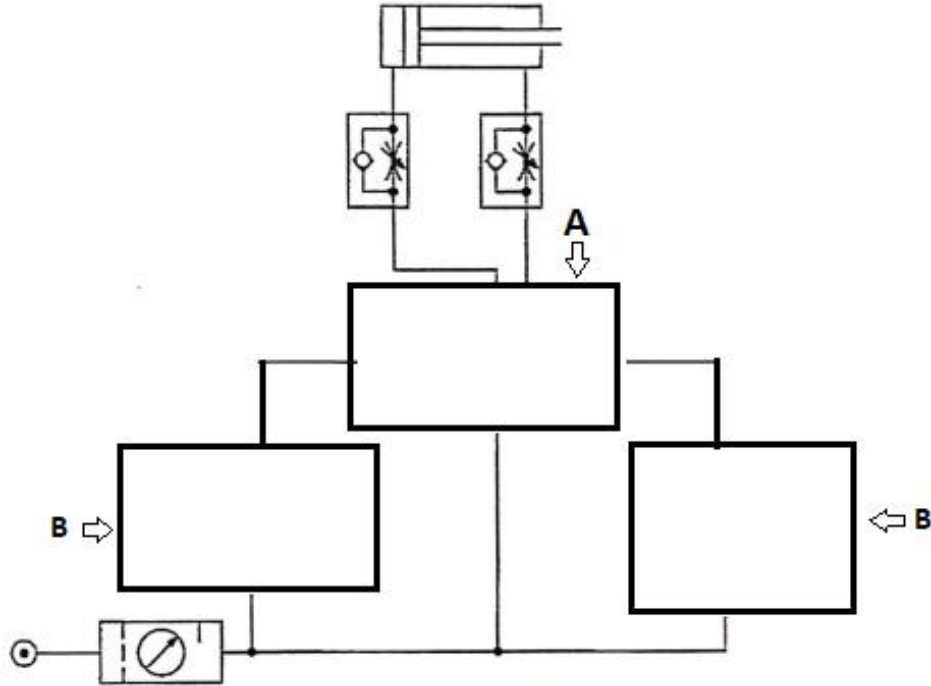
DREP 08

C-1) Tableau 3 des éléments 1,2 et 3 : (0.25*6 :1.5pt)

Elément N°	Nom	Rôle
1 		
2 		
3 		

C-2) Le circuit pneumatique à compléter :

A est un distributeur bistable 4/2 à pilotage par commande pneumatique directe



C-3-a) Calcul de la force de poussée : $F_S = \dots\dots\dots$

C-3-b) Calcul de la force d'attraction $F_R = \dots\dots\dots$

Barème de notation

Partie A : Automate programmable industriel(API) et acquisition (23 points)

- A-1) / 4 pts
 A-2) / 4 pts
 A-3) / 3 pts
 A-4) / 2pts
 A-5) / 6 pts
 A-6) / 1pt
 A-7) / 1pt
 A-8) / 1pt
 A-9) / 0.5pt
 A-10) / 0.5pt

Partie B : Force motrice et modulation d'énergie (41points)


- B-1) / 1.5pts
 B-2) / 1pt
 B-3) / 1pt
 B-4) / 1pt
 B-5) / 1pt
 B-6) / 1pt
 B-7) / 1pt

- B-9) / 1pt
 B-10) / 2pts
 B-11) / 1pt
 B-12) / 2pts
 B-13) / 1.5pts
 B-14) / 2pts
 B-15) / 1pt
 B-16) / 1pt
 B-17) / 2pts
 B-18) / 2pts
 B-19) / 1pt
 B-20) / 1pt
 B-21) / 2pts
 B-22) / 2pts
 B-23) / 2pts
 B-24) / 2pts
 B-25) / 2pts
 B-26) / 2pts
 B-27) / 1pt
 B-28) / 1pt
 B-29) / 1pt

Partie C : Energie Pneumatique(6points)

- C-1) / 1.5pts
 C-2) / 3pts
 C-3-a) / 0.75pt
 C-3-b) / 0.75pt

TOTAL SUR 70 POINTS

الصفحة : 1 على 13	<p style="text-align: center;">الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية الدورة الاستدراكية 2022</p>	<p style="text-align: center;">المملكة المغربية وزارة الترتيب الوصنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوصني للتقويم والامتحانات</p> 
-------------------	---	--

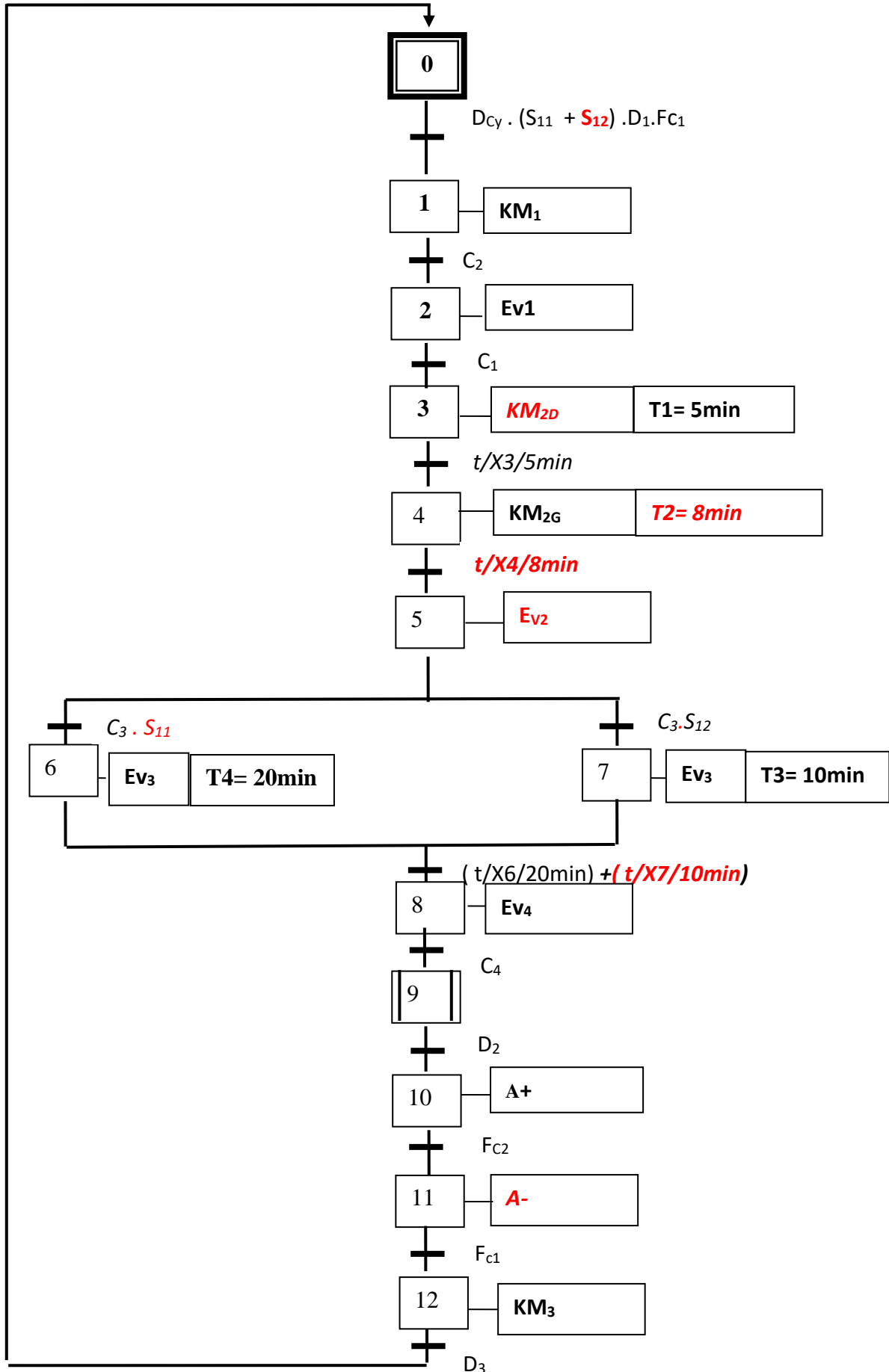
PPPPPPPPPPPPPPPPPPPPPP	***I	- عناصر الإجابة -	RR 211A		
10	المعامل	4	مدة الإنجاز	<p style="text-align: center;">اختبار توليفي في المواد المهنية - الجزء الأول شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك الإلكترونيات وأجهزة التواصل</p>	المادة الشعبة والمسلك

**SYSTEME AUTOMATISE DE FABRICATION DE
PAPIER**

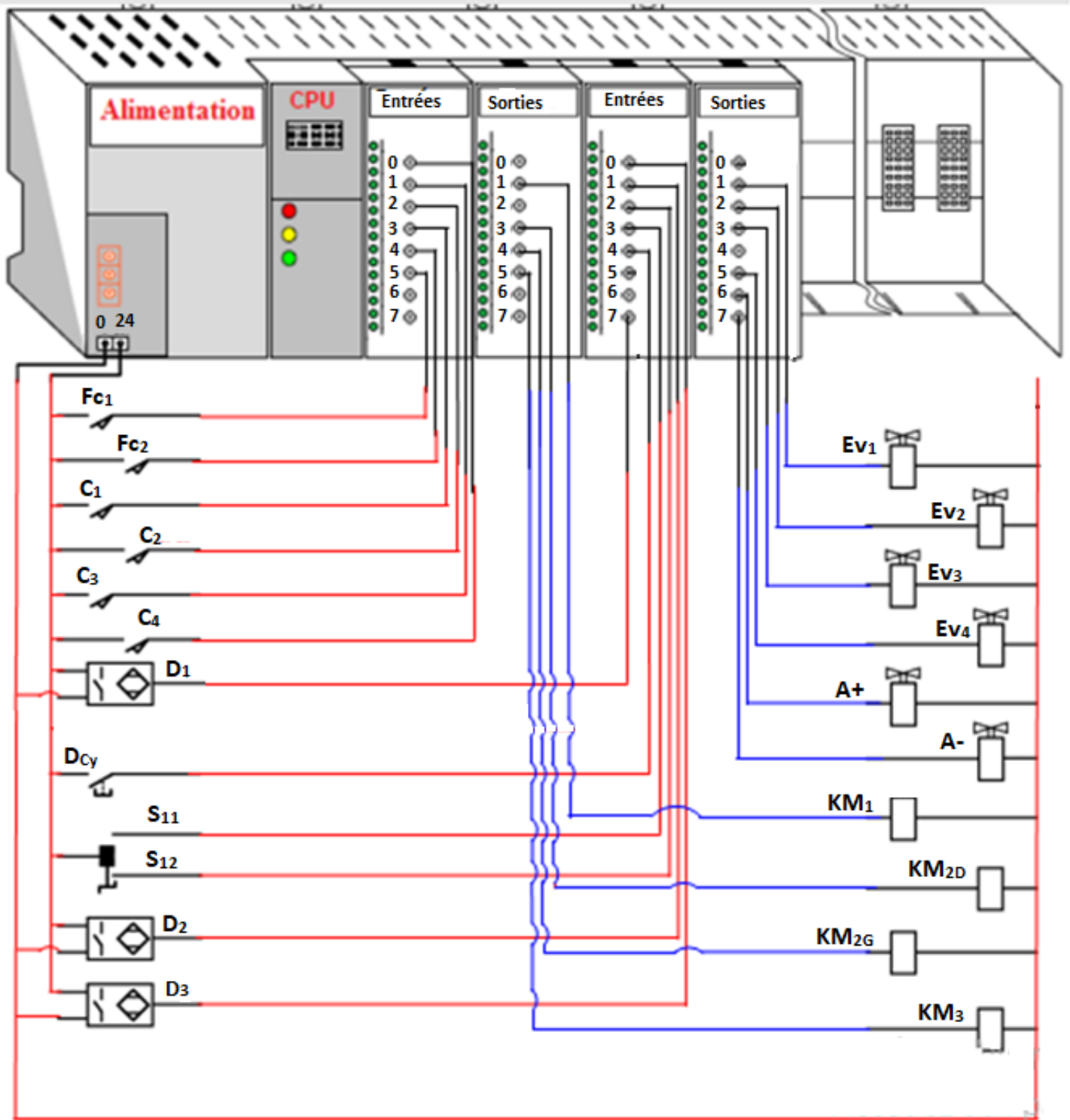
Eléments de corrigé

Partie A : Automate programmable industriel(API) et acquisition

A-1) Grafcet niveau 2 : (0.5*8 :4pts)



A-2) Câblage API (0.5X8 :4pts)



A-3) Les tableaux des conditions d'activation CAX_i et de désactivation CDX_i :

(0.25*12 :3points)

CAX_i : Condition d'activation de l'étape X_i

CDX_i : Condition de désactivation de l'étape X_i

Etape X_i	CAX_i	CDX_i
X_0	$X_{12} . D_3$	X_1
X_1	$X_0 . D_{Cy} . (S_{11} + S_{12}) . D_1 . F_{C1}$	X_2
X_6	$X_5 . C_3 . S_{11}$	X_8
X_7	$X_5 . C_3 . S_{12}$	X_8
X_{10}	$X_9 . D_2$	X_{11}
X_{11}	$X_{10} . F_{C2}$	X_{12}
X_{12}	$X_{11} . F_{C1}$	X_0

A-4) Donner l'équation des sorties suivantes : (4*0.5 : 2pts)

$\Rightarrow KM_1 = X_1 \dots$

;

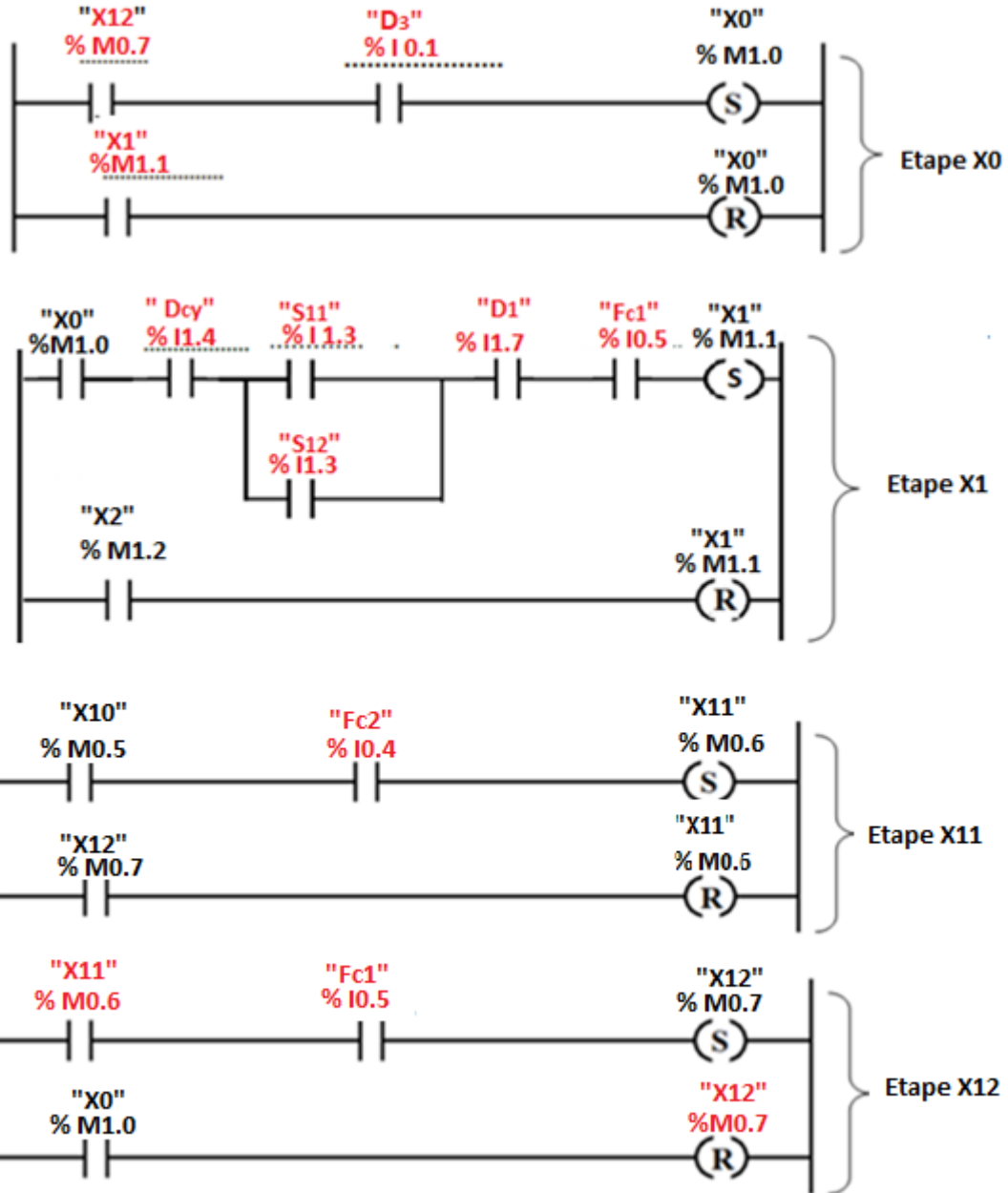
$\Rightarrow Ev_1 = X_2$

$\Rightarrow A^- = X_{11} \dots$

;

$\Rightarrow KM_3 = \dots X_{12}$

A-5) Le langage LADDER des étapes X0, X1, X11, X12, et des sorties KM₁ et Ev₁ .
 (12*0.5 :6points)



A-6) : (0.5*2 : 1pt)



A-7) Type de capteur : **un capteur passif (0.5pt)**

Justification : **La variation de température engendre une variation de résistance. (0.5pt)**

A-8) L'étendue de mesure : **$80^{\circ}\text{C} - (-50^{\circ}\text{C}) = 130^{\circ}\text{C}$ (1pt)**

A-9) (0.25*2 : 0.5pt)

Température	T1= 50°C	T2= 0°C
Valeur de la sortie du capteur	1200Ω	1000Ω

A-10) La sensibilité **$S = (1200-1000) / (50-0) = 4\Omega/^{\circ}\text{C}$ (0.5pt)**

Partie B : Force motrice et modulation d'énergie**I. Etude du moteur asynchrone**

B.1) Le couplage adéquat pour ce moteur est : **Couplage étoile (1 pt)**

Justification : **La tension composée du réseau (400V) est égale à la tension supportée par deux bobines du moteur (0.5pt)**

B.2) La vitesse de synchronisme est pour moteur tétrapolaire (1 pt)

$$n_s = f \cdot 60 / 2P = (50 \times 60) / 2 = 1500 \text{ tr/min}$$

B.3) La puissance active P_a : (1 pt)

$$P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos(\varphi) = \sqrt{3} \times 400 \times 3,84 \times 0,78 = 2075,13 \text{ W}$$

B.4) les pertes par effet Joule dans le stator : $P_{js} = 3 \times r \times I^2 = 3 \times 0,65 \times 3,84^2 = 28,75 \text{ W}$ (1 pt)

B.5) Le glissement g : (1 pt)

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04 = 4 \%$$

B.6) La puissance transmise P_{tr} : (1 pt)

$$P_{tr} = P_a - P_{js} = 2075,13 - 28,75 = 2046,38 \text{ W}$$

B.7) Le couple électromagnétique T_{em} : (1 pt)

$$T_{em} = \frac{P_{tr}}{\Omega_s} = \frac{P_{tr}}{n_s \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{2046,38}{1500 \times \frac{2\pi}{60}} = 13,03 \text{ N.m}$$

B.8) Les pertes par effet Joule dans le rotor P_{jr} : (1 pt)

$$P_{jr} = g \times P_{tr} = 0,04 \times 2046,38 = 81,85 \text{ W}$$

B.9) Calculer la puissance utile P_u : (1 pt)

$$P_u = P_{tr} - P_{jr} = 2046,38 - 81,85 = 1964,53 \text{ W}$$

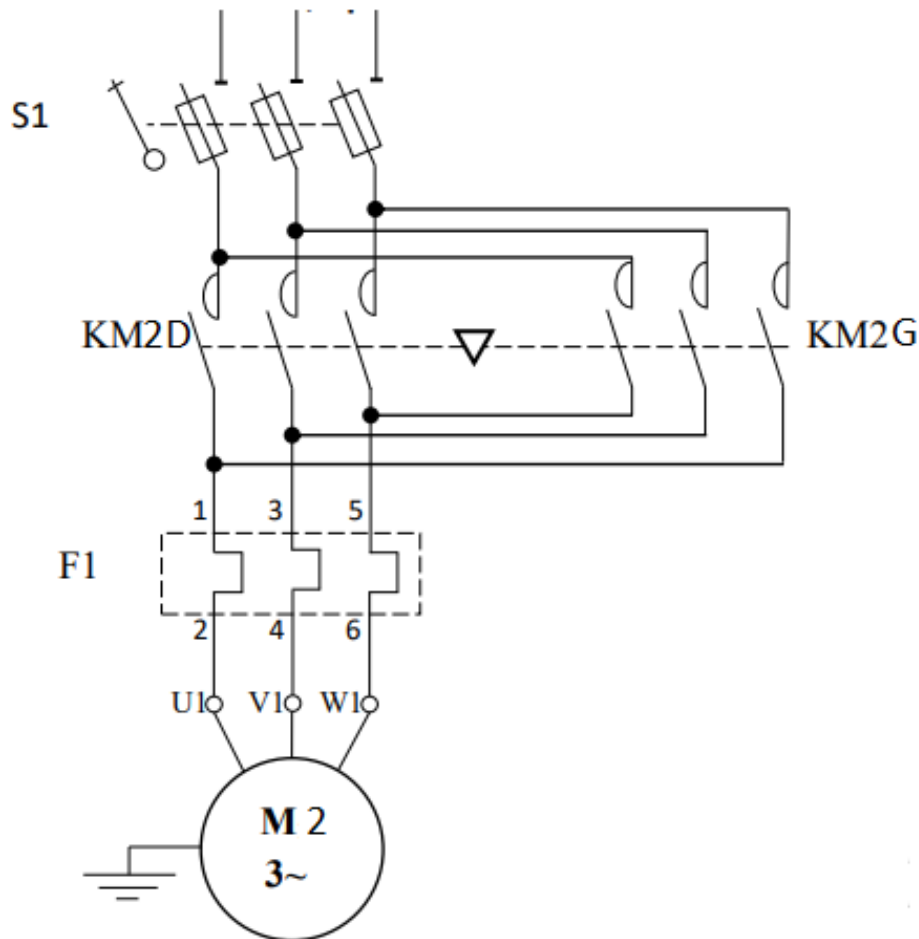
B.10) Le couple utile T_u : (2pts)

$$T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{P_u}{n \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{1964.53}{1440 \times \frac{2\pi}{60}} = 13.02 \text{ N.m}$$

B.11) Calculer le rendement $\eta(\%)$ (1 pt)

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{1964.53}{2075.13} = 0.946 = 94.6\%$$

B.12) Le schéma de puissance du moteur asynchrone triphasé M2 à 2 sens de rotations : (0.25*4 :2pts)

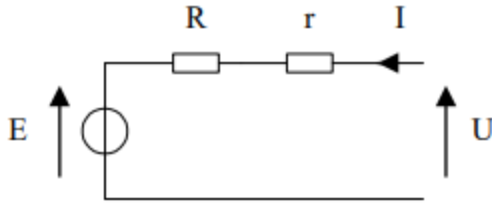


B.13) Les éléments 1, 2 et 3 : (0.5*3 : 1.5pts)

Élément	Nom de l'élément
1	Sectionneur à fusible
2	Contacteur
3	Relais thermique

II. Etude du moteur à courant continu

B.14) Le modèle équivalent du moteur à courant continu à excitation série : (2pts)



B.15) Calcul de la force électromotrice (f.é.m.) E du moteur : (1pt)

$$E = U - (R + r) I_N = 230 - (0,3 + 0,7) \times 8 = 222 \text{ V}$$

B.16) Calcul de la puissance absorbée : $P_a = U I_N = 230 \times 8 = 1840 \text{ W}$ (1pt)

B.17) Calcul de la puissance totale dissipée par effet Joule : (2pts)

$$P_{J\text{Total}} = (R + r) I^2 = (0,3 + 0,7) \times 8^2 = 64 \text{ W}$$

B.18) Calcul de la puissance utile : (2pts)

$$P_u = P_a - (P_{J\text{Total}} + \text{pertes collectives}) = 1840 - (64 + 120) = 1656 \text{ W}$$

B.19) Le moment du couple utile : (1pt)

$$T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{1656}{1200 \times \frac{2\pi}{60}} = 13.18 \text{ Nm}$$

B.20) Le rendement : (1pt)

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{1656}{1840} = 0.9 = 90\%$$

B.21) Démonstration de $T_u = \alpha \cdot I^2$: ...: (2pts)

Les pertes collectives sont négligeables donc $T_p = 0$ et par conséquent $T_u = T_{em}$

On a le flux est proportionnel au courant de l'induit $\Phi = k' \cdot I_e$
et le couple électromagnétique est égal à $T_{em} = K \cdot \Phi \cdot I$ et $I = I_e$

donc $T_u = K \Phi \cdot I = K \cdot k' \cdot I_e \cdot I = K \cdot k' \cdot I^2$ donc on pose $\alpha = K \cdot k'$ donc $T_u = \alpha \cdot I^2$

B.22) Démonstration du couple est inversement proportionnel au carré de la fréquence de rotation (2pts)

On a $E = K \Phi \cdot \Omega$ or $\Phi = k' \cdot I$ donc $E = K \cdot k' \cdot I \cdot \Omega = \alpha \cdot I \cdot \Omega$ donc

$$I = \frac{E}{\alpha \cdot \Omega} = \frac{U \text{ (car } R=r=0)}{\alpha \cdot \Omega}$$

$$T_u = \alpha \cdot I^2 = \frac{U^2}{\alpha \cdot \Omega^2}$$

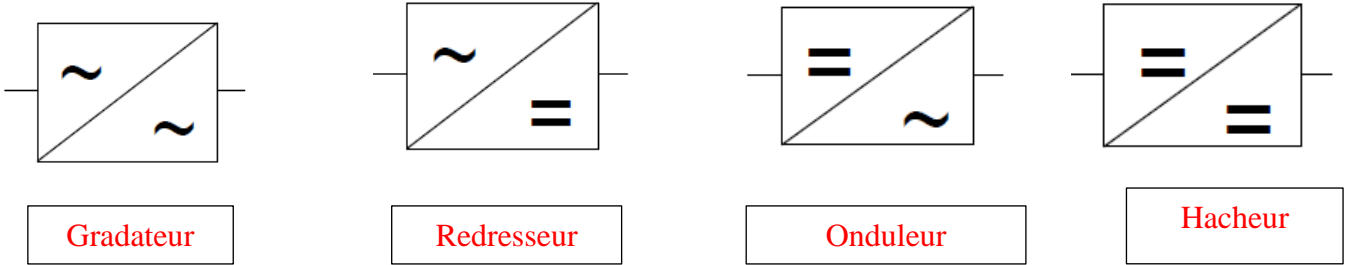
B.23) Dédution que le moteur s'emballe à vide : (2pts)

A vide on a $T_u=0$ et puisque $T_u = \alpha \cdot I^2$ donc $I=0$. Et puisqu' on a $\Omega = \frac{E}{\alpha \cdot I}$

Donc le moteur s'emballe.

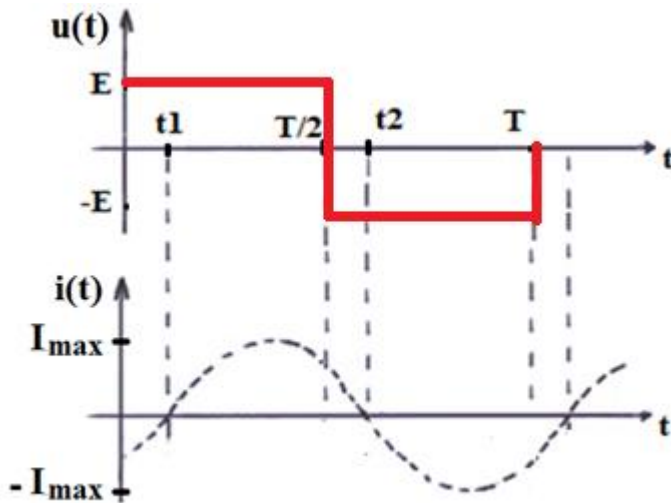
III. Modulation de l'énergie

B.24) Les quatre convertisseurs statiques en modulation de l'énergie : (0.25*8 :2points)



NB : les notations AC et DC sont acceptables.

B.25) Représenter sur le graphe suivant l'allure de U(t) (2pts)



B.26) Compléter le tableau suivant : (2pts : 8*0.25) :

Si $p(t) < 0$ donc la charge fournit de l'énergie à la source.

Si $p(t) > 0$ donc la charge reçoit de l'énergie depuis la source.

Intervalle de temps	$i(t)$ (+ ou -)	$u(t)$ (+ ou -)	$p(t)$ (+ ou -)	Charge fournit /reçoit de l'énergie
De 0 à t_1	-	+	-	Charge fournit de l'énergie
De t_1 à $T/2$	+	+	+	Charge reçoit de l'énergie
De $T/2$ à t_2	+	-	-	Charge fournit de l'énergie
De t_2 à T	-	-	+	Charge reçoit de l'énergie



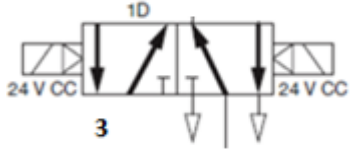
B.27) Le composant T1 est un transistor bipolaire (1pt)

B.28) on remplace T1 par un thyristor (1 pt)

B.29) La diode D1 est appelée une diode de roue libre. (1pt)

Partie C : Energie Pneumatique

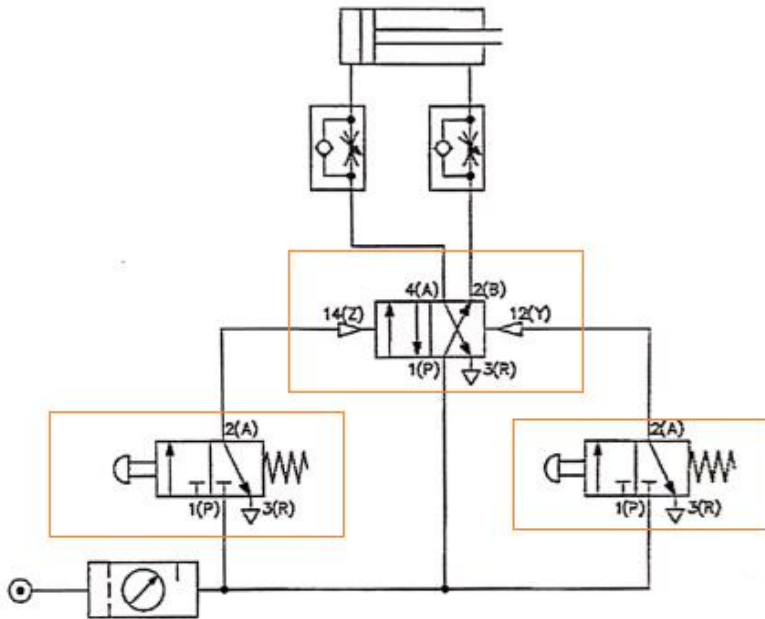
C-1) Tableau des éléments 1,2et3 : (0.25*6 :1.5pts)

Elément	Nom	Rôle
1 	Régulateur de débit (réducteur-étrangleur)	Régler le débit de l'air comprimé
2 	Clapet anti retour	Laisser passer l'air dans un sens et le bloquer dans l'autre
3 	Distributeur 5/2 bistable à commande électro-pneumatique	Pré-actionneur pneumatique

C-2) Schéma du circuit pneumatique : (1*3 :3pts)

A est un distributeur bistable 4/2 à pilotage par commande pneumatique directe.

B est un distributeur monostable 3/2 commandé par bouton poussoir et rappel par ressort .



C-3-a) Calcul de la force de poussée : (0.75pt)

$$F_S = P \times S_S = P \times \frac{\pi \times dp^2}{4} = \frac{2 \times 10^5 \times 3.14 \times 0.03^2}{4} = 141.3 \text{ N}$$

C-3-b) Calcul de la force d'attraction : (0.75pt)

$$F_R = P \times (S_S - S_T) = P \times \frac{\pi \times (dp^2 - dt^2)}{4} = \frac{2 \times 10^5 \times 3.14 \times (0.03^2 - 0.015^2)}{4} = 105.97 \text{ N} = 106 \text{ N}$$

Barème de notation

Partie A : Automate programmable industriel(API) et acquisition (23 points)

A-1)	.....	/ 4 pts
A-2)	.....	/ 4 pts
A-3)	.....	/ 3 pts
A-4)	.....	/ 2pts
A-5)	.....	/6 pts
A-6)	.....	/ 1pt
A-7)	.....	/ 1pt
A-8)	.....	/ 1pt
A-9)	.....	/ 0.5pt
A-10)	.....	/ 0.5pt

Partie B : Force motrice et modulation d'énergie (41points)

B-1)	.....	/ 1.5pts
B-2)	.....	/ 1pt
B-3)	.....	/ 1pt
B-4)	.....	/ 1pt
B-5)	.....	/ 1pt
B-6)	.....	/ 1pt
B-7)	.....	/ 1pt
B-8)	.....	/ 1pt
B-9)	.....	/ 1pt
B-10)	.....	/ 2pts
B-11)	.....	/ 1pt
B-12)	.....	/ 2pts
B-13)	.....	/ 1.5pts
B-14)	.....	/ 2pts
B-15)	.....	/ 1pt
B-16)	.....	/ 1pt
B-17)	.....	/ 2pts
B-18)	.....	/ 2pts
B-19)	.....	/ 1pt
B-20)	.....	/ 1pt
B-21)	.....	/ 2pts
B-22)	.....	/ 2pts
B-23)	.....	/ 2pts
B-24)	.....	/ 2pts
B-25)	.....	/ 2p
B-26)	.....	/ 2pts
B-27)	.....	/ 1pt
B-28)	.....	/ 1pt
B-29)	.....	/ 1pt

Partie C : Energie Pneumatique(6points)

C-1)	.....	/ 1.5pts
C-2)	.....	/ 3pts
C-3-a)	.....	/ 0.75pt
C-3-b)	.....	/0.75pt

TOTAL SUR 70 POINTS