

Filière : *Electromécanique*
 Epreuve : *théorique*
 Session : *juillet 2014*

Réservé à la Direction


 مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل
OFPPT Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

EXAMEN DE FIN DE FORMATION
 AU TITRE DE L'ANNEE : 2013-2014

Filière : Electromécanique des systèmes automatisés	Epreuve : théorique
Niveau : Technicien spécialisé	Durée : 4H
	Barème : /40

Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent présenter les calculs clairement, dégager et encadrer les résultats relatifs à chaque question référencée dans le sujet. En outre la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Sujet N°1 : Etude simplifiée de la motorisation d'un tramway. Le sujet se compose de deux parties indépendantes. A l'intérieur de chaque partie, certaines sous-parties sont elles-mêmes indépendantes. Il serait donc préférable que les stagiaires lisent entièrement l'énoncé avant de commencer à répondre. Présentation générale du sujet : Avec l'évolution de l'électronique de puissance, la perée du moteur asynchrone dans le domaine de la traction électrique était remarquable. Dans le même temps, afin de réduire la pollution engendrée par la circulation automobile, le Maroc a accompagné de nombreux pays qui ont développé les transports en commun, en optant pour la solution du tramway. Chaque rame du tramway étudiée est motorisée par douze moteurs asynchrones identiques entraînant chacun une roue motrice par l'intermédiaire d'un réducteur. Les douze roues motrices sont réparties sur trois bogies. Dans ce sujet on se limitera à l'étude d'un moteur de traction qui est alimenté l'intermédiaire d'un convertisseur de tension à partir d'un réseau 750 V continu.	..23
Partie 1 : Etude du fonctionnement nominal d'un moteur de traction Il s'agit d'un moteur asynchrone triphasé dont les enroulements statoriques sont couplés en étoile. Chaque enroulement est réalisé à l'aide de couronnes formées de fils de cuivre pré-isolés avec un émail de classe H. Le rotor est constitué d'un enroulement à cage d'écureuil en aluminium moulé sous pression. Les caractéristiques nominales du moteur sont : • fréquence de synchronisme nominale : $f_{sN} = 88 \text{ Hz}$ • Tension nominale entre phases : $U_{sN} = 585 \text{ V}$ • Intensité nominale du courant statorique : $I_{sN} = 35,4 \text{ A}$ • Facteur de puissance nominal : $\cos \varphi_N = 0,735$ • Vitesse nominale de rotation du rotor : $N_N = 2610 \text{ tr / mn}$	..17,5

ESA(TS) Théorie-FF 2013-2014 page 1/7

Dans ce qui suit, on considère que : - $R_s = 0,187 \Omega$, la résistance d'un enroulement statorique. - La somme des pertes dans le fer P_f et des pertes mécaniques p_m est 750W et que : $P_f = p_m$.	
1) Définir ce qu'est un moteur de classe H.	1
2) Déterminer le nombre p de paires de pôles.	0,5
3) Calculer le glissement g_N .	0,5
4) Calculer la puissance électrique P_{a_N} absorbée par le moteur.	0,5
5) Calculer la valeur de la puissance P_{TrN} transmise au rotor. En déduire le couple électromagnétique C_{eN} .	1,5
6) Déterminer la valeur des pertes par effet Joule au rotor p_{Rr} .	0,5
7) Calculer la puissance utile P_{uN} développée par le moteur. En déduire : a) le couple utile C_{uN} b) le couple correspondant aux pertes mécaniques C_{pm} .	1 0,5 0,5
8) Déterminer la valeur du rendement du moteur. Que peut-on conclure alors de sa valeur.	1

Partie2 : Etude du convertisseur statique (structure donnée par la figure1) /15,5

- Chaque moteur de traction (considéré comme un récepteur équilibré) est alimenté par l'intermédiaire d'un convertisseur statique à partir du réseau 750 V délivrée par la caténaire.
- Pour simplifier l'étude de ce type de structure, les différentes tensions sont référencées par rapport au milieu 0 réalisé à l'aide de deux condensateurs de même valeur. Les tensions de référence pour les trois phases (grandeurs que l'on souhaite imposer à la machine) sont les tensions simples référencées par rapport au point neutre N.
- Les interrupteurs K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 et K_6 , réversibles en courant, sont supposés idéaux et sont commandés à l'ouverture et à la fermeture.
Nous désirons réaliser une commande à **pleine onde** :
- Les commandes des interrupteurs sont deux à deux complémentaires et forment 3 bras : (K_1, K_4) , (K_2, K_5) , et (K_3, K_6) .
- Chaque interrupteur est commandé à la fermeture durant une demi-période et à l'ouverture sur l'autre demi-période. La commande d'un bras d'onduleur est décalée d'un tiers de période sur celle du bras précédent (voir document réponse).

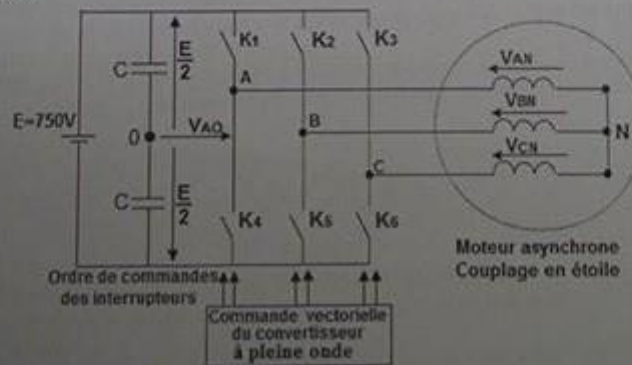
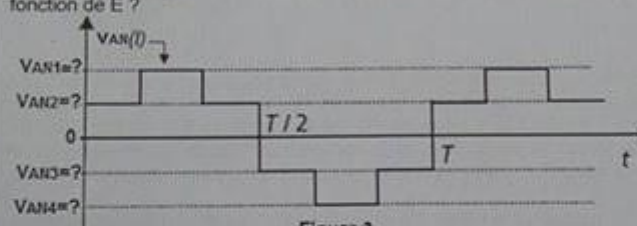
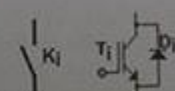


Figure : 1

1)	De quel type de convertisseur statique s'agit-il ?	0,5
2)	A quoi est reliée la valeur de la période T des tensions crées par le convertisseur ?	0,5
3)	Déterminer la valeur de la tension v_{AO} lorsque K_1 est fermé puis lorsque K_4 est fermé. Compléter alors le document réponse en y traçant le chronogramme de la tension v_{AO} .	1
4)	Tracer également sur le document réponse les chronogrammes des tensions v_{BO} et v_{CO} .	2
5)	Comme le moteur est considéré comme un récepteur triphasé équilibré, on s'intéresse donc à une seule tension simple ; soit v_{AN} . Une décomposition des potentiels entre les points N, A, B, C et O nous donne la relation à admettre : $v_{AN} = \frac{1}{3}(2v_{AO} - v_{BO} - v_{CO})$. Vérifier alors, sur le document réponse, que le chronogramme de v_{AN} présente l'allure suivante (figure 2). En déduire les valeurs de v_{AN1} , v_{AN2} , v_{AN3} et v_{AN4} en fonction de E ?	2
 Figure 2		
6)	En procédant par un calcul des aires de la fonction $v_{AN}^2(t)$, déterminer la valeur efficace V_{AN} de la tension $v_{AN}(t)$ de la figure 2 en fonction de E. Calculer sa valeur numérique.	2
7)	En admettant qu'une décomposition mathématique de la tension $v_{AN}(t)$ donne une expression fondamentale sinusoïdale : $v(t) = \frac{2E}{\pi} \sin \omega t$, calculer la valeur efficace V de $v(t)$, puis la comparer avec la tension nominale du moteur. En quoi cette valeur est-elle importante ?	2
8)	En calculant les valeurs numériques de V_{ANmax} et de V_{max} , reporter sur la même figure du document réponse le signal $v_{AN}(t)$ de la figure 2 et l'allure de $v(t)$ en indiquant les valeurs maximales.	2,5
9)	1) Les interrupteurs K_i ($i=1 \text{ à } 6$) sont constitués des transistors T_i et des diodes de commutation D_i montées en parallèles inverses, comme indique la figure 3.  Figure 3 a) Quel est le nom du transistor T_i ? Citer ses avantages. b) Tracer alors le schéma de puissance de l'onduleur à la base de ces composants. c) Le montage ainsi obtenu est-il réversible ou non réversible ? Justifier votre réponse.	1 1 1

Sujet N°2 : Contrôle du débit d'une station de pompage en eau.

..15

La valeur moyenne du débit Q de la pompe, fixée par les besoins en eau, est de $7\text{m}^3/\text{h}$. Toute fois, elle peut varier selon les conditions d'utilisation entre $Q_{\min}=4\text{m}^3/\text{h}$ et $Q_{\max}=10\text{m}^3/\text{h}$.

La mesure de débit est confiée à un débitmètre électromagnétique : (photo figure 4).

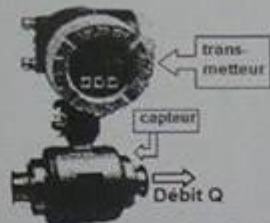


Figure 4

Le constructeur donne les caractéristiques suivantes :

- Grandeur de mesure : vitesse d'écoulement v
- Gamme de mesure : $v = 0,01 \dots 10\text{m/s}$
- Sortie courant : $4-20\text{mA}$, résistance de charge $< 700\ \Omega$

Le capteur est inséré le long d'une conduite PVC de refoulement, son orifice est de section égale à celle de la conduite, à savoir qu'il a un diamètre intérieur $D=50\text{mm}$. Le débitmètre renvoie l'information « débit Q » sur une sortie $4-20\text{mA}$. Cette information sera ensuite récupérée par une entrée analogique de l'automate après une conversion en une tension V_Q comprise entre 0 et 10V , conformément à la figure 5

Le convertisseur $4-20\text{mA} / 0-10\text{V}$ a une impédance d'entrée $Z_e=500\ \Omega$.

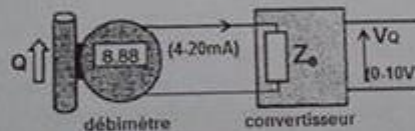


Figure 5

- | | | |
|----|---|-----|
| 1) | Déterminer la plage de débit mesurable par l'appareil et justifier son choix. | 2,5 |
| 2) | Calculer la tension maximale fournie par la sortie $4-20\text{mA}$ du débitmètre. Cette valeur est-elle compatible avec les spécifications du constructeur concernant la résistance de charge ? | 1,5 |
| 3) | Calculer le facteur K_Q tel que $V_Q=K_Q.Q$, sachant que le débitmètre peut renvoyer une valeur de Q au maximum égale à $70\text{m}^3/\text{h}$. Préciser son unité. | 1 |

..15

Sujet N°3

Un moteur hydraulique, de 350cm^3 de cylindrée, est utilisé sous une $\Delta P=200$ bars. Il tourne à $120\text{tr}/\text{mn}$. Le couple mesuré en sortie d'arbre est de 1050N.m . En débranchant le drain on a relevé une fuite de $1,4\text{ l}/\text{mn}$.

- | | | |
|----|--|-----|
| 1) | Déterminer Le couple théorique du moteur C_{th} . | 1 |
| 2) | En déduire le couple perdu par frottements C_{frot} . | 0,5 |
| 3) | Calculer alors le rendement mécanique du moteur η_m . | 0,5 |
| 4) | Déterminer le débit utile Q_u (l/mn) | 1 |
| 5) | Calculer le rendement volumétrique du moteur η_v . | 1,5 |
| 6) | En déduire alors Le rendement global du moteur η_g . | 0,5 |

ESA(FF)

Théorie-FF

2013-2014

page4/7

Filière : ESA
Epreuve : théorique
Session : Juillet 2014

Reservé à la Direction

Sujet N°4

..14

Le montage d'un circuit séquentiel est donné par la figure 6 ci-dessous :

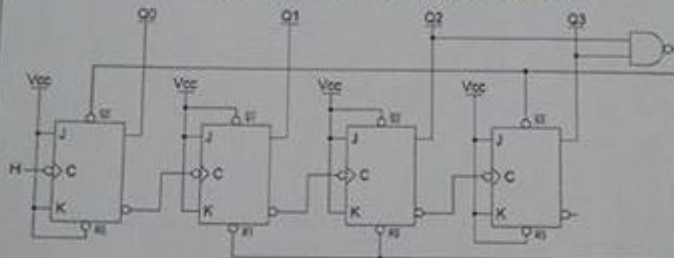


Figure 6

- 1) Le fonctionnement de ces bascules est-il synchrone ou asynchrone ? justifier votre réponse. 0,5
- 2) Quel est le rôle de l'entrée $\bar{R}$? A quel niveau est-elle active ? 0,5
- 3) Tracer les chronogrammes des sorties Q_A , Q_B , Q_C , Q_D et $\bar{R}$ (à l'état initial $Q_A=Q_B=Q_C=Q_D=0$). 2
- 4) Quelle est la fonction réalisée par ce circuit ? quel est son modulo ? Justifier votre réponse. 1

Sujet 5 : Partie mécanique

..13

- 1) Le schéma ci-contre représente la boîte à vitesses d'un tour parallèle ; sachant que la vitesse de rotation de l'arbre I est de 1000 tr / mn et $Z_1 = 30$, $Z_2 = 60$, $Z_3 = 65$ et $Z_4 = 30$ dents. Calculer la fréquence de rotation du mandrin. 2

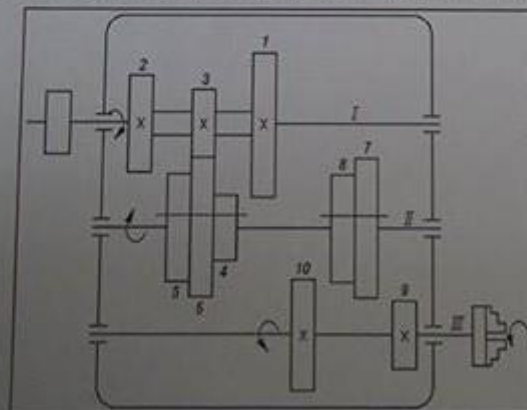
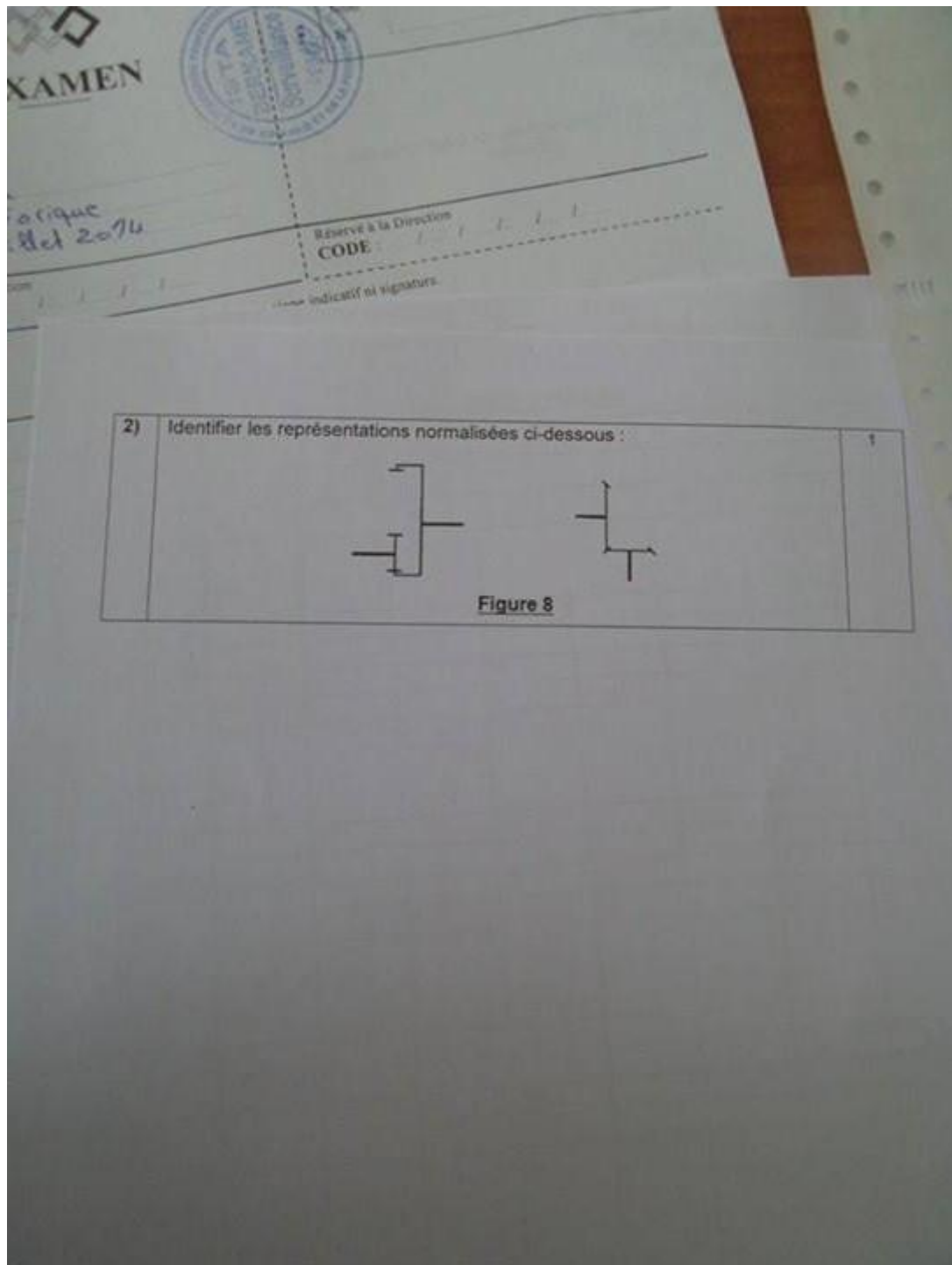


Figure 7



Document réponse

	K_1	K_2	K_3
	K_1	K_2	K_3
	K_1	K_2	K_3
V_{AO}			
$+E$			
0		$T/2$	T
$-E$			
V_{BO}			
$+E$			
0		$T/2$	T
$-E$			
V_{CO}			
$+E$			
0		$T/2$	T
$-E$			
$V(t) \Delta V_{AO}(t)$			
0		$T/2$	T

ESA(FF) Théorie-FF 2013-2014 page 7/7