CONCOURS NATIONAL COMMUN D'ADMISSION AUX GRANDES ECOLES D'INGENIEURS MAROCAINES

Session : 2008
Filière : TSI

Epreuve de Technologies et de Sciences Industrielles
Durées : 6 heures

Composition du sujet :

Le sujet comporte deux projets indépendants :

- **PROJET MECANIQUE.**
- **PROJET ELECTRIQUE.**

IL EST DEMANDER DE TRAITER LES DEUX PROJETS SUR DEUX COPIES SEPAREES

Projet Mécanique :

- Enoncé du sujet : page 1 à 7.
- Dossier technique DT1 à DT5 : page 8 à 11.
- Documents réponse DR1 à DR3**. (à joindre à la copie - partie Mécanique-)** : page 12 à 14.

Projet Electrique :

- Enoncé du sujet : pages de 1 à 9.
- ANNEXE 1 : page 10.
- ANNEXE 2 : page 11.
- Documents réponses: pages de 12 à 16. **(à joindre à la copie –partie Electrique-)**

Il est conseillé de lire la totalité de l'énoncé avant de commencer l'épreuve. Si au cours de l'épreuve le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Aucun document supplémentaire n'est autorisé.
Calculatrice autorisée.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 1/34

SYSTEME D'INJECTION DIRECTE COMMON RAIL
POMPE HDi PEUGEOT 206

PRESENTATION DU SYSTEME

Á la recherche permanente d'une avancée technologique, Peugeot a conforté son savoir-faire dans ses sites de production, aussi bien au niveau de la robotique qu'au niveau du système HDi.

Le système HDi équipe tout naturellement la gamme 206. Le sigle HDi désigne une pompe alimentant en carburant la rampe commune dite "common rail" jusqu'à une pression de 1350 bars sur le moteur 1,4 l et 1500 bars sur le moteur 2,0 l.
L'ensemble de ces éléments optimise l'agrément de conduite (couple, souplesse, puissance), réduit la consommation, la pollution, les bruits de combustion et les vibrations.

Le système de gestion de l'injection appelé «**Common Rail**», utilise la très **haute pression commandée électroniquement.**

Sur ce système, une pompe haute pression, entraînée par le moteur, alimente en permanence une réserve de gazole sous haute pression : le ''Rail'' ou rampe d'alimentation (cf. figure 1).

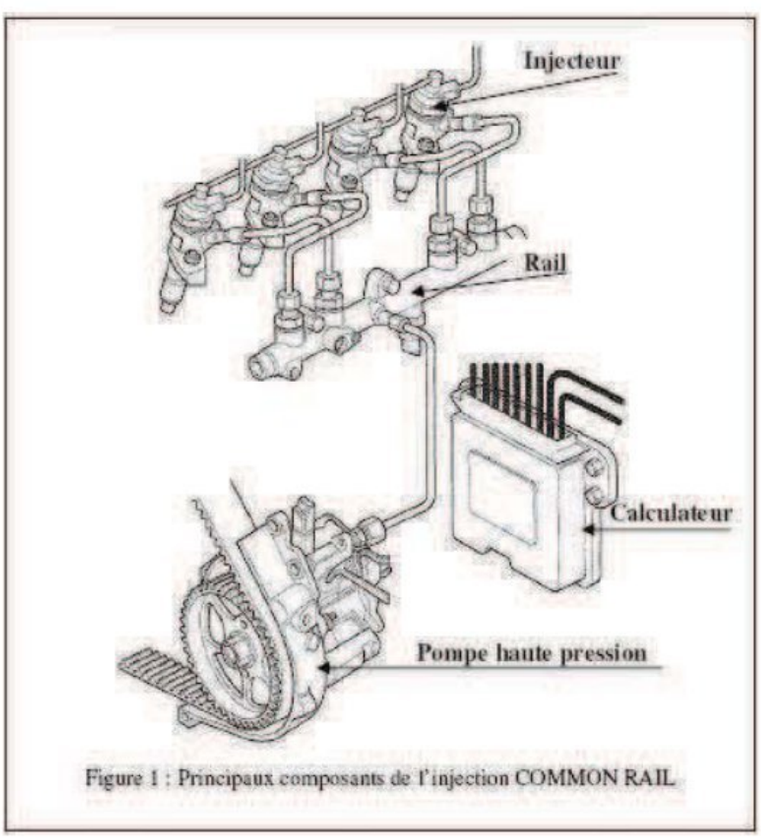


Figure 1 : Principaux composants de l'injection COMMON RAIL



Peugeot 206



Pompe haute pression

Parmi les circuits de puissance assurant la variation et le contrôle de vitesse dans les sites de production on trouve un convertisseur de fréquence associé à un moteur asynchrone.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 2/34

Projet mécanique (Temps conseillé : 3h)

L'épreuve se compose de cinq parties qui peuvent être traités de façons indépendantes.

- **PARTIE A** : ANALYSE FONCTIONNELLE
- **PARTIE B :** MODELISATION DE LA POMPE HDi
- **PARTIE C :** ANALYSE MECANIQUE DE LA POMPE HDi
- **PARTIE D :** DEMARCHE DE REALISATION ET DE QUALIFICATION
- **PARTIE E :** ETUDE DE LA RESISTANCE MECANIQUE

L'INJECTION DIRECTE COMMON RAIL (voir DT3 page 9 et DT4 page 10)

1- PRINCIPE

Sur ce système, la génération de la haute pression et la commande du débit d'injection sont deux fonctions indépendantes l'une de l'autre.
Une pompe haute pression entraînée par le moteur, alimente en permanence une réserve de gazole sous haute pression : le ''Rail'' ou rampe d'alimentation.
La rampe est reliée par des tubes à tous les injecteurs. L'ouverture de chaque injecteur est commandée par une électrovanne 2/2 intégrée. Un calculateur gère en fonction des paramètres du moteur :

- la pression dans la rampe,
- le débit de la pompe,
- le temps d'ouverture et le phasage (avance injection) de chaque injecteur.
- Le système «Common Rail» permet, pour chaque injecteur, plusieurs injections sur un cycle moteur :
- une injection pilote ou pré-injection,
- une injection principale,
- une post-injection.

2-Fonctionnement de la pompe HDi: (voir DT 1, DT2, DT3 et DT4)

Le dessin de la pompe haute pression est donné sur le document technique **DT1** (page 8) .
Le document **DT4** (page10) indique la modélisation retenue.
La pompe haute pression possède trois pistons radiaux décalés de 120 degrés. Ils sont commandés par un excentrique **(1)** entraîné par la courroie de distribution avec un rapport de transmission :

$$r_p = \frac{N\ pompe}{N\ vilebrequin} = 1 .$$

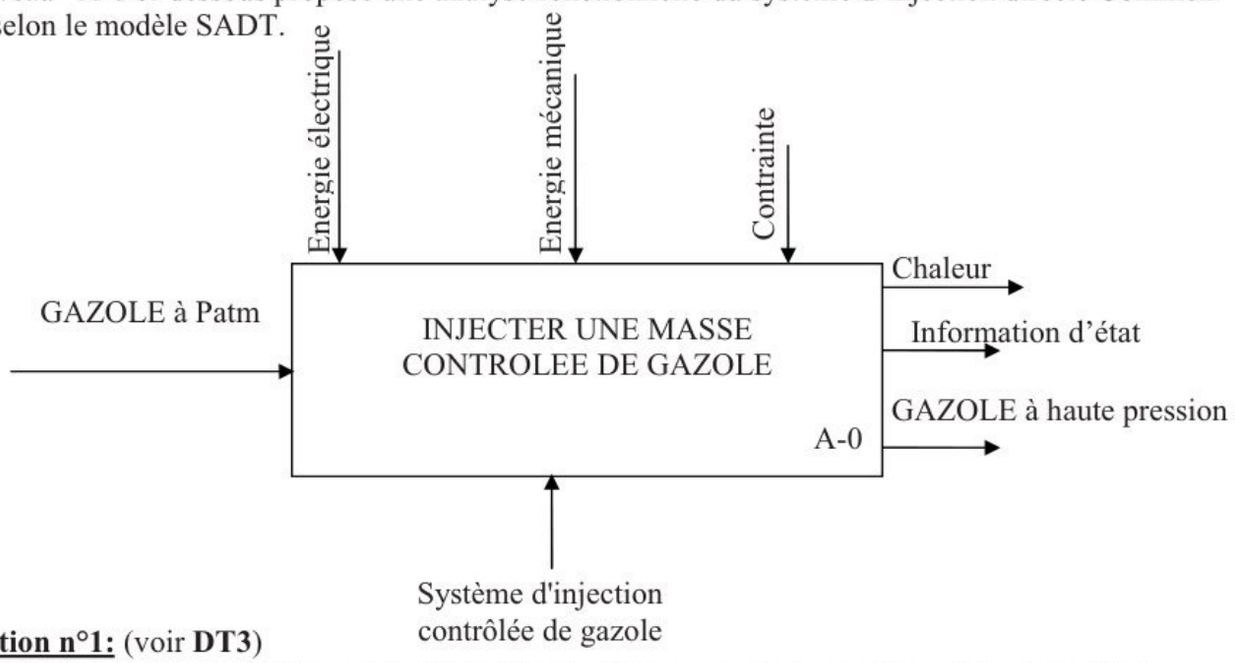
La pompe haute pression alimente la rampe commune, le débit est bien sur lié à la vitesse du moteur, toute la haute pression sera dirigée vers la rampe commune, elle sera ensuite régulée par un régulateur de pression intégré en bout de rampe.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 3/34

Partie A : ANALYSE FONCTIONNELLE

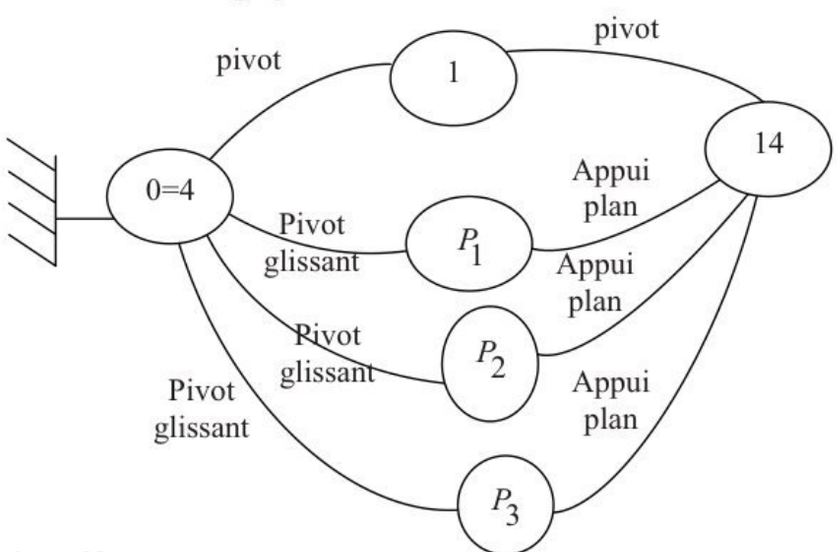
Le niveau A-0 ci-dessous propose une analyse fonctionnelle du système d'injection directe Common Rail selon le modèle SADT.



Question n°1: (voir **DT3**)
Sur le document réponse **N°1** page 12, Compléter le diagramme A0 du système d'injection directe Common Rail en indiquant les flèches manquantes représentant les flux du gazole (haute pression, base pression et Retour).

Partie B : MODELISATION DE LA POMPE HAUTE PRESSION HDi (voir DT4 page10)

On travail avec la modélisation de la pompe HDi représentée sur le document DT4 page 10.
On donne ci-dessous le graphe de structure du modèle :



Question n°2:

a- Donner la(s) mobilité(s) utile(s) et interne(s) du modèle retenu en précisant les mouvements concernés.

b- Calculer le degré d'hyperstatisme h en utilisant une approche globale.

c- Donner les avantages et les inconvénients d'un système hyperstatique.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 4/34

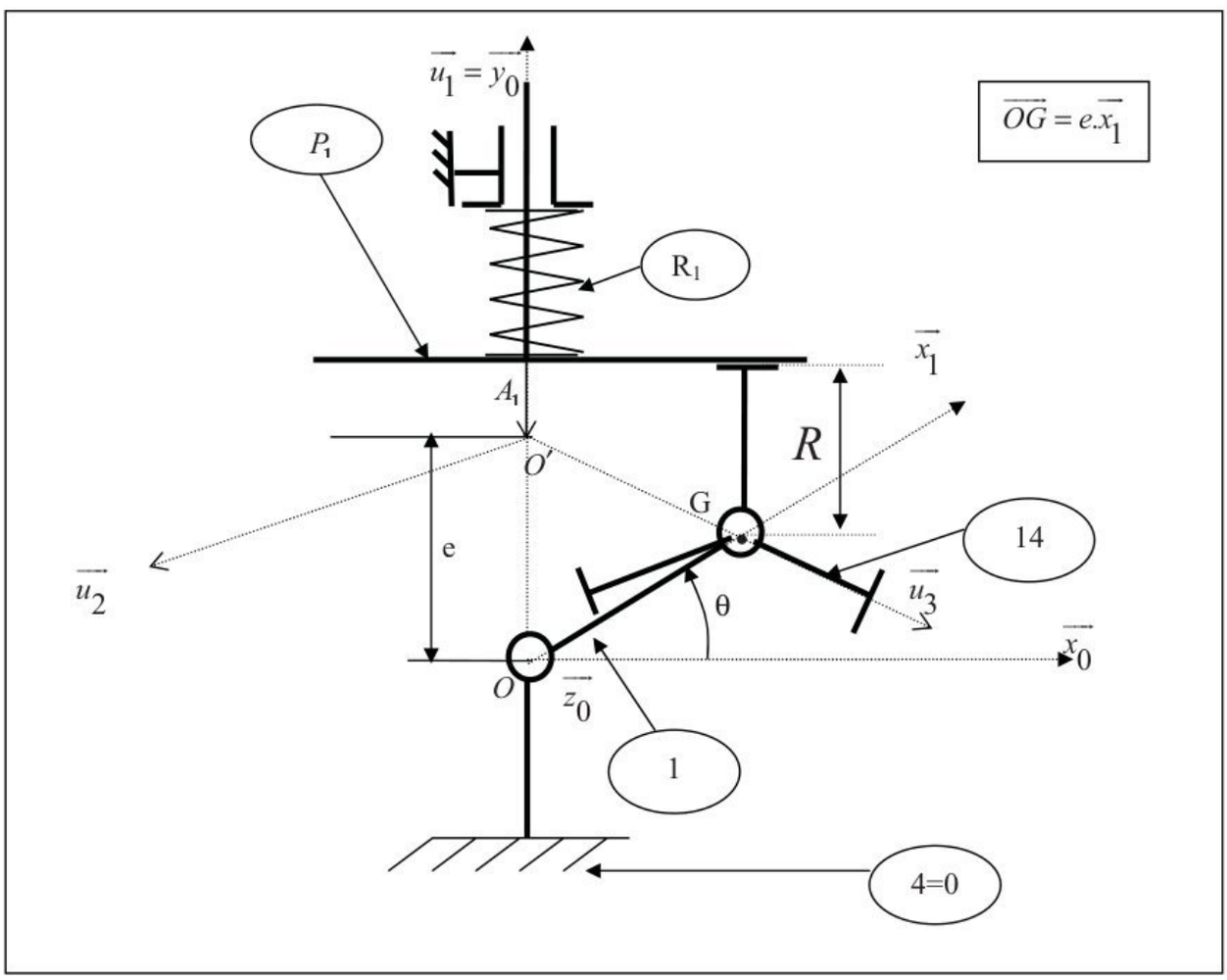
Partie C : ANALYSE MECANIQUE DE LA POMPE HAUTE PRESSION HDi

L'objectif de cette partie est de valider le comportement de la pompe en terme de puissance absorbée.

C-1 Puissance absorbée par la pompe dans le cas d'un seul piston (P_1)

Description et modélisation de système **(Voir DT4 et figure ci-dessous).**

On travail avec la modélisation simplifié représentée sur la figure ci-dessous :
(1) est un arbre excentrique de centre O, d'excentricité **e** ,en liaison pivot d'axe $(O,\vec{z_0})$ avec le bâti **(4).**
(P_1) est en liaison pivot glissant de direction $\vec{u_1}$ avec le bâti **(4)** et en contact plan sur plan sans frottement avec la bague à méplats **(14)**.



Notation et paramétrage géométrique :
$R_0(O,\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})$ est un repère galiléen lié à (0=4) ; $R_1(O,\vec{x_1},\vec{y_1},\vec{z_0})$ est un repère lié à (1) .On pose
$\theta = (\vec{x},\vec{x}_1)$ / $\dot{\theta} = \omega(t)$.
La position du piston (P_1) est repérée par $r_1(\theta) = r_1 = O'A_1$.

$\overrightarrow{O'A_1} = r_1\vec{u}_1$; $\overrightarrow{GA_1}.\vec{u_1} = R$; $\overrightarrow{OO'} = e\vec{y_0}$ (e positif et constant) ; $\overrightarrow{OG} = e\vec{x_1}$;
La section droite d'un piston en contact avec le Gazole est notée (S).

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 5/34

C.1.1 Etude cinématique

Question n°3: Par la fermeture géométrique, déterminer la position r_1 du piston (P_1) en fonction de R, e et θ.

Question n°4: Exprimer littéralement la vitesse $\vec{V}(A_1 \in P_1 / R_0)$ en fonction de e, θ et $\omega(t)$.

En déduire le débit volumique instantané q_1 du piston (P_1) en fonction de e, θ, ω(t) et S.

Question n°5: Exprimer littéralement l'accélération $\vec{\Gamma}(A_1 \in P_1 / R_0)$ en fonction de e, θ, ω(t), $\dot{\omega}$(t)et S.

C.1.2 Etude dynamique

Données et hypothèses d'étude :

-La pression s'exerçant sur la surface d'un piston sera notée (p)supposée constante.

-Les chargements et la symétrie géométrique du mécanisme permettent de se ramener à une étude plane.

-La force de pression due au gazole sur le piston (P_1) est soit faible (considérée comme nulle en phase d'admission), soit constante de niveau $p.S$ (en phase de refoulement). Afin d'établir une relation générale, on Considère que le gazole exerce toujours sur le piston (P_1) une action mécanique notée $Fgazole \rightarrow P_1 = \alpha_1 . p . S$ avec :

α_1 : Coefficient relatif au piston P_1 , ne pouvant prendre que deux valeurs : 0 ou 1.

$\alpha_1 = 0$ $Fgazole \rightarrow P_1 = 0$: le piston est en phase d'admission.

$\alpha_1 = 1$ $Fgazole \rightarrow P_1 = p.S$: le piston refoule le gazole à la pression p .

- L'action, alors du gazole sur le piston $P1$ est : $\left\{\tau_{gazole \rightarrow P_1}\right\} = \left\{\begin{array}{c} -\alpha_1 . p . S . \overrightarrow{y_0} \\ \vec{0} \end{array}\right\}_{A_1}$
- L'action du moteur sur l'excentrique **(1)** (cas d'un seul piston (P_1)) : $\left\{\tau_{moteur \rightarrow 1}\right\} = \left\{\begin{array}{c} \vec{0} \\ Cm_1(t)\overrightarrow{z_0} \end{array}\right\}$.
- On donne l'opérateur d'inertie au point O de l'arbre (**1**), exprimé dans $R_1(O, \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_0})$:

$$I(O, \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_0}) = \begin{pmatrix} A & 0 & -E \\ 0 & B & 0 \\ -E & 0 & C \end{pmatrix}$$

Avec $A = 237{,}4$ kg. mm^2 , $B = 236{,}5$ kg. mm^2 , $C = 17{,}6$ kg. mm^2, et $E = 5{,}6$ kg. mm^2

- La masse de la bague **14** est $\mathbf{m_{14}}$ **,** et celle du piston P_1 est $\mathbf{m_p}$.

-Toutes les liaisons mécaniques sont parfaites.
-Le poids de toutes les pièces est négligé devant les efforts mis en jeu.
-L'action du ressort (R_1) sur (P_1) est négligée devant les actions mécaniques dues à la pression du gazole ($p = 135\ N / mm^2$).

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 6/34

Question n°6: Exprimer le moment cinétique de l'arbre excentrique **(1)** dans le mouvement par rapport au Repère galiléen R_0 : $\vec{\sigma}(o,1/R_0)$.

Question n°7: En appliquant le théorème du l'énergie cinétique à l'ensemble $E=\{1;14;P_1\}$ dans son mouvement par rapport au repère galiléen R_0, Exprimer littéralement Cm_1(t) le couple moteur nécessaire au fonctionnement (cas d'un seul piston (P_1)).

Dans toute la suite , on considère que m_p est négligeable et $\omega(t)=\omega=$ constante.

Question n°8: En déduire l'expression du couple Cm_1, ainsi que la puissance motrice correspondante Pm_1 en fonction de K' et θ . (On donne : $K'=p.S.e.\omega$ = constante).
Représenter en vert ou (·····) l'allure de Pm_1 sur le document réponse N°**2** (page 13).

C-2 Puissance absorbée par la pompe dans le cas des 3 pistons : (P_1) , (P_2) et (P_3)

Question n°9: Exprimer littéralement Cm_2 et Cm_3 couples moteurs nécessaires au fonctionnement de piston (P_2) et (P_3). En déduire l'expression des puissances motrices correspondantes Pm_2 et Pm_3 en fonction de K' et θ.
Représenter respectivement en bleu ou (– · – · –) et en noir ou (———) l'allure de Pm_2 et de Pm_3 sur le document réponse N°**2** (page 13).
Remarque :
Cm_2 et Cm_3 sont déduites de l'expression de Cm_1 par rotations respectives de $-2\pi/3$ et $2\pi/3$.

Question n°10: Représenter en rouge ou (— · · — · · —) sur le document réponse N°**2** , l'allure de la courbe représentant la Puissance motrice Pm nécessaire au fonctionnement des trois pistons.

Question n°11: Exprimer la puissance motrice Pm en fonction de la cylindrée (Q).

Question n°12: Calculer les valeurs mini et maxi de la puissance motrice Pm : Pm_{mini} et Pm_{max}, Conclure.
Application numérique :
$p=13500\ N/mm^2$; $\omega=2000\ tr/\min$; Cylindrée : $Q=0.65\ cm^3/tr$; nombre de piston : $n=3$.

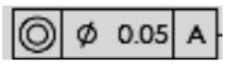
Partie D DEMARCHE DE REALISATION ET DE QULIFICATION

Dans cette partie on s'intéresse à l'analyse de quelques opérations d'usinage et de contrôle de l'arbre excentrique (**1**).**(Voir DT 5 , page 11)**
Pour la réalisation de l'arbre excentrique (1), on a choisi d'utiliser un centre d'usinage 4 axes horizontal .

Question n°13: Modéliser par un croquis en perspective, une machine de type centre d'usinage horizontal 4 axes, indiquer ses axes normalisés.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 7/34

Question n°14: Sur le document réponse **N°3** (page 14), donnez l'interprétation au sens rigoureux de la norme de la spécification géométrique suivante indiquée sur l'arbre excentrique.



Question n°15: Définir le mode opératoire pour la vérification de cette spécification géométrique.

Moulage :

La quantité de pièces à produire ainsi que la répétitivité de la série ont conduit au choix d'un procédé de moulage en moule permanent.

Question n°16: Citer et définir brièvement les différentes techniques utilisées pour le moulage en moule permanent.

Question n°17: Quels sont les avantages du moulage en coquille par gravité par rapport au moulage en moule non permanent à modèle permanent.

Question n°18: Quels sont les principaux défauts qui peuvent survenir lors du moulage en moule permanent.

Partie E ETUDE DE LA RESISTANCE MECANIQUE

L'objectif de cette partie est de vérifier la résistance à la flexion seulement de l'arbre excentrique.
L'étude de la déformée de l'arbre excentrique **(1)**, en résistance des matériaux, peut être menée avec le modèle suivant :

- Arbre : poutre de section droite circulaire de diamètre $\varnothing 21$ mm supposé constant.
- Actions mécaniques : glisseurs dont la résultante est supposée constante.

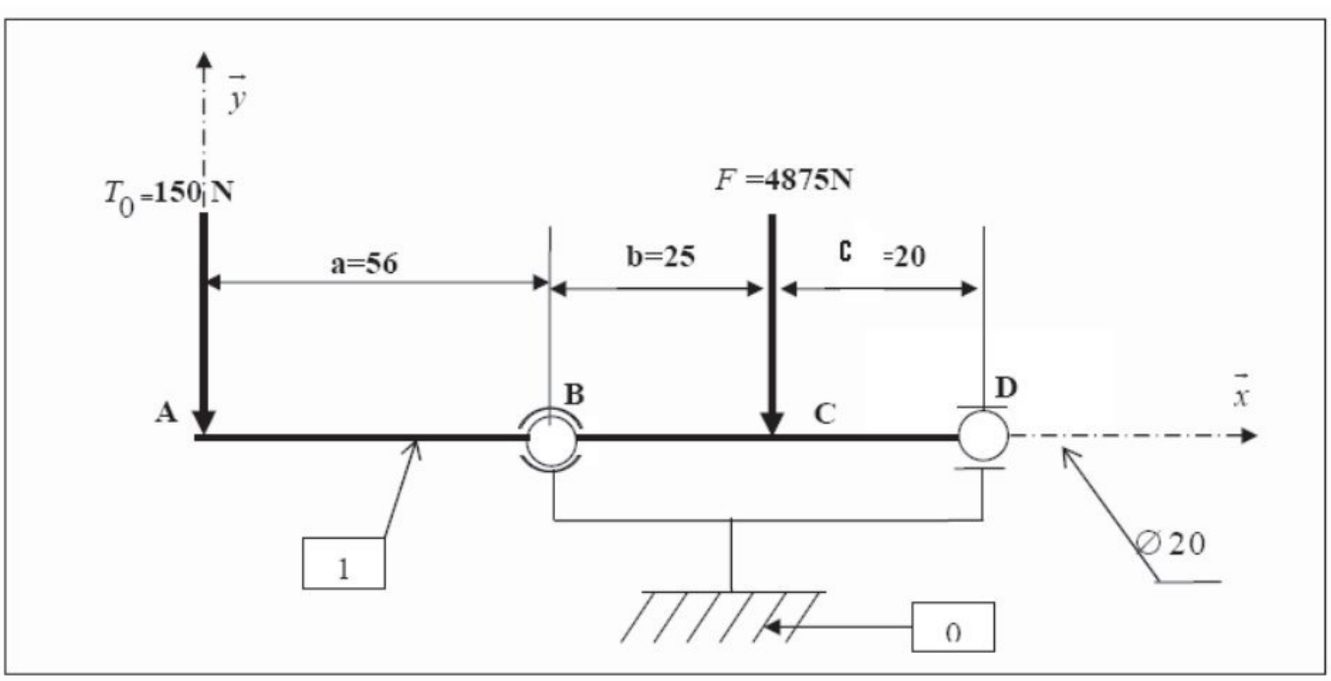
L'arbre excentrique est entraîné par la courroie de distribution (non représenté).

Donnée et hypothèses :

- la tension cumulée des courroies est un glisseur dont la résultante $T_0 = 150\ N$.

-l'effort du à la pression du gazole en phase de refoulement donne une action supposée un glisseur dont la résultante $F = 4875\ N$.

On adoptera le schéma d'étude définie ci-dessous .



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 8/34

Le solide 1 est en acier 35 CrMo 4, le module de Young $E = 210000\ N/mm^2$; la limite d'élasticité $Re = 560\ MPa$.

Le coefficient de sécurité retenu pour ce type de construction est $s = 4$.

On néglige le poids de la poutre.

Question n°19: Déterminer les actions mécaniques de contact aux appuis B et D.

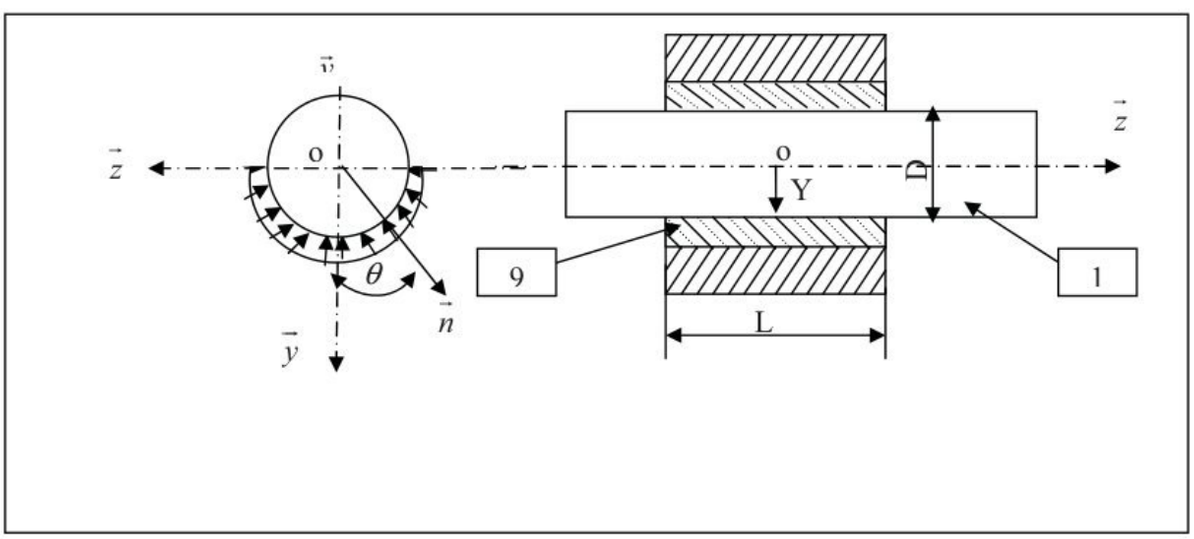
Question n°20: Exprimer le moment fléchissant $Mf(z)$ dans les zones AB, BC et CD en fonction de T_0 et F .Tracer le diagramme correspondant.

Question n°21: Calculer la contrainte maximale de flexion dans l'arbre. Conclure

Palier lisse (Etude statique):

L'objectif de cette partie est de vérifier la pression de contact de l'arbre excentrique **(1)** sur Le coussinet **(9).** La pression admissible $p_a = 8daN/cm^2$.

On considère l'arbre excentrique **(1)**, de rayon R, monté dans une bague en bronze **(9)** de longueur L (figure ci-dessous).



Soit $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est un repère lié au coussinet **(9).**l'origine O est au milieu du coussinet 9.On suppose que le contact entre **(1)** et **(9)** est parfait (sans frottement), et se fait sur le $1/2$ cylindre inférieur de diamètre D. La pression de contact est supposée uniforme exercée par **(9)** sur **(1)** en un point M courant de la surface de contact, on pose $p(M) = -p.\vec{n}$

En un point M de la surface de contact on définit $\overrightarrow{OM} = R\vec{n} + z\vec{z}$ et $\theta = (\overrightarrow{-y}, \vec{n})$

L'action mécanique de (1) sur (9), est représentée globalement au point O, par le torseur :

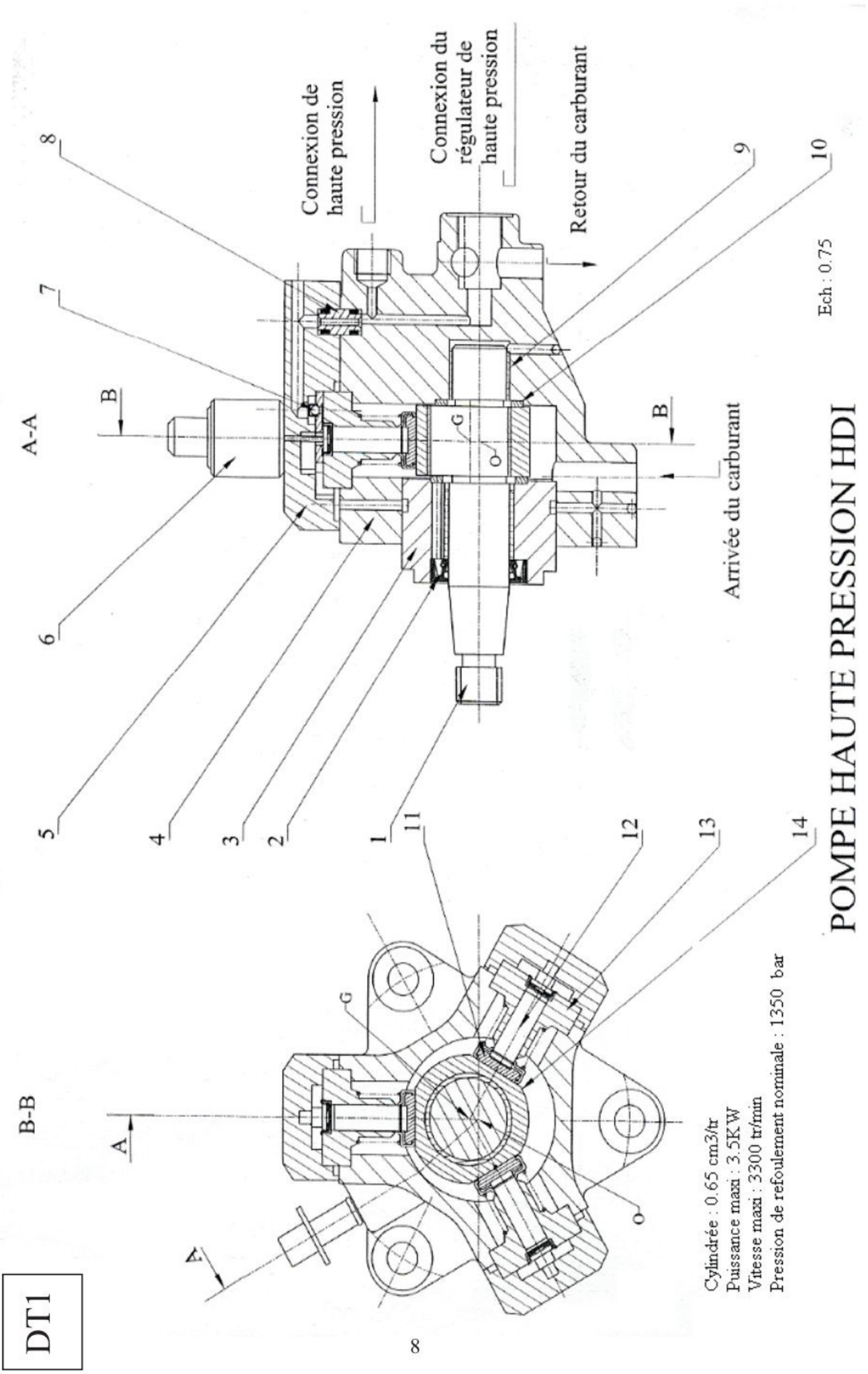
$$\{\tau_{1\to 9}\} = \begin{Bmatrix} \vec{R} = Y.\vec{x} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_O$$

Application numérique : Y=2503 N ; D=21mm ; L=32mm

Question n°22: Déterminer la pression au niveau de contact (p) en fonction D, L et Y. Conclure.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 9/34



DT1

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 10/34

DT2

POMPE HAUTE PRESSION -NOMENCLATURE

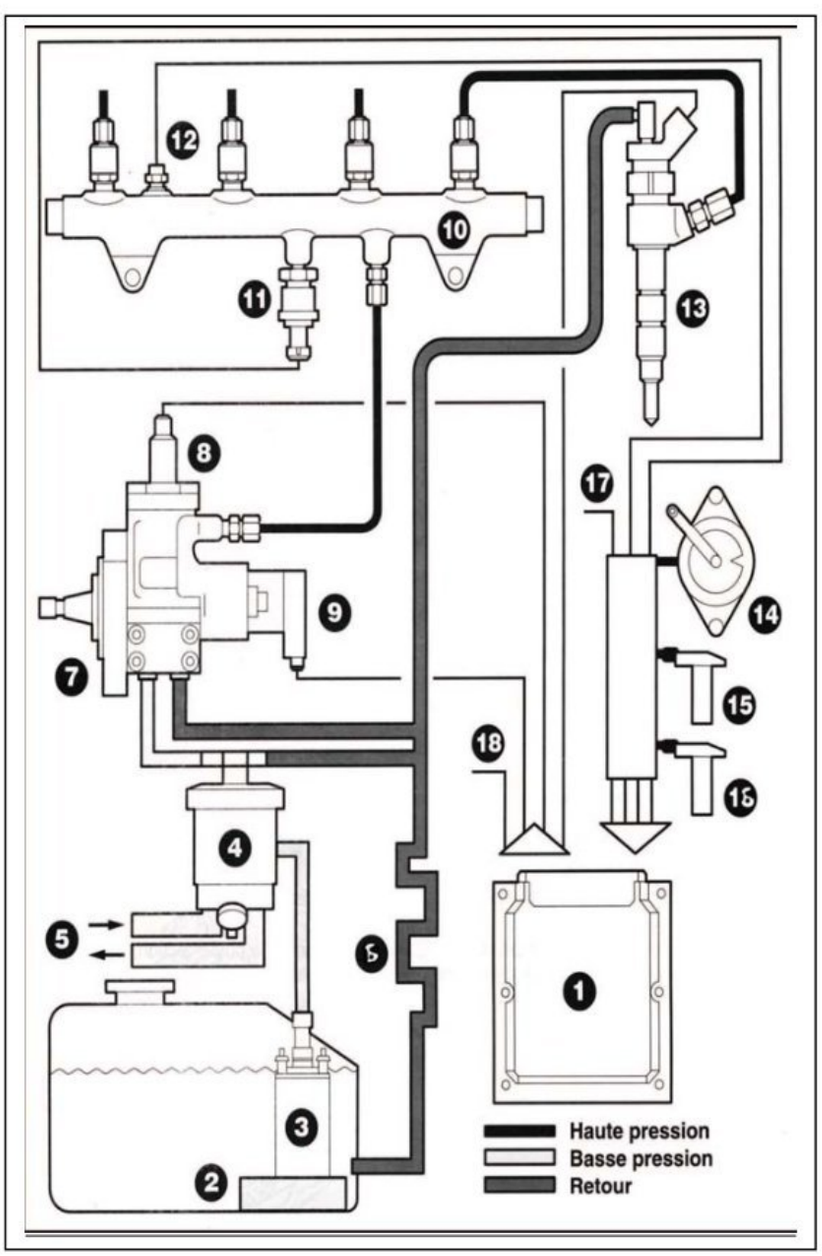
Repère	Désignation	observations
1	Arbre excentrique	
2	Joint à lèvres	
3	Flasque	
4	Corps de pompe	
5	Gluasse	
6	Désactivateur du 3ème piston	
7	Clapet anti-retour	
8	Pièces de liaison	
9	Coussinet	
10	Cales	
11	Patin	
12	Piston	
13	Cylindre	
14	Bague à méplat	

DT 3

VUE D'ENSEMBLE DU SYSTEME D'ALIMENTATION

Nomenclature

1 - Calculateur de Contrôle moteur.
2 – Préfiltre.
3 - Pompe de gavage Basse pression.
4 - Filtre principal avec décanteur d'eau.
5 - Réchauffeur.
6 - Refroidisseur.
7 - **Pompe haute pression À trois Pistons radiaux**.
8 - Commande de désactivation du Troisième piston.
9 - Régulateur de pression
10 - Rampe d'alimentation (Ou Rail)
11 - Capteur de pression.
12 - Capteur de température Gazole.
13 - Injecteurs à commande Électrique.
14 - Capteur de position de Pédale D'accélérateur.
15 - Capteur de régime.
16 - Capteur de référence Cylindre.
17 - Informations provenant de Différents capteurs.
18 - Commande des Actionneurs, Systèmes Annexes et interfaces Avec d'autres systèmes.



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

DT 4

PARAMETRAGE ET MODELISATION DE LA POMPE HAUTE PRESSION HDI

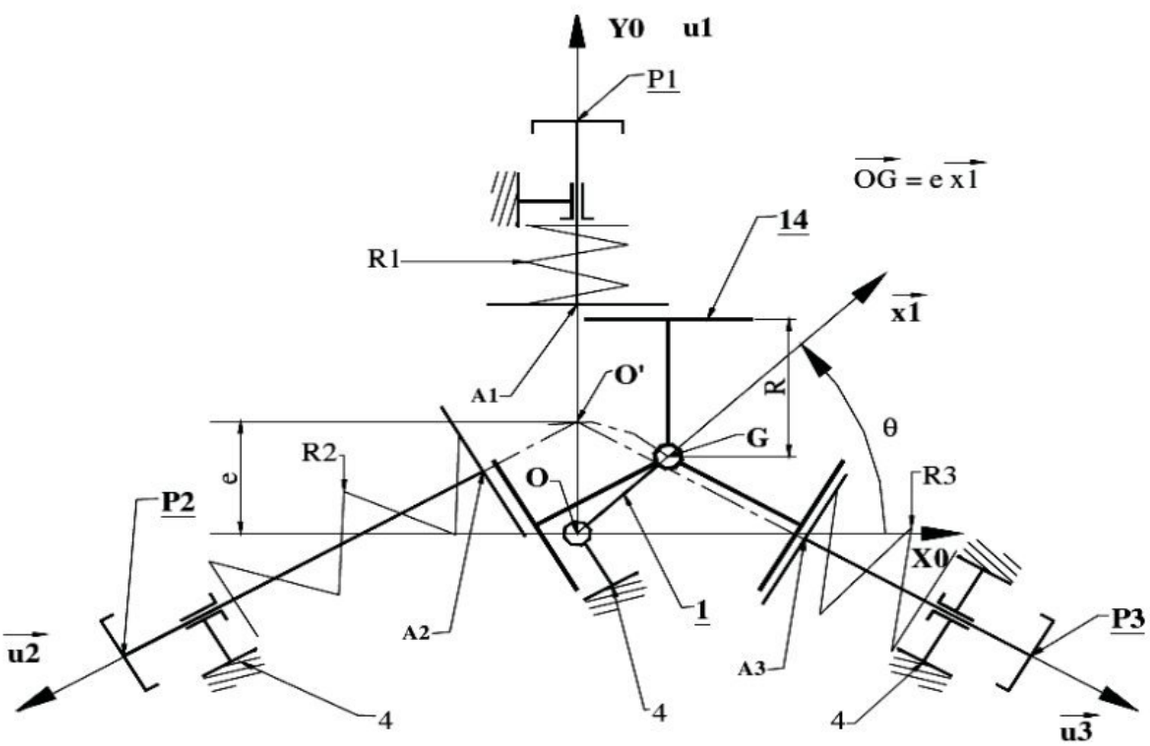
Le corps de pompe 4 : Il est considéré comme fixe et le repère $R_0(o,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$ qui lui est associé est galiléen.

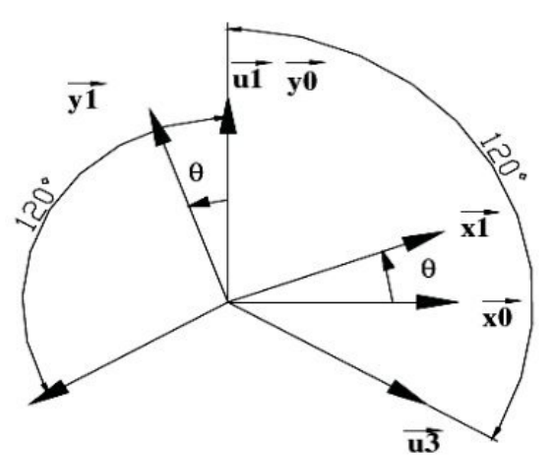
- **L'arbre excentrique 1 :** Il est en liaison pivot d'axe $(o,\vec{z}_0)$ avec le corps 4.

La bague à méplats 14 : Son centre d'inertie est G. G est aussi le centre de la liaison pivot de 14 avec 1. Sa masse est notée m_{14}. Elle possède trois méplats où les pistons P1, P2 et P3 sont en contact plan sur plan.

Une étude cinématique préalable a permis de montrer que la bague 14 est animée d'un mouvement de translation circulaire par rapport au corps 4, donc $\overrightarrow{\Omega_{14/4}} = \overrightarrow{\Omega_{14/R_0}} = \vec{0}$.

- **Les pistons Pi (P1, P2, P3) :** La position d'un piston Pi est repérée par ri (θ) = ri = O'Ai. La section droite d'un piston en contact avec le Gazole est notée S, sa masse m_p. Un piston Pi est en contact plan sur plan sans frottement avec la bague à méplats 14.
- **Les trois ressorts Ri :** Les trois ressorts Ri sont identiques

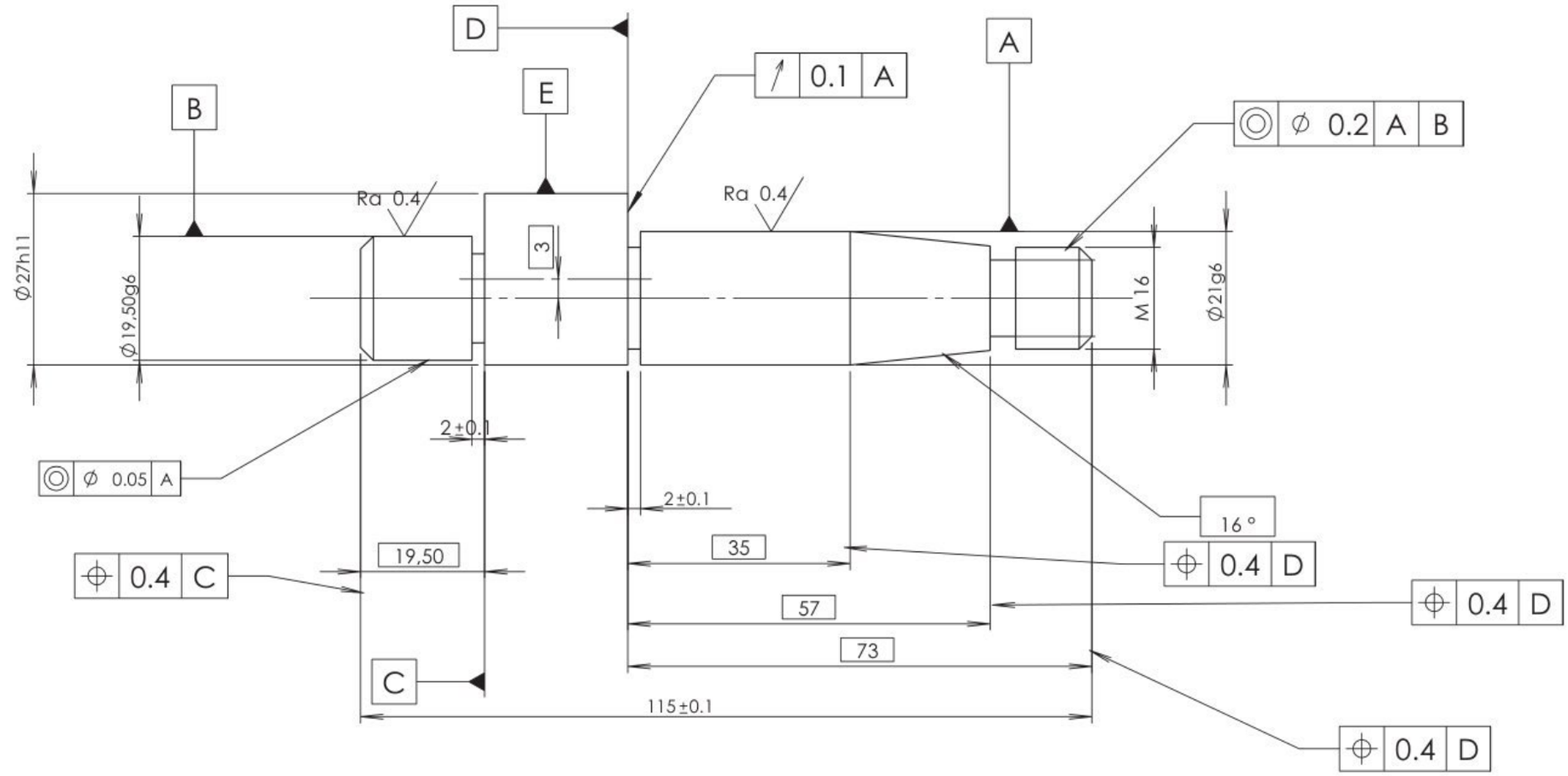




wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 12/34

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 13/34
wadifa-info.com
نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو



Etat de surface géneral sauf indication

Ra 6.3

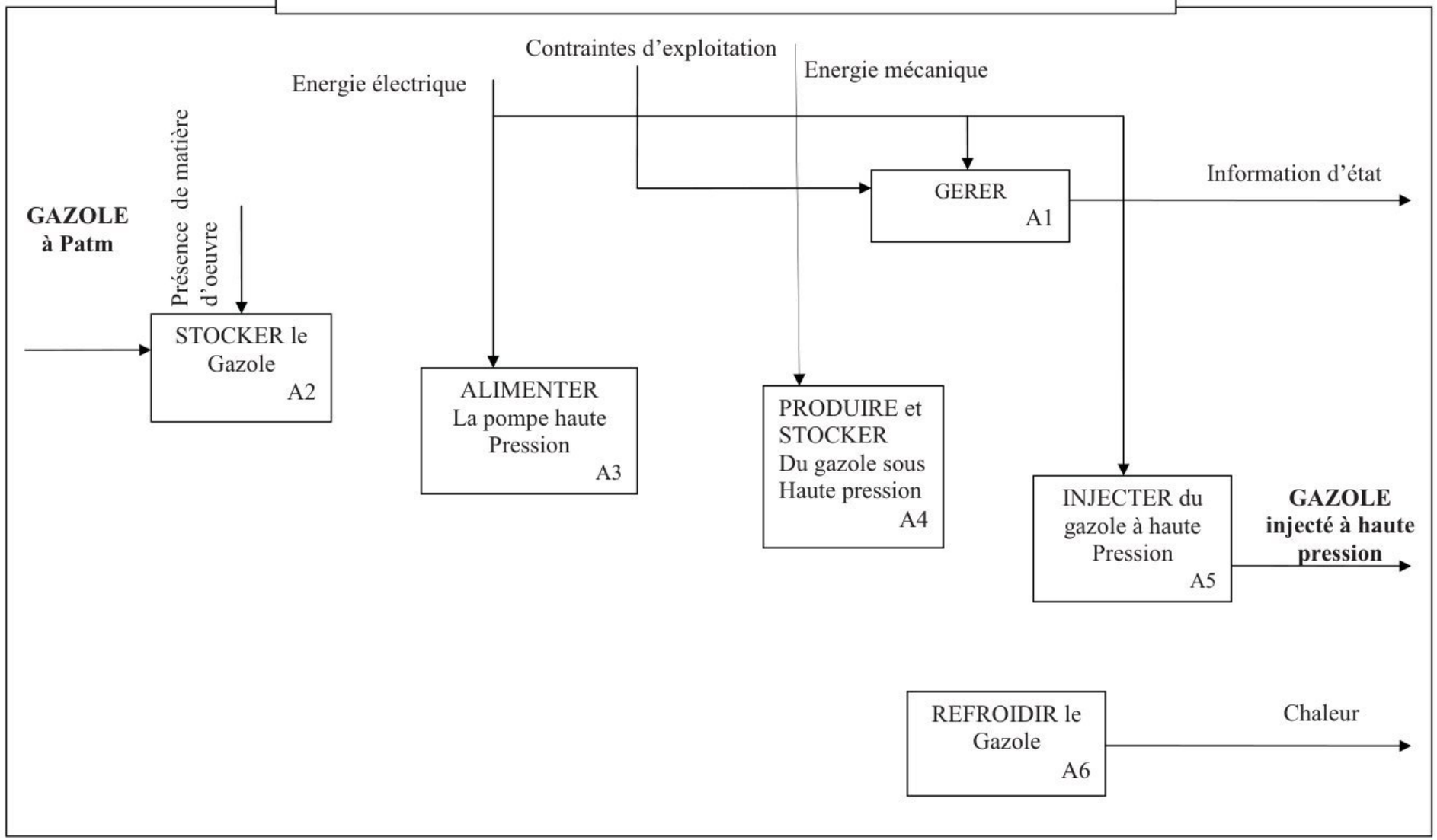
		arbre excentrique	35CrMo4	
Rep	Nb	designation	matière	reference
Ech 1:1		POMPE HDi		
CNC TSI 2008				
20/04/2008		**Document technique DT5**		

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 14/34

wadifa-info.com
نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Document réponse N° 1

À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie mécanique



INJECTER UNE MASSE CONTROLEE DE GAZOLE DANS LE CYLINDRE	A0

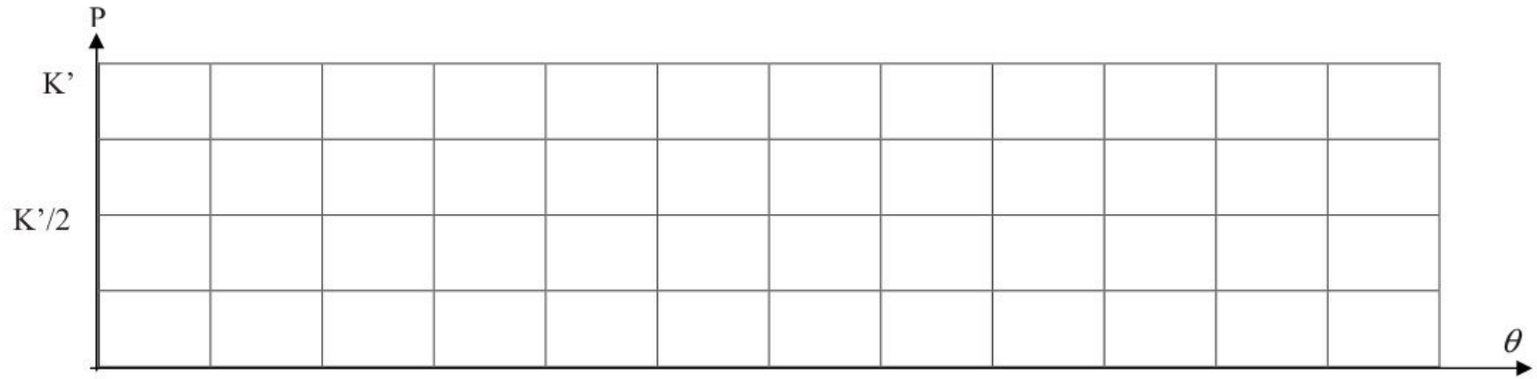
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 15/34

wadifa-info.com
نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Document réponse N° 2

À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie mécanique

	0			$\frac{\pi}{2}$			π			$\frac{3\pi}{2}$		2π
α_1	1	1	1							1	1	1
α_2		1	1	1	1	1	1					
α_3						1	1	1	1	1	1	



Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 16/34

wadifa-info.com

نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

0 $\quad \frac{\pi}{2} \quad \pi \quad \frac{3\pi}{2} \quad 2\pi$

TOLERANCEMENT NORMAIISE	Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Symbole de la spécification	**Eléments non idéaux** Extraits du « skin modèle »		**Eléments idéaux**	
Type de spécification:	**Elément (s) tolérancé(s)**	**Elément(s) de référence**	**Référence spécifiée**	**Zone de tolérance**

Document réponse N° 3

À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie mécanique

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 17/34

wadifa-info.com
نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Condition de conformité: L'élément tolérance doit se situer tout entier dans la zone de tolérance	Unique groupe	Unique groupe	Simple commune système	Simple composée	**Contraintes** Orientation position Par rapport à La référence spécifiée
Schéma Extrait du dessin de définition					

PROJET D'ÉLECTRICITE (Temps conseillé : 3h)

Association machine asynchrone / convertisseur de fréquence

Afin de pouvoir modifier la cadence de production, Peugeot a choisi d'entraîner l'un de ses convoyeurs grâce à une machine asynchrone alimentée par convertisseur de fréquence.

L'objectif de l'épreuve est d'étudier des parties de l'ensemble comportant le moteur asynchrone alimenté par l'onduleur. La vitesse est régulée selon la figure 1 de l'annexe 1 page 10.

La commande du MLI (modulation de largeur d'impulsion) doit permettre de varier à la fois les tensions statoriques alimentant l'onduleur, et la fréquence statorique tout en gardant le rapport $\frac{V}{f}$ constant.

Après filtrage et conversion numérique analogique, la vitesse angulaire de la machine est comparée à une vitesse de référence. Le résultat est corrigé, pour donner ensuite la valeur adéquate de la pulsation statorique moyennant la loi de commande.

L'épreuve se compose de quatre parties qui peuvent être traitées de façon indépendante.

- **PARTIE 1** Étude de la source de tension continue.
- **PARTIE 2** Étude de l'onduleur de tension en commande "pleine onde".
- **PARTIE 3** Réalisation de la commande "pleine onde" de l'onduleur.
- **PARTIE 4** Étude du moteur asynchrone en régime permanent.

L'ensemble décrit par le schéma de la figure 2, comporte un pont redresseur suivi d'une cellule de filtrage qui alimente l'onduleur de tension associé au moteur.

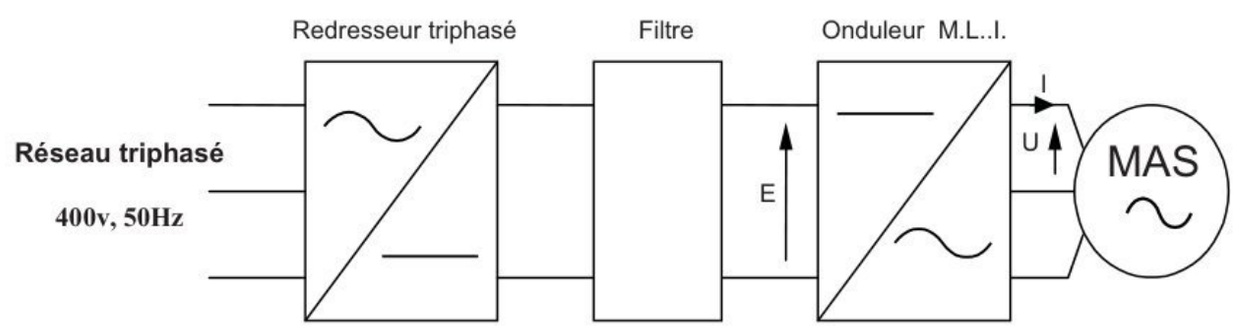


Figure 2

PARTIE 1 : Étude de la source de tension continue.

Cette source est constituée d'un pont redresseur PD3 à diodes supposées parfaites avec sa cellule de filtrage. On suppose que la conduction du pont est **ininterrompue.**

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 18/34

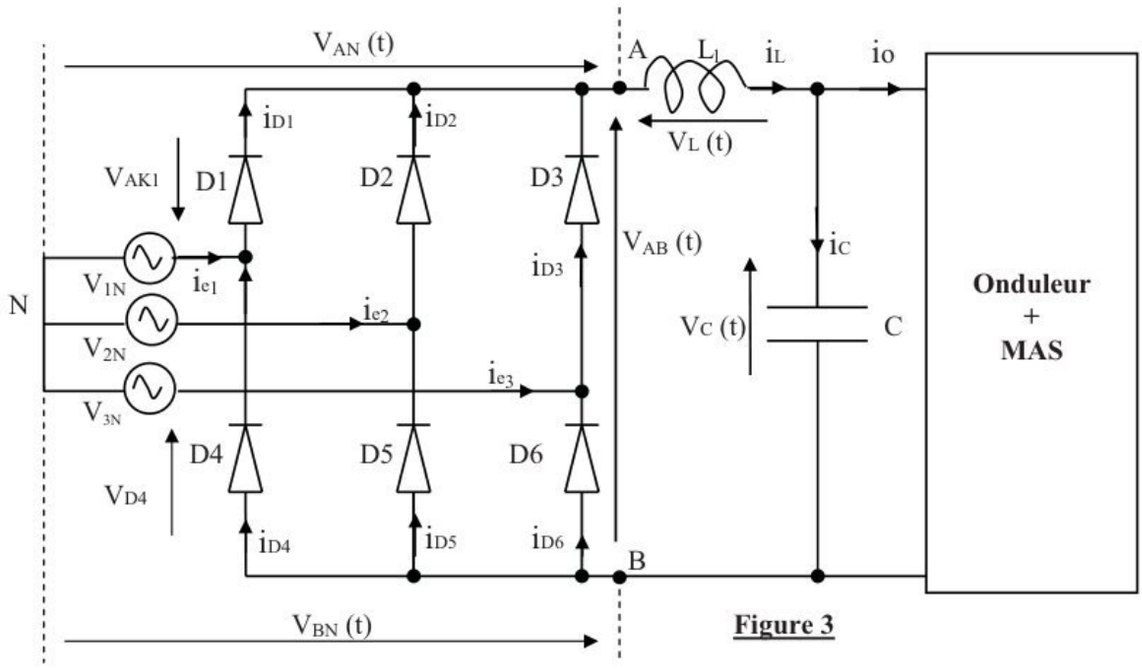


Figure 3

1. Citer deux intérêts de la distribution en triphasé équilibré par rapport à celle en monophasé.

Le redresseur PD3 est connecté en A et B au récepteur formé par la cellule de filtrage, l'onduleur et la machine asynchrone. La bobine L_l est supposée suffisamment élevée pour que le courant i_L dans le récepteur puisse être considéré comme parfaitement lissé et égal à I.

2. Pour les intervalles $\left[0;\frac{T}{12}\right], \left[\frac{T}{12};\frac{T}{4}\right], \left[\frac{T}{4};\frac{5T}{12}\right], \left[\frac{5T}{12};\frac{7T}{12}\right], \left[\frac{7T}{12};\frac{3T}{4}\right], \left[\frac{3T}{4};\frac{11T}{12}\right], \left[\frac{11T}{12};\frac{13T}{12}\right]$ et $\left[\frac{13T}{12};\frac{5T}{4}\right]$ où : $T=\frac{1}{f}$ (f : fréquence du réseau), marquer les diodes passantes sur le haut du document réponse N° :1 page 12.

3. Représenter, les grandeurs V_{AN} (t), V_{BN} (t) sur le document réponse N° :1 page 12.

4. Écrire une relation entre les grandeurs V_{AN} (t), V_{BN} (t) et V_{AB} (t). En déduire alors la représentation de V_{AB} (t) sur le document réponse N° :1 page 12.

5. Représenter, sur le document réponse N° :2 page 13, l'allure de :

5.1- La tension V_{AK1} (t), tension aux bornes de la diode D_1.

5.2- La tension V_{D4} (t), tension aux bornes de la diode D_4. En déduire la tension inverse maximale supportée par les diodes du pont PD3 à diodes.

5.3- Le courant i_{D1} (t) dans la diode D_1.

5.4- Le courant i_{D4} (t) dans la diode D_4.

5.5- Le courant de ligne i_{e1} (t).

6. Calculer les valeurs moyenne et efficace de i_{D1} (t) en fonction de I.

7. Établir la relation entre les valeurs moyennes suivantes : $<V_{AB}(t)>$, $<V_L(t)>$, et $<V_C(t)>$.

8. Calculer la valeur numérique de $E = <V_C(t)>$. Déduire le rôle du filtre.

9. La charge constituée par le filtre et le moteur absorbe une puissance P = 6 kW.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 19/34

Calculer la valeur efficace I_{e1} de i_{e1} (t). En déduire le facteur de puissance noté λ de l'installation triphasée du côté réseau.

Faire l'application numérique avec la valeur de I = 17A. Conclure.

10. Pour cette question uniquement, le courant de ligne i_{e1} (t) sera considéré sinusoïdale de même valeur efficace trouvée à la question précédente. On souhaite relever le facteur de puissance λ appelé cosφ à une valeur de **0,98** en branchant une batterie de condensateurs entre fils de phase. Si les condensateurs sont montés en triangle, quelle doit être leur valeur ? Quelle est la valeur de l'intensité fournie par le réseau sur les lignes désormais ?

PARTIE 2 : Étude de l'onduleur de tension en commande "Pleine onde"

L'alimentation du moteur asynchrone est fournie par un onduleur triphasé à partir de la source continue E. Le schéma de principe est donné à la figure 4. Les séquences de fermeture des interrupteurs sont indiquées pour une période T de fonctionnement à la figure 5.

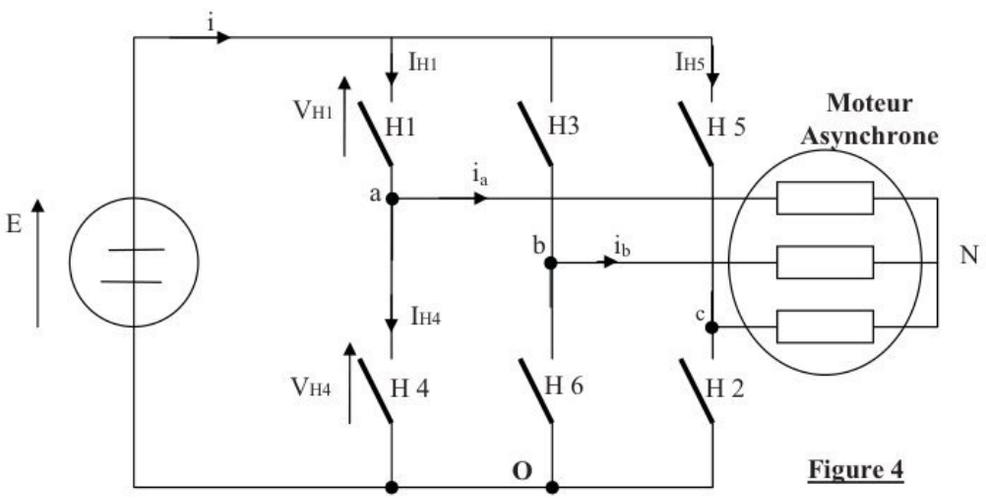


Figure 4

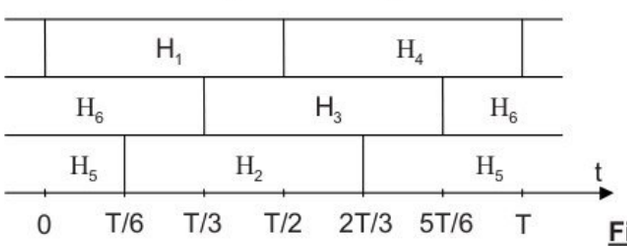


Figure 5

La technique permettant l'élaboration des ordres de commande des interrupteurs dépend de la fréquence désirée pour le moteur. Elle débute en modulation de largeur d'impulsions (permettant le fonctionnement à V/f constant) pour finir en mode pleine onde. Les intervalles de conduction des interrupteurs sont donnés sur le document réponse N° :3 page 14. Seul ce fonctionnement particulier est étudié.

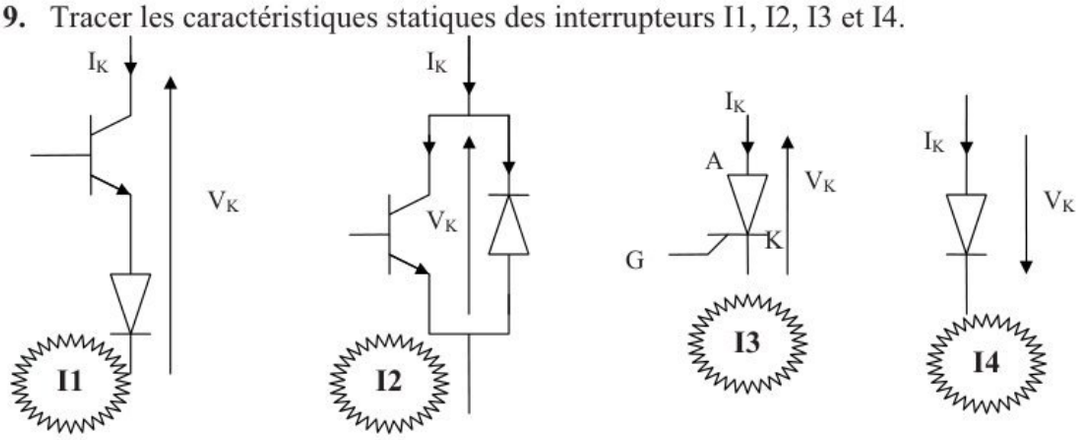
1. Les interrupteurs présents sur un même bras de l'onduleur peuvent-ils être commandés simultanément à la fermeture ? Justifier la réponse.
2. Quel est l'intérêt d'alimenter la machine par un onduleur.
3. Représenter V**ao** (t), **Vbo** (t), **Vco** (t) sur le document réponse N° :3 page 14.

Le moteur ayant un fonctionnement équilibré défini par V_{aN} (t) + V_{bN} (t) + V_{cN} (t) = 0.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 20/34

4. Exprimer chacune des tensions simples aux bornes de la machine asynchrone V_{aN} (t), V_{bN} (t) et V_{cN} (t) en fonction de Vao (t), Vbo (t) et Vco (t).
5. Représenter alors $V_{\mathbf{a}N}$ (t), $V_{\mathbf{b}N}$ (t) et $V_{\mathbf{c}N}$ (t) sur le document réponse N° : 3 page 14.
6. Citer une technique de commande permettant d'obtenir des tensions $V_{\mathbf{a}N}$ (t), $V_{\mathbf{b}N}$ (t) et $V_{\mathbf{c}N}$ (t) quasi-sinusoïdales.
7. Calculer la valeur efficace $V_{\mathbf{a}Neff\ de}$ la tension $V_{\mathbf{a}N}$ (t) en fonction de E. En déduire la valeur de E pour avoir V_{aNeff} =254,65v .
8. Indiquer le cycle de fermeture des interrupteurs permettant d'inverser le sens de rotation du moteur asynchrone.
9. Tracer les caractéristiques statiques des interrupteurs I1, I2, I3 et I4.



10. La forme d'onde $i_a(t)$ du courant dans la phase « **a** » étant donné sur le document réponse N° :4 page 15, ($i_a(t)$ est assimilé à son fondamental), représenter d'une part en superposition à $i_a(t)$ la grandeur $V_{H1}(t)$ et d'autre part le courant $i_{H1}(t)$ dans l'interrupteur H_1.
11. Dans un système d'axe i_{H1} en fonction de V_{H1}, tracer la caractéristique statique de l'interrupteur H_1, puis déduire le quel des quatre interrupteurs de la question **9** peut convenir pour réaliser l'interrupteur H_1.
12. En plus, on a intercalé entre filtre et onduleur un module à résistance Rh en série avec un interrupteur commandé Tr (voir figure 6 page 4), quel est le rôle de ce module ? Conclure sur la réversibilité des convertisseurs statiques.

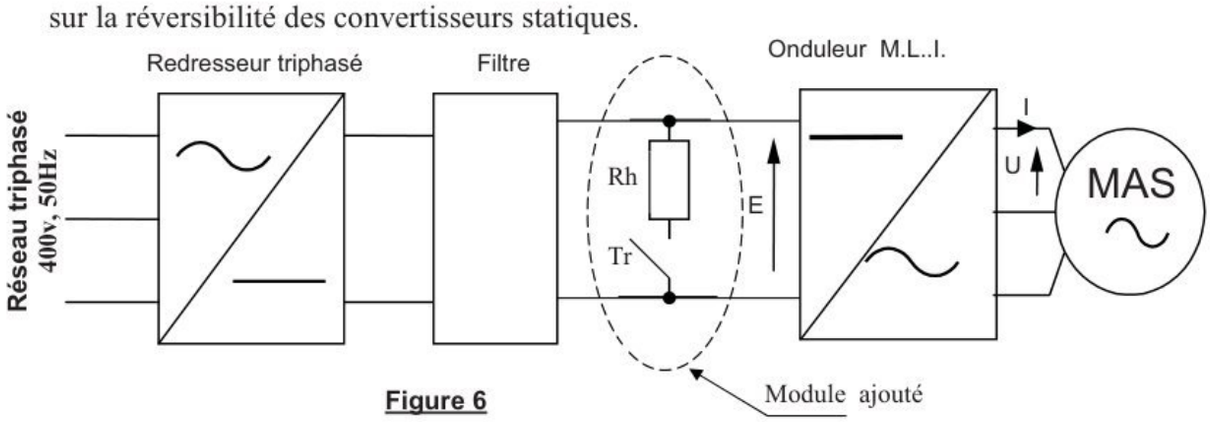


Figure 6

13. Comment arrive-t-on à remplir la même fonction du module, sans y avoir à l'ajouter mais plutôt en changeant la structure du redresseur triphasé, proposer un schéma.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 21/34

PARTIE 3 : Réalisation de la commande en "pleine onde" de l'onduleur :

On veut que : Q_A Commande l'interrupteur H_1 , Q_B commande l'interrupteur H_2, Q_C commande l'interrupteur H_3, Q_D commande l'interrupteur H_4, Q_E commande l'interrupteur H_5 et que Q_F Commande l'interrupteur H_6.

Si l'interrupteur **Hi** est fermé le signal **Q** correspondant vaut 1, dans le cas contraire il vaut 0 (exemple : H_1 *fermé* $\Rightarrow Q_A = 1$ *et* H_1 *ouvert* $\Rightarrow Q_A = 0$)

1. Donner alors les chronogrammes des commandes Q_A, Q_B, Q_C, Q_D, Q_E et Q_F sur le document réponse N° : 5 page 16.
2. En se basant sur le document réponse N°5, donner les équations logiques reliant : Q_A à Q_D, Q_B à Q_E et Q_C à Q_F.

I. Commande à l'aide de bascules JK.

On se propose de réaliser la commande de l'onduleur à l'aide de bascules JK, dont la table de transition est donnée à la figure 7 :

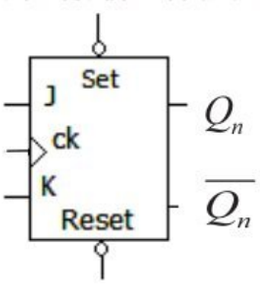


Figure 7

Table de transition

Reset	Set	Ck	Q_{n-1}	Q_n	J	K
1	1	↑	0	0	0	x
1	1	↑	0	1	1	x
1	1	↑	1	0	x	1
1	1	↑	1	1	x	0

Avec : $\mathbf{Q_{n-1}}$ l'état précédent de la sortie $\mathbf{Q_n}$.
x peut être 0 ou 1.
Ck : horloge active front montant.

Q_A, Q_B et Q_C seront respectivement les trois sorties de trois bascules JK notée A, B et C qui doivent répondre en même temps.

3. Toujours en s'aidant des chronogrammes du document réponse n° :5 page 16, reprendre sur la feuille de composition le tableau suivant et remplir les différents états des signaux Q_A, Q_B et Q_C.

	Q_A	Q_B	Q_C	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C
Etat 0	1			x	0				
Etat 1	1								
Etat 2									
Etat 3									
Etat 4									
Etat 5									
Etat 0				/////////	/////////	/////////	/////////	/////////	/////////

4. Étant donné la table de transition de la bascule JK, compléter les états de J_A, K_A, J_B, K_B, J_C et K_C dans le même tableau de la question précédente.
5. Donner l'équation logique la plus simplifiée possible de chacune des entrées J_A, K_A, J_B, K_B, J_C et K_C.
6. Donner le schéma réalisant la commande de l'onduleur, en y figurant toutes les commandes des interrupteurs.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 22/34

II. Commande à l'aide du registre à décalage 74194 (voir annexe 2 page 11) :

Le symbole normalisé IEC du registre de type 194 est donné à la figure 8. Le 74194 est un registre universel, dont les chronogrammes de fonctionnement sont donnés en annexe 2.

La fréquence de l'horloge du circuit 74194 est égal à $\frac{6}{T}$ où T est la période (voir document réponse N° 5 page 16):

- CLK, l'entrée d'horloge, synchronise le registre sur les fronts montants.
- $\overline{CLR}$, entrée asynchrone de remise à zéro des sorties.
- P_0, P_1, P_2 et P_3, entrées de chargement parallèle.
- R, entrée de chargement série côté droit,
- L, entrée de chargement série côté gauche,
- M_0 et M_1, les entrées de contrôle synchrones. Les modes de fonctionnement sont donnés dans le tableau de la figure 9.
- S_0, S_1, S_2 et S_3, sorties du registre et représentent son contenu. Utilisées simultanément, la lecture est parallèle. Si seule la dernière est utilisée, la lecture est série.

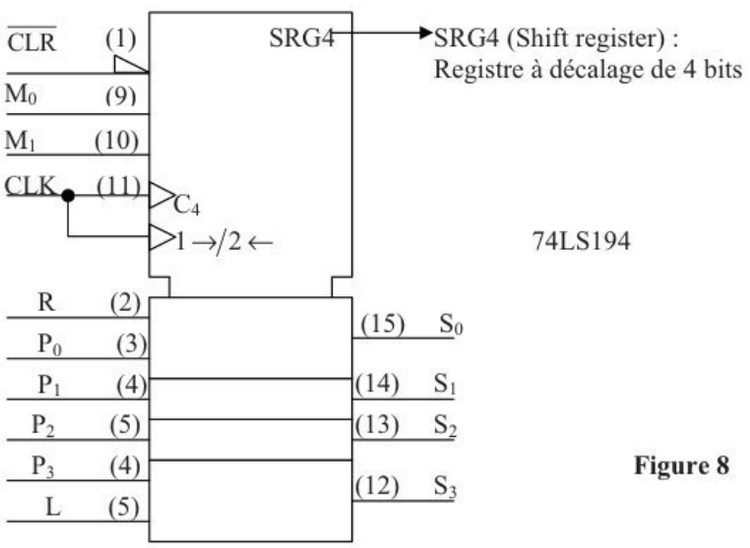


Figure 8

M_1	M_0	Mode de fonctionnement
0	0	Inhibition (registre figé malgré l'horloge)
0	1	Chargement série par l'entrée R, déplacement de l'information à droite (S_0 vers S_3)
1	0	Chargement série par l'entrée L, déplacement de l'information à gauche (S_3 vers S_0)
1	1	Chargement parallèle des entrées P_0, P_1, P_2 et P_3.

Figure 9

On suppose qu'avant l'application du premier front montant de l'horloge (CKL), toutes les sorties à lecture parallèle sont au niveau bas (S0 = S1= S2 = S3= 0), et R = 1.

7. Les trois premières sorties du 74194 correspondront respectivement aux commandes Q_A, Q_B et Q_C :

7.1. Étant donné les chronogrammes de la question 1 de la partie 3, Compléter le tableau suivant par transcription des états de S_0, S_1 et S_2.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 23/34

CKL	$S_0 = Q_A$	$S_1 = Q_B$	$S_2 = Q_C$	S_3	R
1er ↑					
2ème ↑					
3ème ↑					
4ème ↑					
5ème ↑					
6ème ↑					
7ème ↑					

7.2. En examinant de plus près le fonctionnement du 74194 grâce à l'annexe 2, Compléter le tableau par les états de S_3 et de R. Á noter qu'on choisit de n'utiliser le 74194 que pour un décalage à droite.

7.3. Déduire l'équation logique la plus simplifiée de R.

8. Étant donné le résultat de la question 2 et celui de la question 7 de la partie 3, donner le schéma réalisant la commande de l'onduleur à l'aide du 74194, en y figurant toutes les commandes des interrupteurs, ainsi que le brochage nécessaire pour le bon fonctionnement du registre à décalage.

PARTIE 4 : Étude du moteur asynchrone en régime permanent

Notations :

U	(V)	Tension composée.
V	(V)	Tension simple.
f	(Hz)	Fréquence des courants statoriques.
f_r	(Hz)	Fréquence des courants rotoriques.
ω	($rad.s^{-1}$)	Pulsation des courants statoriques.
Ω_S	($rad.s^{-1}$)	Vitesse de rotation du champ tournant créé dans l'entrefer par les courants statoriques.
Ω	($rad.s^{-1}$)	Vitesse angulaire de la machine.
ns	($tr.s^{-1}$)	Vitesse de rotation du champ tournant créé dans l'entrefer par les courants statoriques (vitesse de synchronisme).
n	($tr.s^{-1}$)	Vitesse de rotation de la machine.

Le moteur asynchrone utilisé est du type triphasé 230 V / 400 V, 50 Hz a un stator couplé en étoile et un rotor à cage. Sous alimentation nominale on a obtenu :

- Á vide, un courant de ligne d'intensité 4,9A ;
- Á charge nominale, un courant de ligne d'intensité 10,82A, une puissance absorbée de 6kw et une vitesse de rotation de 1460 $tr.min^{-1}$.

Dans toute la partie, on néglige les résistances et inductances de fuite statoriques, les pertes fer et les pertes mécaniques.

I. Fonctionnement au régime nominal de la machine

Le moteur asynchrone est alimenté sous 230v/400v, 50Hz.

1. Calculer le nombre de pôles de ce moteur.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 24/34

2. Calculer le glissement, g_n .

3. Calculer la puissance réactive nominale absorbée Qa_n.

Pour mesurer la puissance active Pa_n et la puissance réactive Qa_n absorbées, on a utilisé le schéma de la figure 10. Calculer les indications P_1 du wattmètre W_1 et P_2 du wattmètre W_2.

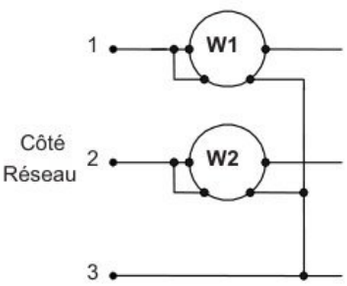


Figure 10

4. Calculer le moment du couple utile nominal Cu_n.

5. Si le moment du couple résistant imposé par la charge diminue, comment évoluent

- L'intensité en ligne ?
- La vitesse de rotation ? Quelle sera sa valeur limite ?

6. Calculer les pertes rotoriques par effet joule.

II. Recherche des éléments d'un modèle équivalent simplifié

La figure 11 représente un modèle linéaire simplifié d'une phase statorique.

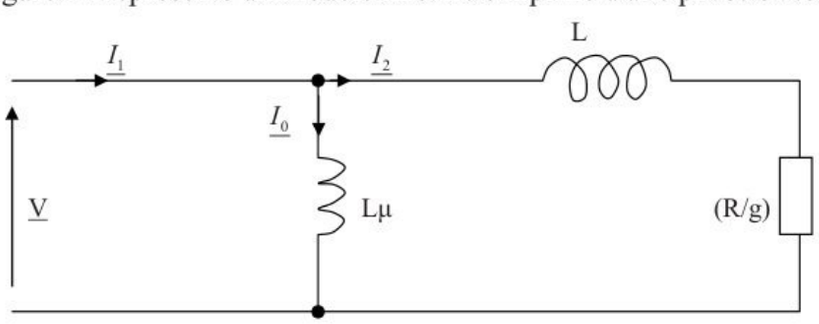


Figure 11

Lμ : inductance magnétisante du stator.

L : Inductance globale de fuites ramenée au stator.

R : résistance du rotor ramenée au stator.

7. Calculer les valeurs de Lμ, L et R.

Quelque soit les valeurs trouvées on prendra Pour la suite du problème

R = 0,6 Ω et L = 15 mH.

III. Étude du moment du couple électromagnétique Cem

8. Exprimer le moment du couple électromagnétique Cem en fonction de R, L, V, f et f_r.

9. Montrer que pour les faibles valeurs de f_r on peut écrire : $C_{em} = \alpha \times \left(\frac{V}{f}\right)^2 \times f_r$.

Définir α et calculer sa valeur numérique.

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 25/34

IV. Fonctionnement à vitesse de synchronisme variable.

Pour cette étude, on reste dans l'hypothèse de la question **9**) du (**III**) de la partie 4.

Le moteur est alimenté par le convertisseur de fréquence qui permet de maintenir aux bornes d'un enroulement le rapport $\frac{V}{f}$ constant.

10. Sachant que pour V = Vn on a f = 50 Hz, montrer que Cem peut s'écrire : $C_{em} = \alpha' \times f_r$.

10.1- Donner la valeur numérique de α'.

10.2- Calculer le couple électromagnétique nominal pour un glissement de 2,67% .

11. On rappelle que la fréquence f_r des courants rotoriques peut s'exprimer par : $f_r = p \times (n_S - n)$ (où p est le nombre de paire de pôles de la machine asynchrone). Donner la nouvelle expression de Cem en fonction de n_s et n.

12. Le moteur entraîne une charge mécanique qui lui oppose un couple résistant de moment constant C_r = 32 N.m. Compléter le tableau suivant, et conclure.

Fréquence délivrée par l'onduleur f (Hz)	12,5	30	50
Tension d'alimentation délivrée par l'onduleur **V** (v)			
Vitesse de rotation de la machine asynchrone **n** en (tr.mn^{-1})			
$\Delta n = n_S - n$ (tr.mn^{-1})			
Glissement correspondant **g** en (%)			

13. On souhaite démarrer le moteur avec un couple égal à 38,19 N.m. Calculer la fréquence minimale que doit alors délivrer l'onduleur.

Fin de l'énoncé

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 26/34

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 27/34

wadifa-info.com
نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

ANNEXE 1 : Schéma de principe de régulation de vitesse de la machine asynchrone.

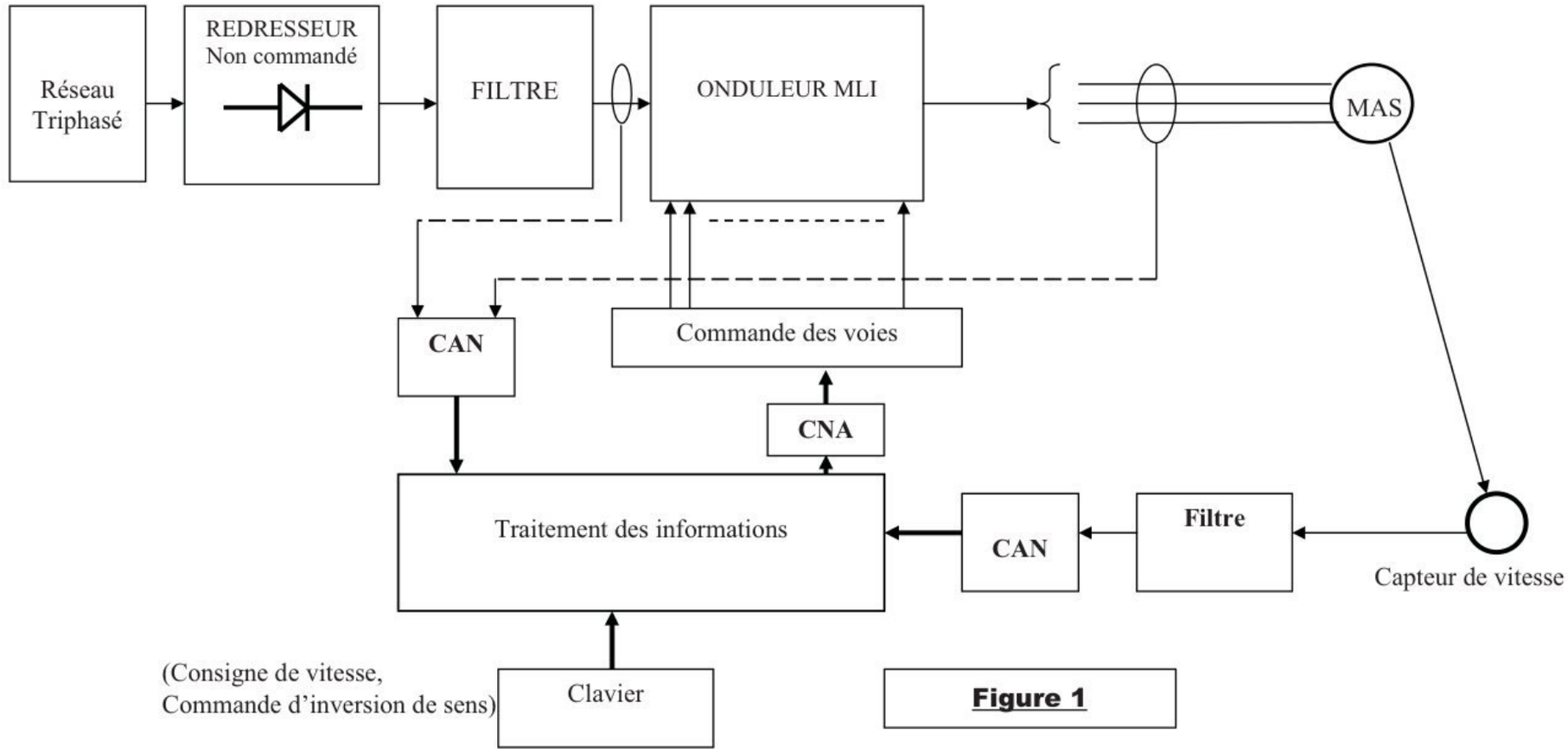
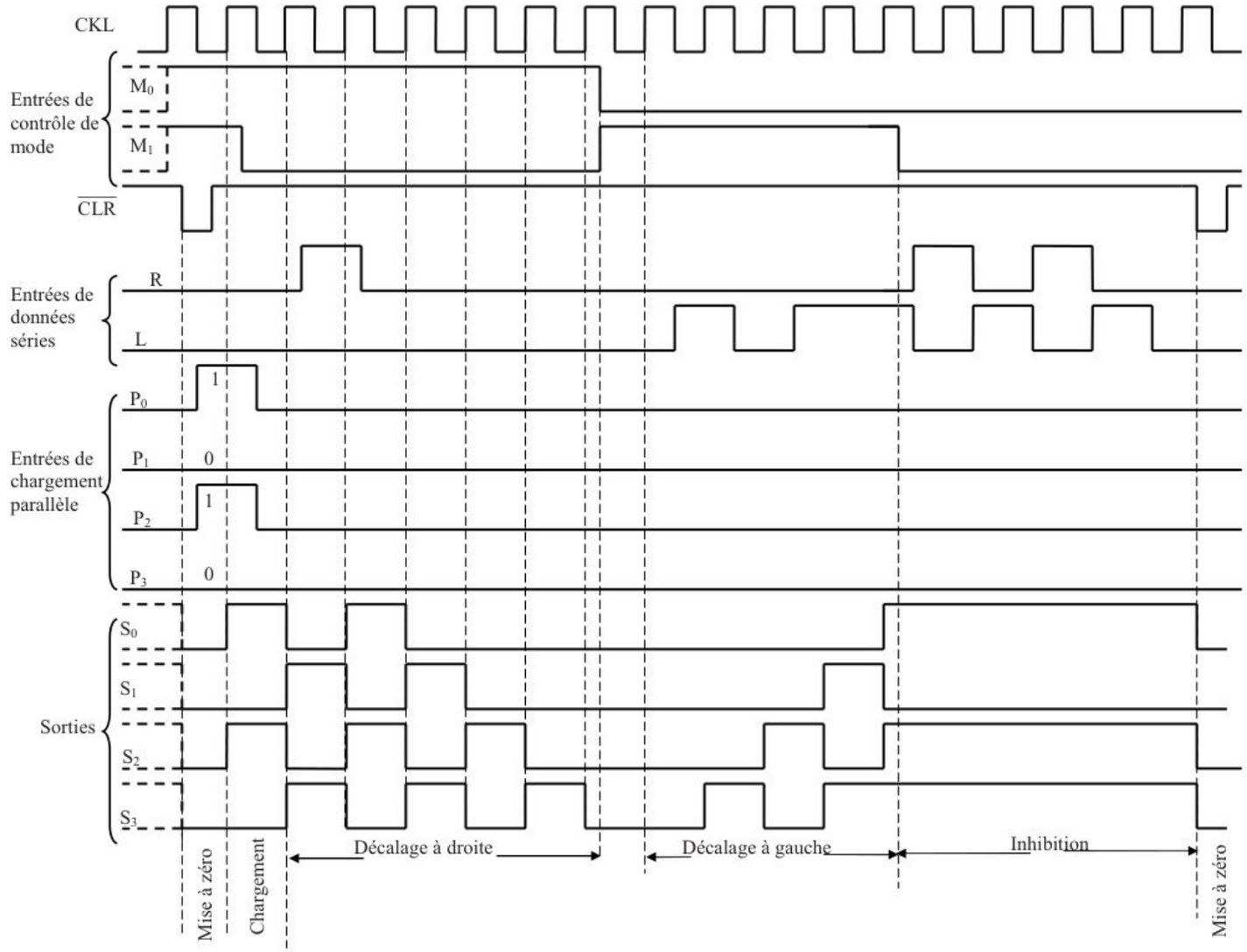


Figure 1

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 28/34

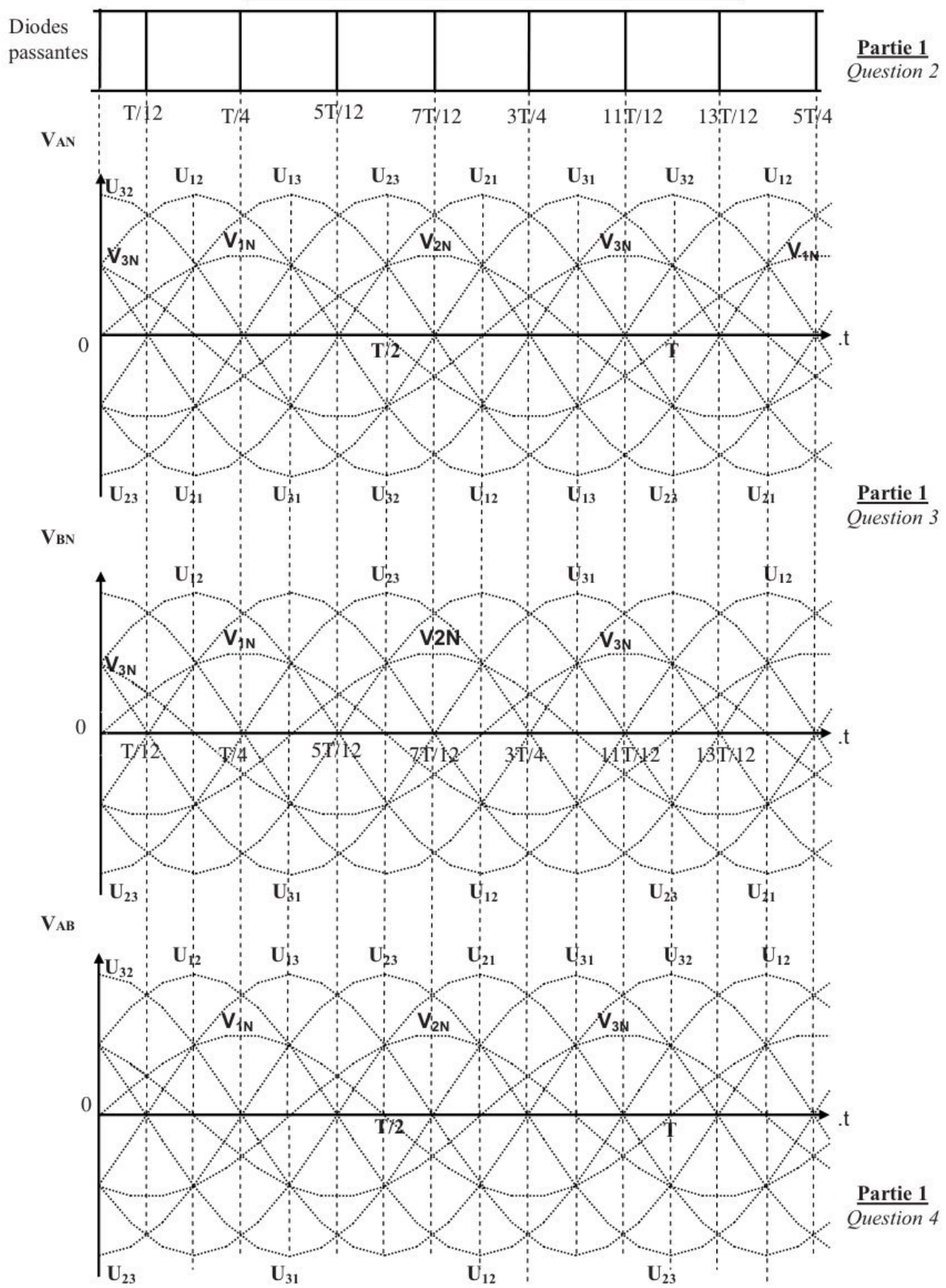
wadifa-info.com
نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

ANNEXE 2: Chronogrammes de fonctionnement du 74194



N.B : Il est interdit de signer les documents réponses ou d'y mettre un signe quelconque pouvant servir à l'identification du candidat ou à la provenance de la copie.

Document réponse N° :1
À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie électrique

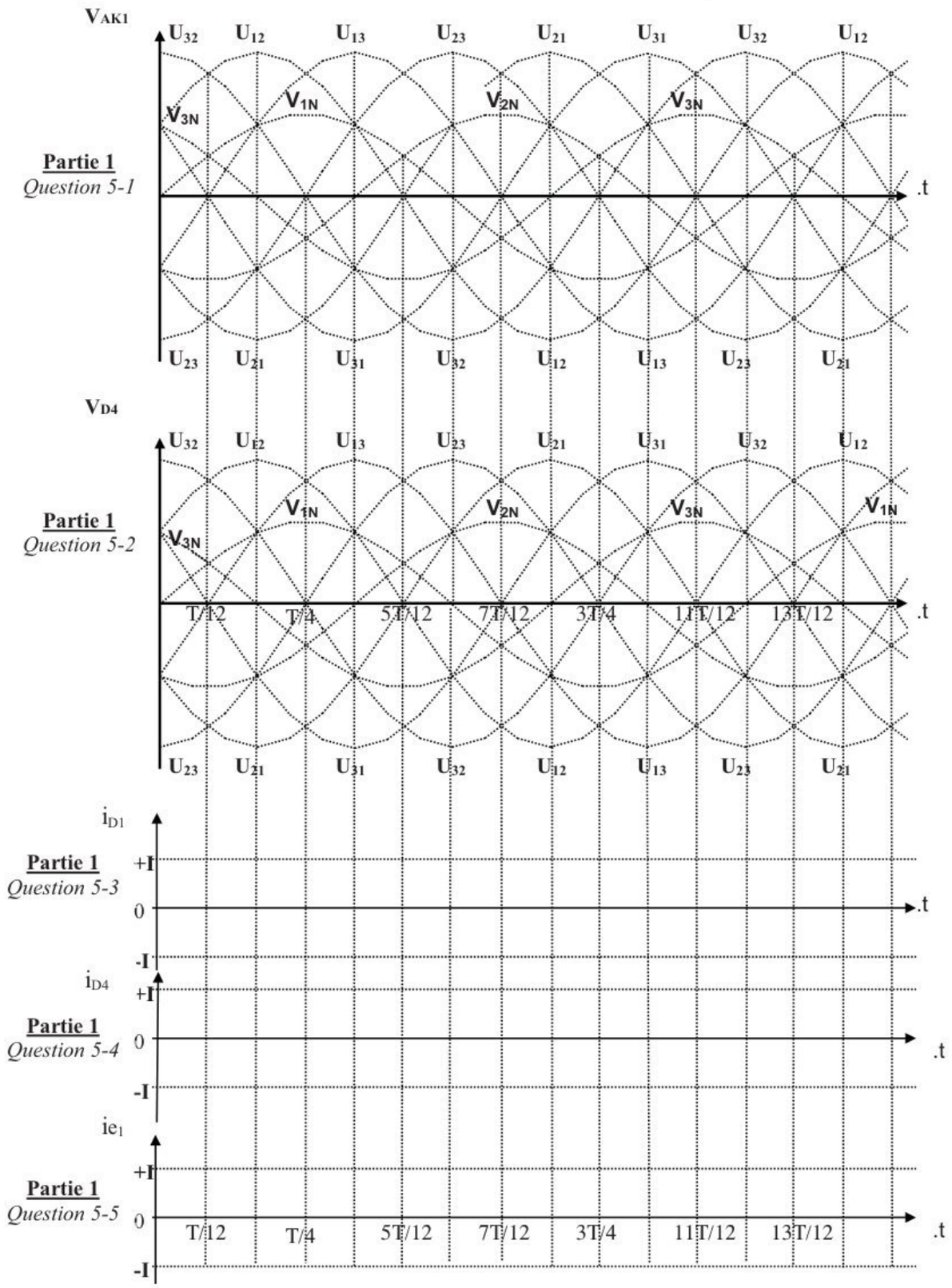


wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 29/34

N.B : Il est interdit de signer les documents réponses ou d'y mettre un signe quelconque pouvant servir à l'identification du candidat ou à la provenance de la copie.

Document réponse N° :2
À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie électrique

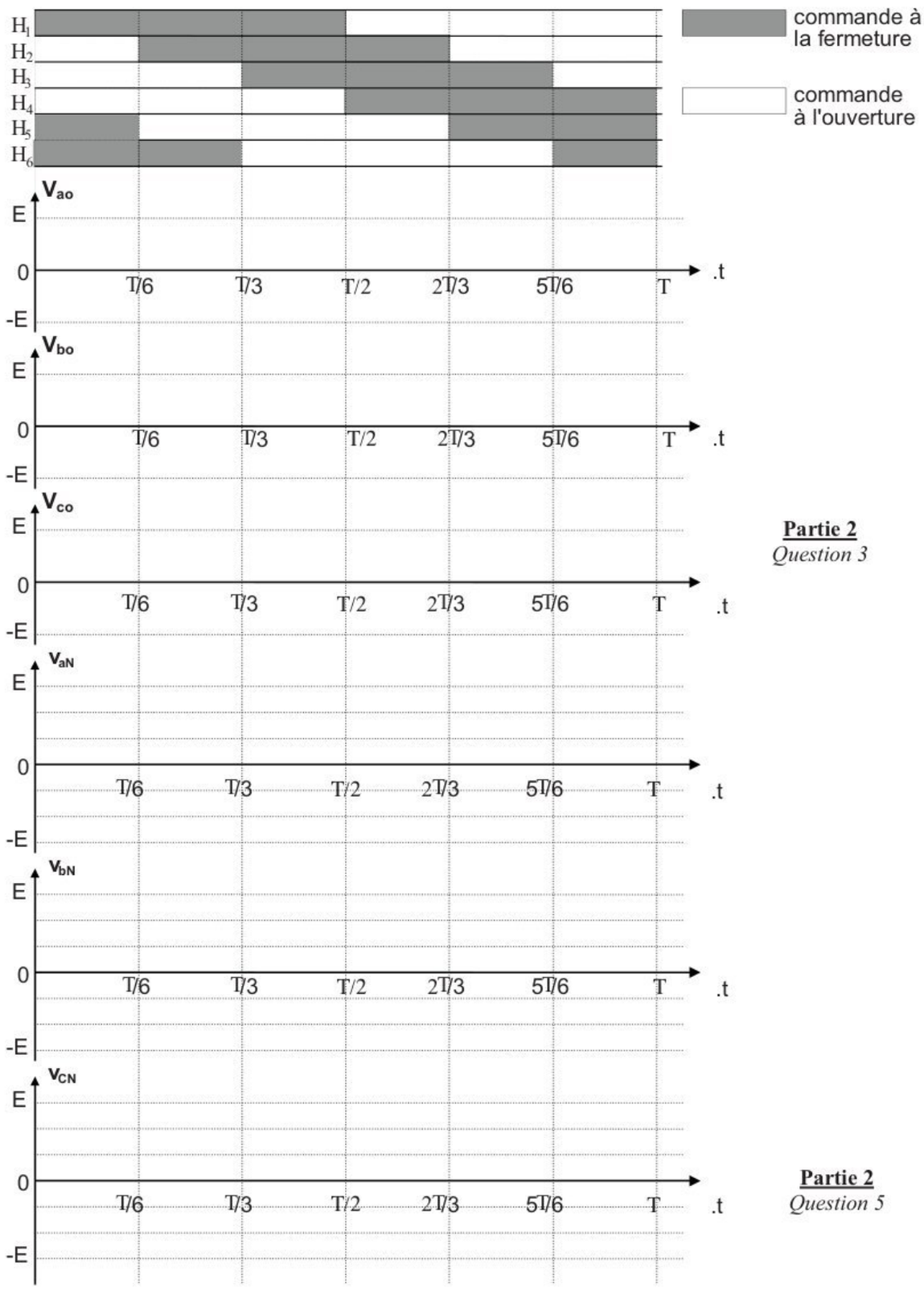


wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 30/34

N.B : Il est interdit de signer les documents réponses ou d'y mettre un signe quelconque pouvant servir à l'identification du candidat ou à la provenance de la copie.

Document réponse N°:3
À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie électrique



Partie 2
Question 3

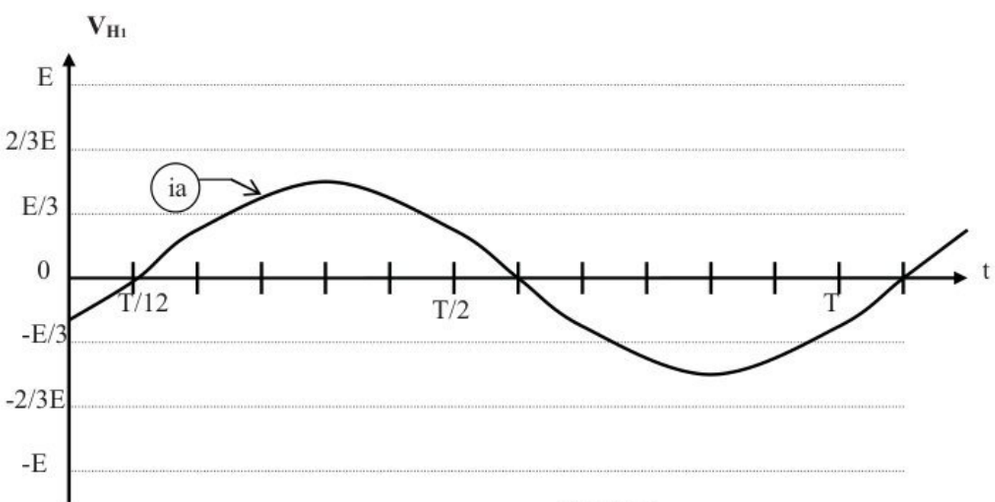
Partie 2
Question 5

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو
Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 31/34

N.B : Il est interdit de signer les documents réponses ou d'y mettre un signe quelconque pouvant servir à l'identification du candidat ou à la provenance de la copie.

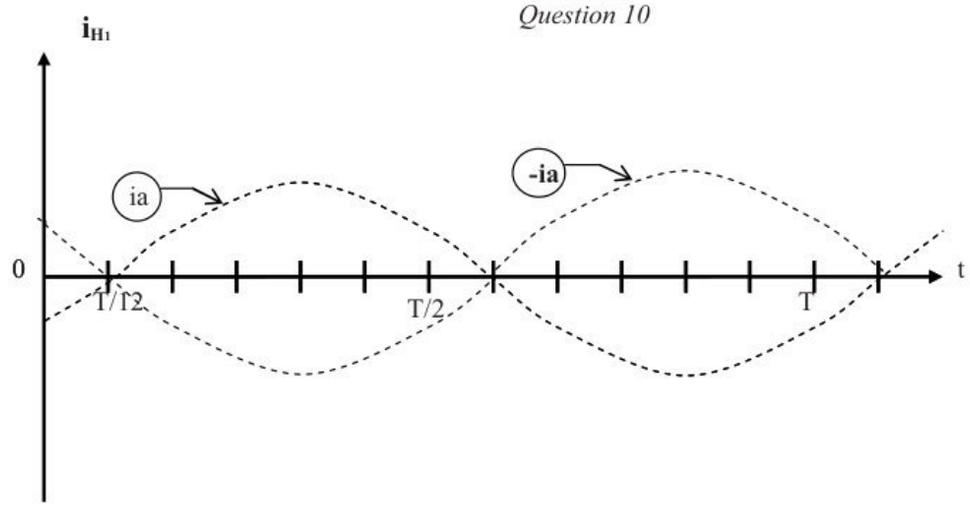
Document réponse N° :4
À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie électrique

H1		**H4**	Interrupteurs en conduction
H6	**H3**	**H6**	
H5	**H2**	**H5**	



Partie 2

Question 10



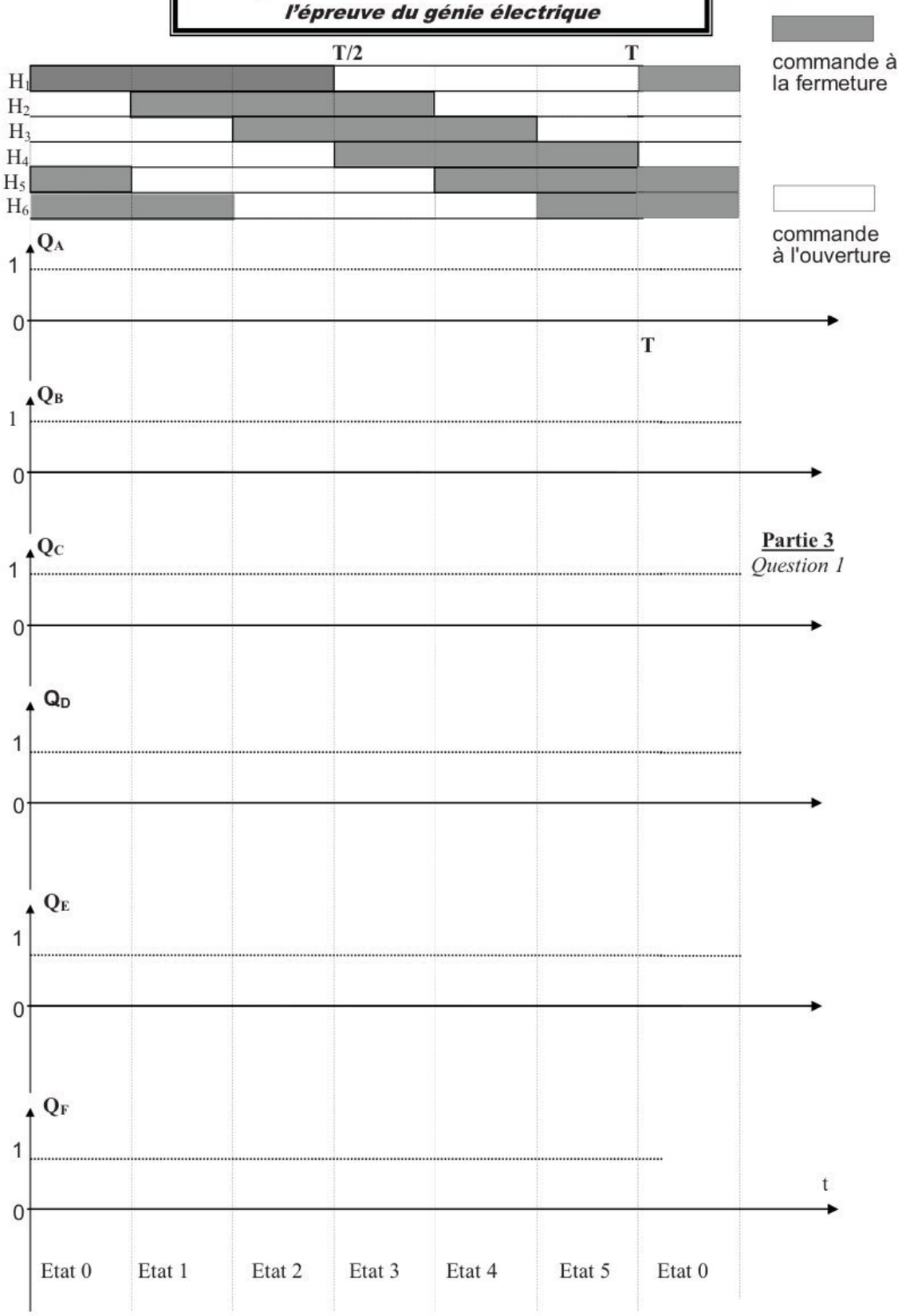
wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 32/34

N.B : Il est interdit de signer les documents réponses ou d'y mettre un signe quelconque pouvant servir à l'identification du candidat ou à la provenance de la copie.

Document réponse n°5

À agrafer sur la copie de composition de l'épreuve du génie électrique



Partie 3

Question 1

wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1771 - Wadifa Info - page 33/34

Wadifa Info

www.wadifa-info.com

Le sujet suivant à préparer — **النموذج التالي للتحضير**

نموذج مباراة ولوج سلك التكوين الأساسي - المدرسة الوطنية العليا للإدارة - دورة 26 نونبر 2016 -

Modèle de concours d'accès au cycle de formation initiale – École Nationale Supérieure de l'Administration – 26 novembre

www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/640

Chaîne WhatsApp — **قناة واتساب**

المباريات الجديدة والنتائج كل يوم

Nouveaux concours et résultats chaque jour

wadifa-info.com/wa

Chaîne YouTube — **قناة يوتيوب**

امتحانات تجريبية بالتصحيح، بالدارجة

Examens blancs corrigés, expliqués en darija

youtube.com/@wadifainfo

Envoyer à un ami — **أرسل النموذج لصديق**

شارك هذا النموذج على واتساب مع من يحضّر معك

Partagez ce sujet sur WhatsApp

wa.me