**CNC** **SESSION 2013**

**Filière : TSI**

# Épreuve de Génie Électrique

***Temps conseillé : 3 Heures***

***Aucun document n'est autorisé***
***Calculatrice autorisée***

*L'épreuve de Génie Électrique se compose :*

- *d'un texte de l'épreuve (douze pages numérotées de 1 à 12)*
- *d'une annexe (page 13)*
- *de deux documents réponse (page 14 et 15)*

***Le candidat devra composer et rendre obligatoirement même vides :***

- ***Le cahier des réponses réservé à l'épreuve GE***
- ***Les 2 documents réponse figurant respectivement sur les pages 14et 15du texte de l'épreuve***

*Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.*



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 1/16

**Présentation générale :**

Une entreprise fabrique et commercialise une colle thermoplastique. Elle utilise une extrudeuse qui sert au traitement continu de granulat de colle thermoplastique. Le granulat mis dans l'entonnoir, entre dans un tube chauffé par des colliers chauffants et muni d'une vis d'Archimède. Cette vis sans fin transporte la matière première pour la faire fondre dans le cylindre chauffé.

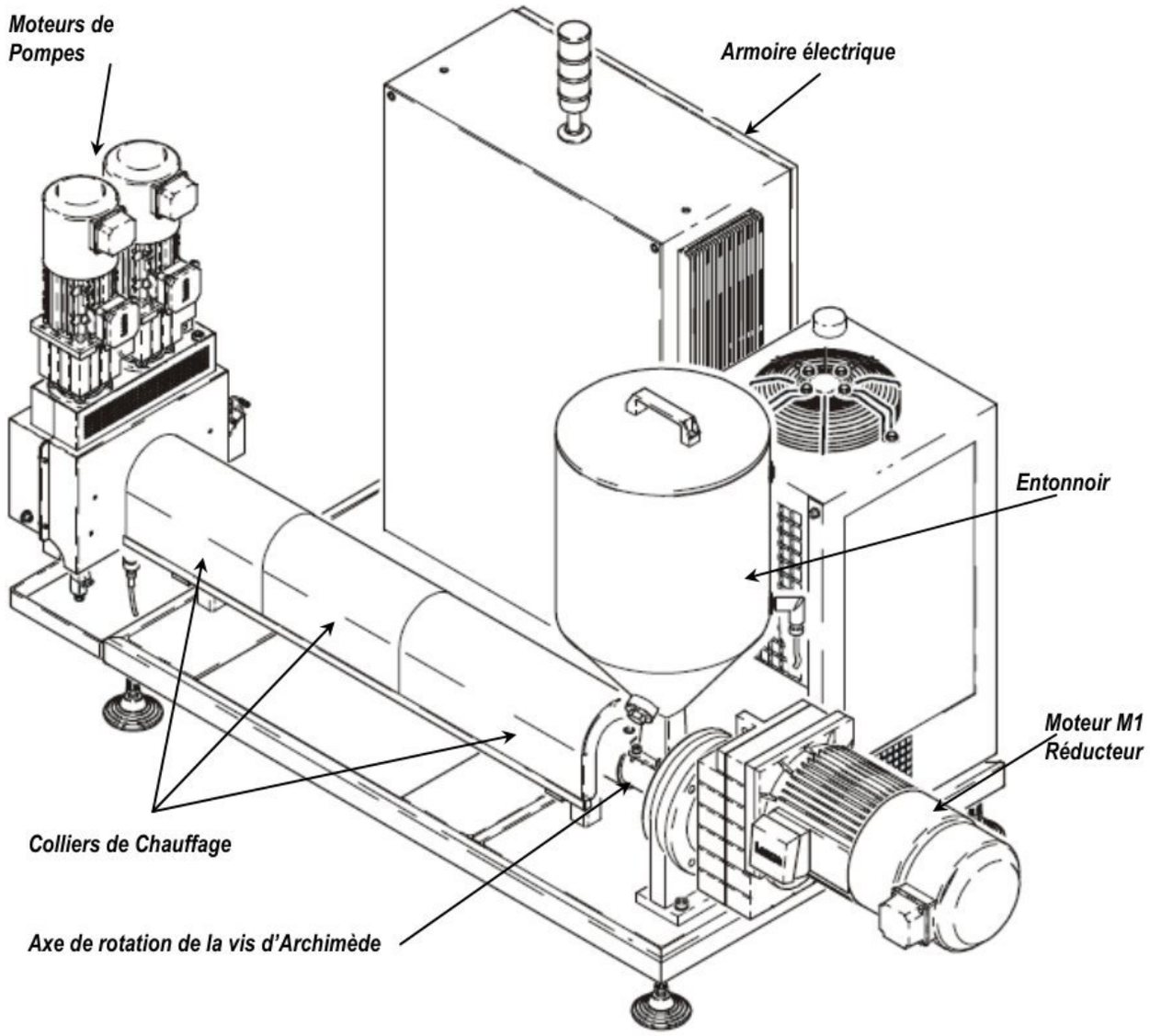



***Figure 1** : Vue d'ensemble*



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 2/16

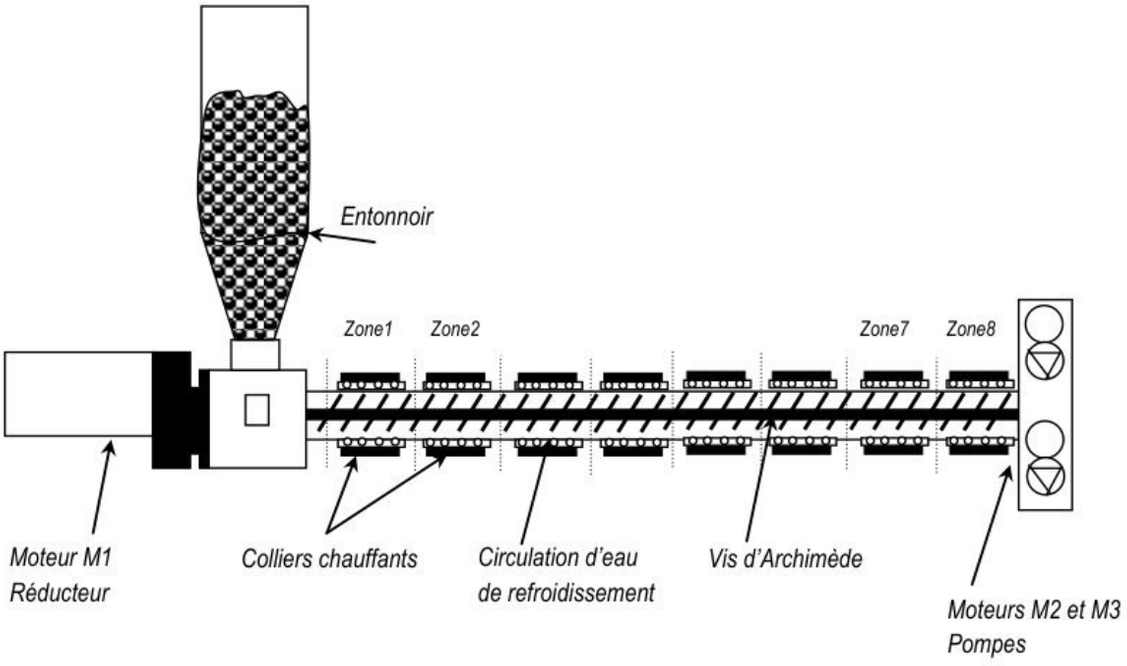



***Figure 2* : Schéma de principe**

**Caractéristiques générales de l'extrudeuse :**

- **Le débit de fusion**: 200 Kg/h (dépendant du type de colle)
- **La motorisation:**
  - L'extrudeuse est entrainée par un moteur triphasé M1 de 22 kW, muni d'un réducteur à trains directs.
  - La station à pompage est équipée deux moteurs triphasés M2, M3 : de 2,2kW
  - Trois moteurs aérateurs assurent le refroidissement des moteurs : M1, M2 et M3,
- **La gamme de réglage de la vitesse de la vis est :** de 5 à 100 tr/min.
- **La tension d'emploi :** 3 x 400 V~ +N+PE, 50Hz
- **La puissance de l'ensemble des colliers de chauffage est : 79000 W**
- **La température d'exploitation suivant les zones est :** de 50 °C à 240 °C

Le sujet se compose principalement de 4 parties indépendantes :

***Partie A :*** *Étude du moteur M1 d'entrainement de la vis de l'extrudeuse.*

***Partie B :*** *Étude de la variation de vitesse du moteur M1d'entrainement de la vis.*

***Partie C :*** *Étude de la régulation de température de zone.*

***Partie D :****. Étude du circuit de commande de la gâchette d'un thyristor du gradateur de chauffage des colliers.*



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 3/16

## Partie A : Étude du moteur M1 d'entrainement de la vis de l'Extrudeuse.

L'extrudeuse est entrainée via un réducteur par un moteur $\mathbf{M_1}$ asynchrone triphasé alimenté par un onduleur de tension à modulation de largeur d'impulsion MLI.

La plaque signalétique du moteur $\mathbf{M_1}$ indique les caractéristiques suivantes :

- Puissance mécanique nominale : $P_n$=22Kw,
- Tensions : 230 V / 400 V,
- Vitesse nominale : $N_n$ = 1 445 tr .min$^{-1}$, pour f=50Hz,
- Intensité nominale : $I_n$ = 43,5 A,
- Facteur de puissance : cos$\varphi_n$ = 0,83,
- Rendement : $\eta$ = 88 %,
- Courant de démarrage : $I_d = 6{,}5I_n$.

Pour modéliser une phase de la machine on adopte le schéma monophasé simplifié équivalent représenté par la figure (3). Et on cherche à déterminer les éléments de ce schéma.

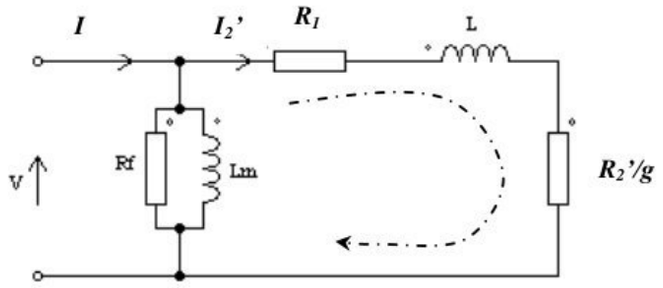



***Figure 3** : Schéma monophasé simplifié du Moteur* $\mathbf{M_1}$

- $R_f$ *:* la résistance fictive modélisant les pertes fer et les pertes mécaniques.
- ***Lm*** : l'inductance magnétisante,
- ***L*** *:* l'inductance de fuites ramenée au stator,
- $R_1$ : la résistance des enroulements du stator,
- $\frac{R'_2}{g}$ : la résistance équivalente des enroulements du rotor ramenée au stator.

**A.1.** Quel est le nombre $p$ de paires de pôles de cette machine ?

**A.2.** Calculer la valeur du glissement nominal $g_n$.

**A.3.** à vide, la vitesse du moteur est proche de la vitesse de synchronisme, et il absorbe une puissance active de $\mathbf{P_0 = 1{,}4\ kW}$ et un courant de $\mathbf{I_0 = 4{,}4\ A}$.

**A.3.1.** À quoi se ramène alors le schéma équivalent de la machine ?

**A.3.2.** Calculer la puissance réactive $\mathbf{Q_0}$ absorbée à vide.



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 4/16

**A.3.3.** Déterminer alors les valeurs de $R_f$ et $Lm$.

**A.4.** Pour le point de fonctionnement nominal on demande de :

**A.4.1.** Calculer les valeurs des puissances active $P_{abs}$ et réactive $Q_{abs}$ consommées par le moteur.

**A.4.2.** En déduire la valeur de la puissance apparente $S_2'$ de la maille parcourue par $I_2'$.

**A.4.3.** Calculer la valeur $I_2'$.

**A.4.4.** En admettant que Les pertes fer et les pertes mécaniques sont identiques. Calculer la puissance transmise au rotor $P_{tr}$ .

**A.4.5.** Calculer les pertes joule $P_{jr}$ dans le rotor. En déduire la valeur de la résistance $R_2'$.

**A.4.6.** Sachant que $P_{abs} = P_{fer} + P_{R1} + P_{tr}$, déterminer alors la valeur de la résistance $R_1$.

**A.4.7.** Calculer la valeur de l'inductance $L$.

**A.5.** Donner l'expression littérale du courant $I_2'$ en fonction de $V$ et des grandeurs du schéma équivalent.

**A.6.** Sachant que la puissance électromagnétique transmise au rotor est dissipée dans la résistance ($R_2'/g$), montrer que l'expression du couple électromagnétique peut s'écrire :

$$C_{em} = \frac{3pV^2}{2\pi f} \frac{gR_2'}{(gR_1+R_2')^2+(gL\omega)^2}.$$

**A.7.** Vérifier que pour un glissement $g$ est proche de zéro, l'expression du couple électromagnétique devient : $C_{em} \approx \frac{3p}{2\pi} \frac{V^2}{f^2} \frac{gf}{R_2'}$

## Partie B : Étude du système de variation de vitesse du moteur M1

Pour garantir un fonctionnement à coulpe constant dans la plage de variation de vitesse de la vis, le moteur est alimenté par un onduleur à modulation de largeur d'impulsion (MLI) à rapport V/f=constant. Un redresseur PD3 alimente l'ensemble à travers un filtre LC.

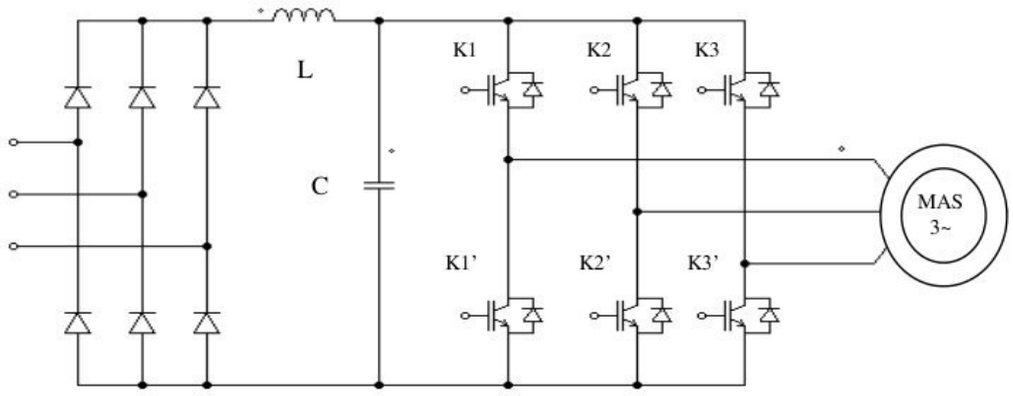



***Figure 4** : Alimentation du Moteur* $M_1$



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 5/16

Le moteur fonctionne à couple constant égal à 150 Nm jusqu'à 1500tr/min, puis à puissance constante.

**B.1.** Quelle est la puissance mécanique maximale $P_{umax}$ à développer par le moteur ?

**B.2.** Calculer le rapport $\mathbf{k_r}$ de réduction du réducteur nécessaire pour faire correspondre la vitesse de 1500tr/min du moteur à la vitesse de rotation maximale de 100tr/min de la vis.

**B.3.** La figure (5) représente le réseau des zones utiles de la caractéristique mécanique pour des fréquences différentes. On donne : $V/f = 4.6\ v/Hz$

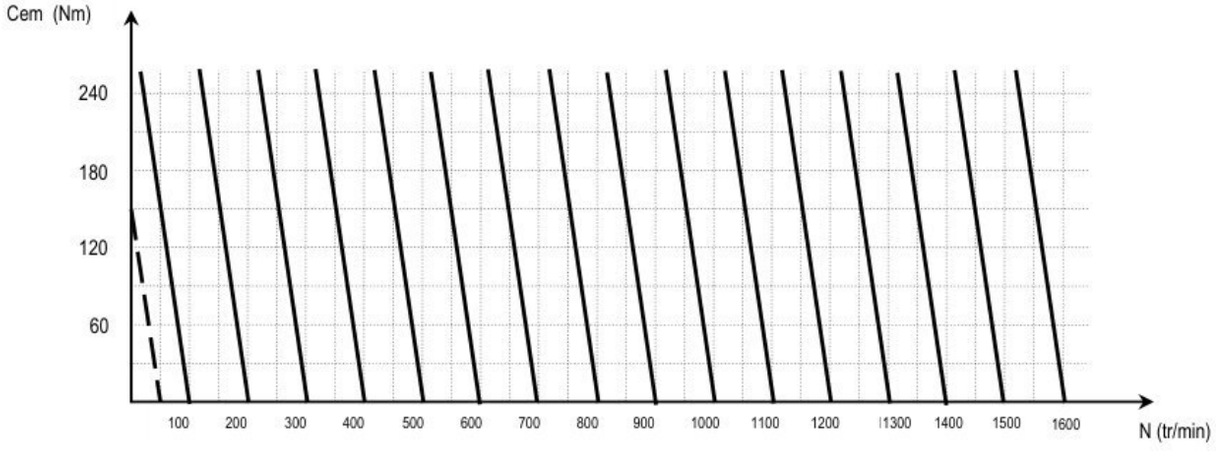



***Figure 5* : réseau des zones utiles de la caractéristique mécanique**

**B.3.1.** Pour avoir un point de fonctionnement du moteur de $P_{f0}(1500tr/min, 150Nm)$, que doit être la vitesse de synchronisme $N_{s0}$? En déduire la valeur de la fréquence $f_0$ de la tension délivrée par l'onduleur.

**B.3.2.** En utilisant le graphe de la figure (5), **recopier** sur votre copie et compléter alors le tableau ci-dessous indiquant, pour un point de fonctionnement donné, les valeurs de la vitesse de synchronisme **Ns**, la fréquence **f** et la valeur efficace **V** de la tension délivrées par l'onduleur.

| **Points de Fonctionnement** | **Vitesse de Synchronisme (tr/min)** | **Fréquence de la tension ondulée (Hz)** | **Valeur efficace de la tension ondulée (v)** |
|---|---|---|---|
| $P_{f1}$(1200tr/min, 150Nm) | $N_{s1}$=1250 | $f_1$= …….. | $V_1$= …….. |
| $P_{f2}$(……..tr/min, 150Nm) | $N_{s2}$=…….. | $f_2$= 30 | $V_2$= …….. |
| $P_{f3}$(……..tr/min, 90Nm) | $N_{s3}$=650 | $f_3$=…….. | $V_3$= …….. |
| $P_{f4}$(……..tr/min, 90Nm) | $N_{s1}$=…….. | $f_4$= …….. | $V_4$= 161 |



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 6/16

**B.3.3.** On désire faire démarrer le moteur avec un couple de 150Nm, quelle doit être la valeur minimale $\mathbf{f_{min}}$ de la fréquence délivrée par l'onduleur? En déduire la valeur de la tension $\mathbf{V_{min}}$ correspondante. Cette valeur est-elle suffisante pour faire démarrer le Moteur ?

**B.3.4.** La figure (6) représente l'allure de la loi de commande de l'onduleur $\mathbf{V} = \boldsymbol{f}(\mathbf{f})$. Justifier sa forme en basses et en hautes fréquences.

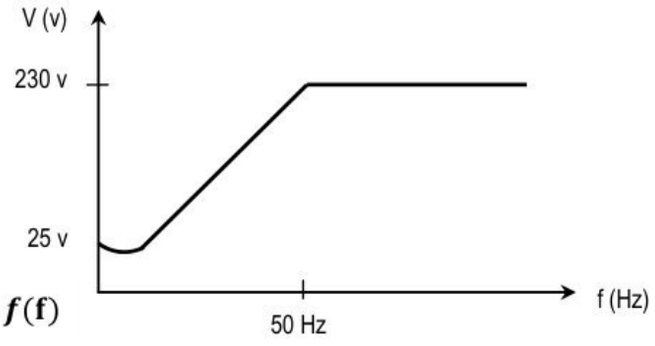



***Figure 6** : loi de commande de l'onduleur* $\mathbf{V} = \boldsymbol{f}(\mathbf{f})$

## Partie C : Étude de la régulation de température de zone

Dans cette partie on s'intéresse à la régulation de la température des fourreaux, plus exactement à la zone n°2. Le chauffage est obtenu par des résistances chauffantes alimentées par des gradateurs à thyristors. La mesure de la température effectuée dans chaque zone par thermocouple. Le refroidissement est assuré par la circulation d'un fluide.

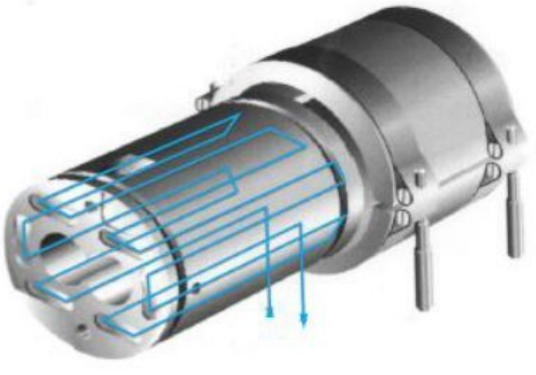


***Figure 7** : Resistances de Chauffage des colliers*

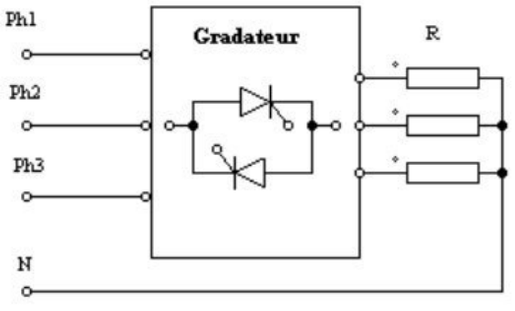



***Figure 8** : Gradateur triphasé à thyristor*



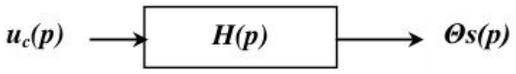
wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 7/16

On admet que l'ensemble des dispositifs (collier, gradateur, Résistances chauffantes et capteur de température) peut être modélisé par la fonction de transfert suivante :

$$H(p) = \frac{\theta s(p)}{uc(p)} = \frac{Ke^{-\tau p}}{1+Tp}$$

- $K = 10$ gain statique,
- $\tau = 30s$ retard pur en secondes,
- $T = 240s$ constante du temps en secondes




Le dispositif de régulation de la température est inséré dans une boucle à retour unitaire :

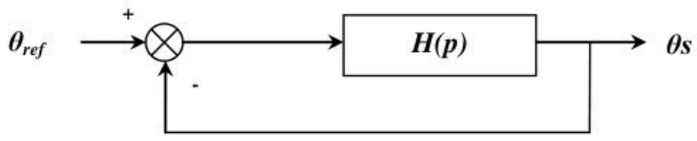



***Figure 9* : boucle de régulation de température**

**C.1.** Donner l'expression du module et de la phase de $H(j\omega)$ en régime harmonique.

**C.2.** Tracer l'allure de la représentation de $H(j\omega)$ dans le plan de Nyquist. Le système est il absolument stable en boucle fermé ?

**C.3.** Vérifier qu'à la pulsation $\omega = 0.055\ rad/s$ ; $\mathbf{Arg(H(j\omega))} \approx -\boldsymbol{\pi}\ \mathbf{rad}$. En déduire la marge de gain en dB? Cette valeur est-elle suffisante pour préserver la stabilité du système ?

**C.4.** Calculer la valeur de l'erreur statique pour une entrée en échelon $\theta_{ref}(p)=5/p$. Que doit-on faire pour la réduire davantage ou l'annuler ?

**C.5.** Pour améliorer les performances du dispositif, un correcteur PID série est inséré dans la boucle de régulation de fonction de transfert $C(p) = K_c \frac{1+T_i p}{T_i p}(1 + T_d p)$

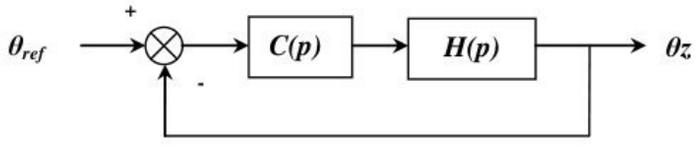



***Figure 10* : boucle de régulation de température avec correction**



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 8/16

On règle les paramètres du correcteur comme suit :

- la constante d'intégration à la valeur : $T_i = T$.
- la constante de dérivation à la valeur : $T_d = \frac{T}{3}$

**C.5.1.** Donner la nouvelle Fonction de Transfert en Boucle Ouverte.

**C.5.2.** Que devient la nouvelle valeur de l'erreur statique ? Justifier votre réponse.

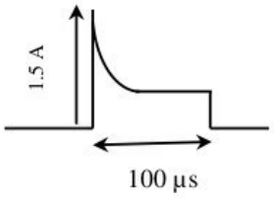
**C.5.3.** Vérifier qu'à la pulsation $\omega_\pi = 0.101 rad/s$ $\mathbf{Arg(C(j\omega)H(j\omega))} \approx -\boldsymbol{\pi}$ **rad**.

**C.5.4.** Quelle valeur faut t-il donner à $K_c$ pour avoir une marge de gain de 6dB ?

## Partie D : Étude du circuit de commande du gradateur de chauffage des colliers

Dans cette partie on étudie le principe de la commande à la fermeture des thyristors. On doit générer des impulsions synchronisées avec le réseau avec un angle de retard à l'amorçage de ψ. La tension du réseau est : $u(t) = 230\sqrt{2}\, sin 2\pi f t$, de fréquence $f = 50Hz$. On cherche à réaliser des impulsions de courant ayant la forme indiquée par la figure 11, décalables par rapport à la tension $u(t)$ à l'aide d'un potentiomètre RP. Ces impulsions sont destinées à exciter la gâchette d'un thyristor à travers un transformateur d'impulsion de rapport de transformation égale à 1.

***Figure 11** : Allure du courant désiré de gâchette*




Par souci de clarté, on étudie séparément chaque montage élémentaire. La figure (12) montre le schéma synoptique du montage :

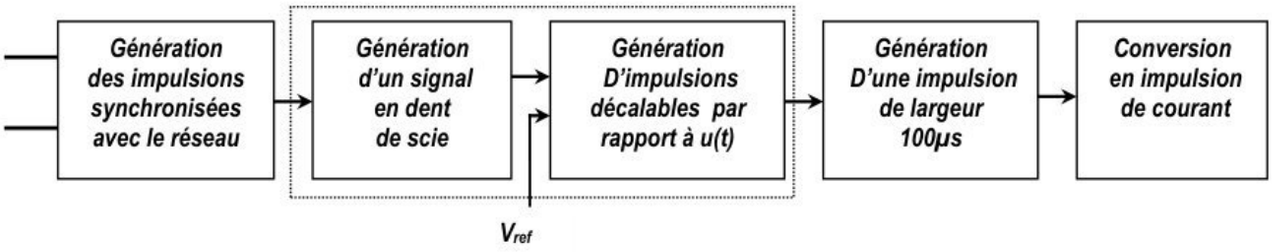



***Figure 12** : Schéma bloc des étages du montage*

### D.1. Génération des impulsions synchronisées avec le réseau

La figure (13) représente le circuit de génération d'impulsions synchronisées avec le réseau. La tension de seuil des diodes D1 et D2 est $V_{seuil}$=0.6V. Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits et sont alimentés sous une tension symétrique +Vcc=+15V et –Vcc=-15V.



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 9/16

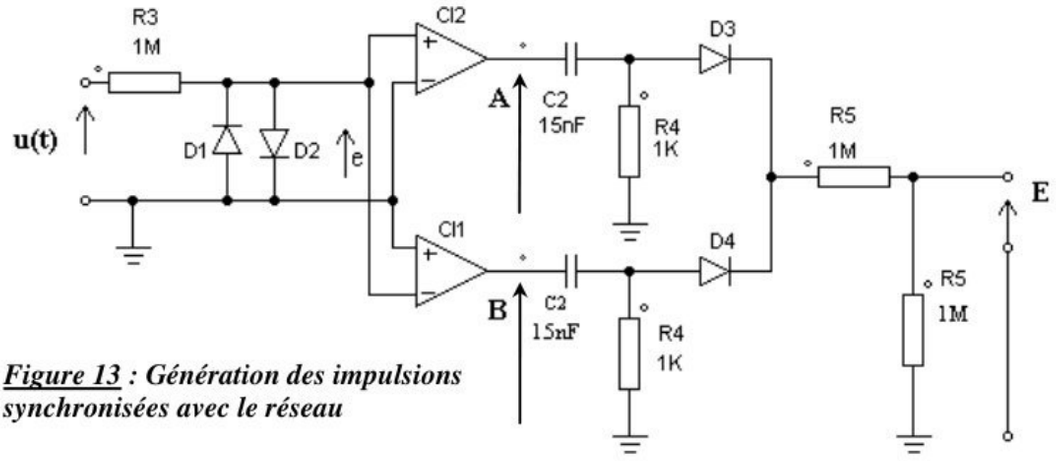



***Figure 13** : Génération des impulsions synchronisées avec le réseau*

**D.1.1.** Sur **le document réponse 1**, on donne l'allure des tensions **u(t)** et **e(t)**, compléter le tracer des signaux $\mathbf{V_A(t)}$ au point A et $\mathbf{V_B(t)}$ au point B.

**D.1.2.** Quel est le rôle les diodes D1 et D2 ?

**D.1.3.** Les couples (C2, R4) réalisent une fonction de dérivateur, les diodes D3 et D4 sont supposées parfaites. Donner l'expression du signal $\mathbf{V_E(t)}$ au point E en fonction de **Vcc**, **C2**, **R4** et de **t**.

**D.1.4.** Tracer l'allure de $\mathbf{V_E(t)}$ sur **le document réponse 1**.

**D.1.5.** Calculer la largeur $\Delta t$ des impulsions générées, sachant qu'elle vaut 3 fois la constante du temps des circuits dérivateurs.

### D.2. Générations du signal en dents de scie et d'impulsion retardée

Les impulsions de synchronisation générées au point E sont utilisées pour décharger brutalement et périodiquement le condensateur C3 à travers le transistor T1 du montage de la figure (4).

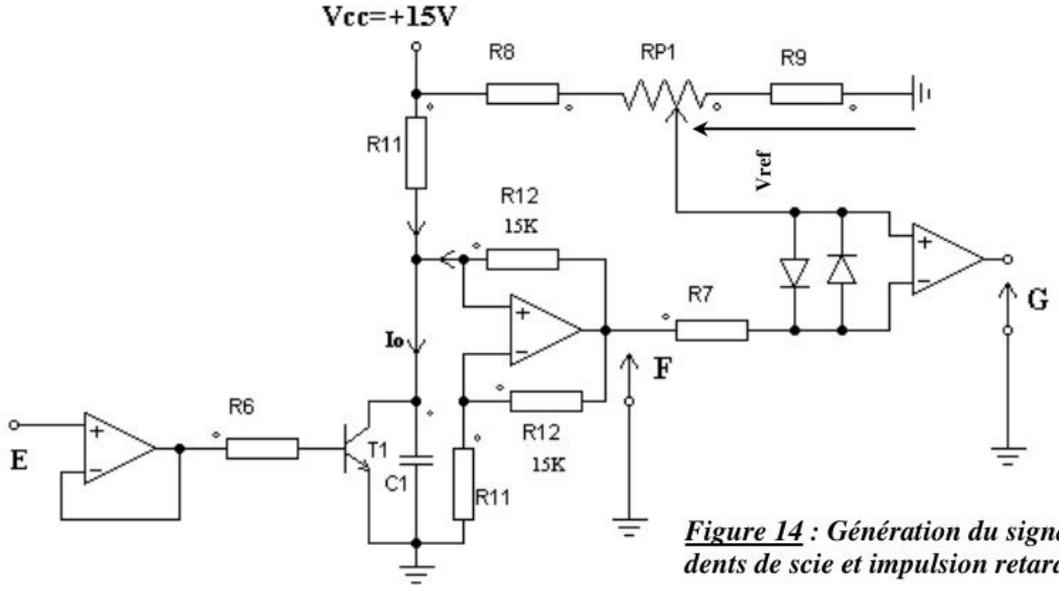



***Figure 14** : Génération du signal en dents de scie et impulsion retardé*



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 10/16

On donne :

$C_1 = 0.1\mu F;\ R_6 = 14.1K\Omega;\ R_{12} = 15K\Omega;\ R_7 = 10K\Omega;\ R_8 = 5K\Omega;\ R_9 = 1K\Omega;\ RP_1 = 9K\Omega;$

À chaque demi-période le Transistor T1 conduit pendant Δt pour décharger le condensateur C1.

**D.2.1.** Quand le transistor T1 est bloqué (VE(t)=0), monter que le condensateur C1 se charge à courant constant $I_0 = \frac{V_{cc}}{R_{11}}$ et calculer R11 pour avoir $I_0 = 0.1\text{mA}$

**D.2.2.** Donner l'expression de la tension Vc(t) aux bornes du condensateur C1et calculer sa valeur à la fin de chaque demi-période (T/2=10ms).

**D.2.3.** Montrer que l'expression de la tension $V_F(t)$ est : $\mathbf{V_F(t) = 1100t}$.

**D.2.4.** Tracer, sur le document réponse 2 l'allure de la tension $V_F(t)$.

**D.2.5.** Tracer sur le document réponse 2 l'allure de la tension $V_G(t)$ pour une tension de référence de $V_{ref}$ =6v.

**D.2.6.** Pour $V_{ref}$ =6v, quel sera la valeur de l'angle ψ de retard à l'amorçage (en degré) du thyristor.

### D.3. Génération d'impulsions de largeur de 100µs

Pour générer l'impulsion désirée on utilise le monostable MM 74C 221. C'est un double monostable en technologie CMOS. Un extrait du document constructeur est donné en ***Annexe 1***.

L'impulsion générée est de largeur T (fonction uniquement des composants extérieurs $C_{ext}$ et $R_{ext}$) et de hauteur $+V_{CC}$.

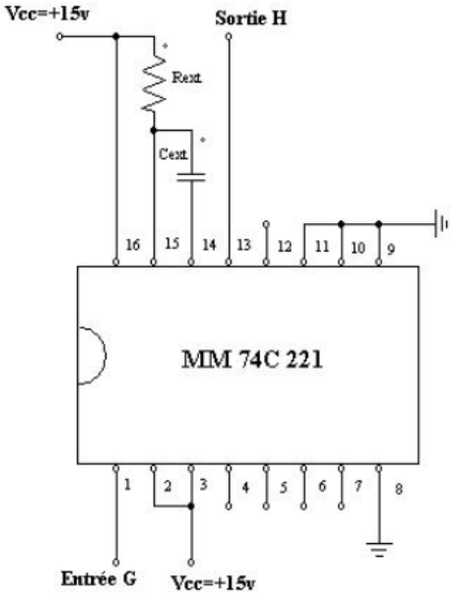



***Figure 15** : Branchement du monostable*



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 11/16

**D.3.1.** Vu le branchement du monostable et d' après la table de vérité du circuit donnée dans l'annexe 1, la sortie H est-elle active sur niveau bas, sur niveau haut, sur font descendant ou sur front montant ?

**D.3.2.** Avec $C_{ext}$=0.01µF, quelle doit être la valeur de $R_{ext}$ pour obtenir la largeur de l'impulsion de T=100µs ?

**D.3.3.** Tracer l'allure du signal H(t) sur le document réponse 2.

### D.4. Conversion en impulsions de courant

Le transformateur d'impulsion utilisé est de référence IT312. Le constructeur indique qu'il possède une surface ***tension*temps :*** $V_0\tau = 1200\mu s$ et un rapport de transformation unitaire.

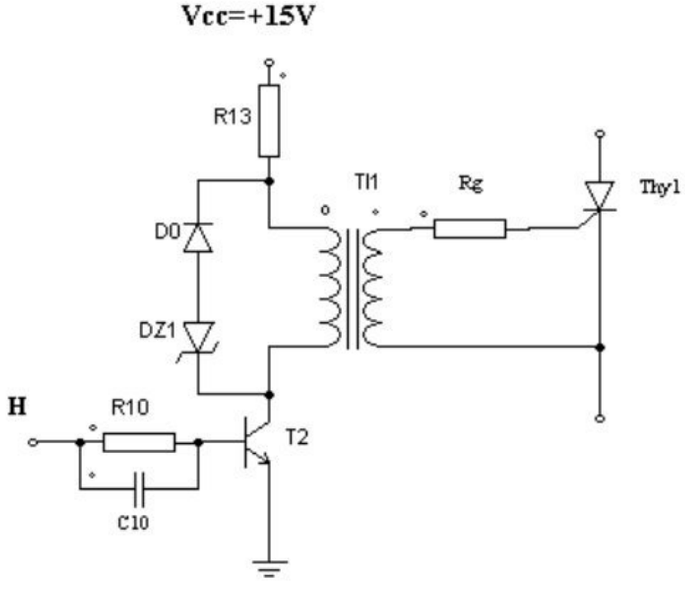



***Figure 16**: Montage d'attaque du Thyristor*

**D.4.1.** Quel est le rôle dans ce montage du transformateur d'impulsion ?

**D.4.2.** On suppose que lorsque le transistor T2 est saturé ($V_{CE}$=0), le courant le courant moyen est de 1A. Quelle doit être la valeur de $R_{13}$ pour que la tension $V_p$ aux bornes du primaire ne dépasse pas 10V ?

**D.4.3.** Avec une tension au primaire de $V_p$=10V, vérifier que l'état du circuit magnétique reste loin de la saturation.

**D.4.4.** Quels sont les rôles des éléments suivants : D0 et Dz ?

**D.4.5.** Quelle est la tension Zener Vz que doit avoir la diode Dz pour que la démagnétisation du TI se fasse aussi dans une durée de 100µs ?



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 12/16

## Annexe 1

# MM74C221
# Dual Monostable Multivibrator

## General Description

The MM74C221 dual monostable multivibrator is a monolithic complementary MOS integrated circuit. Each multivibrator features a negative-transition-triggered input and a positive-transition-triggered input, either of which can be used as an inhibit input, and a clear input.

Once fired, the output pulses are independent of further transitions of the A and B inputs and are a function of the external timing components $C_{EXT}$ and $R_{EXT}$. The pulse width is stable over a wide range of temperature and $V_{CC}$.

Pulse stability will be limited by the accuracy of external timing components. The pulse width is approximately defined by the relationship $t_{W(OUT)} \approx C_{EXT} R_{EXT}$. For further information and applications, see AN-138.

## Features

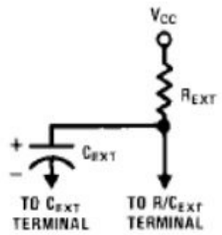
- Wide supply voltage range: 4.5V to 15V
- Guaranteed noise margin: 1.0V
- High noise immunity: 0.45 $V_{CC}$ (typ.)
- Low power TTL compatibility: fan out of 2 driving 74L

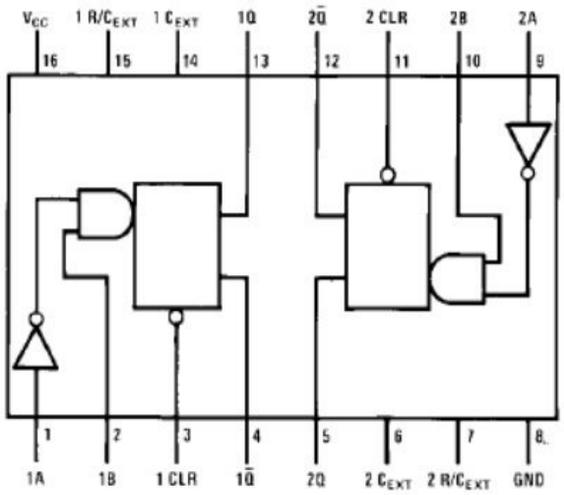
## Ordering Code:

| Order Number | Package Number | Package Description |
|---|---|---|
| 74MMC221N | N16E | 16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide |

## Connection Diagrams

**Timing Component**




## Truth Table

| Inputs | | | Outputs | |
|---|---|---|---|---|
| Clear | A | B | Q | $\overline{Q}$ |
| L | X | X | L | H |
| X | H | X | L | H |
| X | X | L | L | H |
| H | L | ↑ | ⎍ | ⎓ |
| H | ↓ | H | ⎍ | ⎓ |

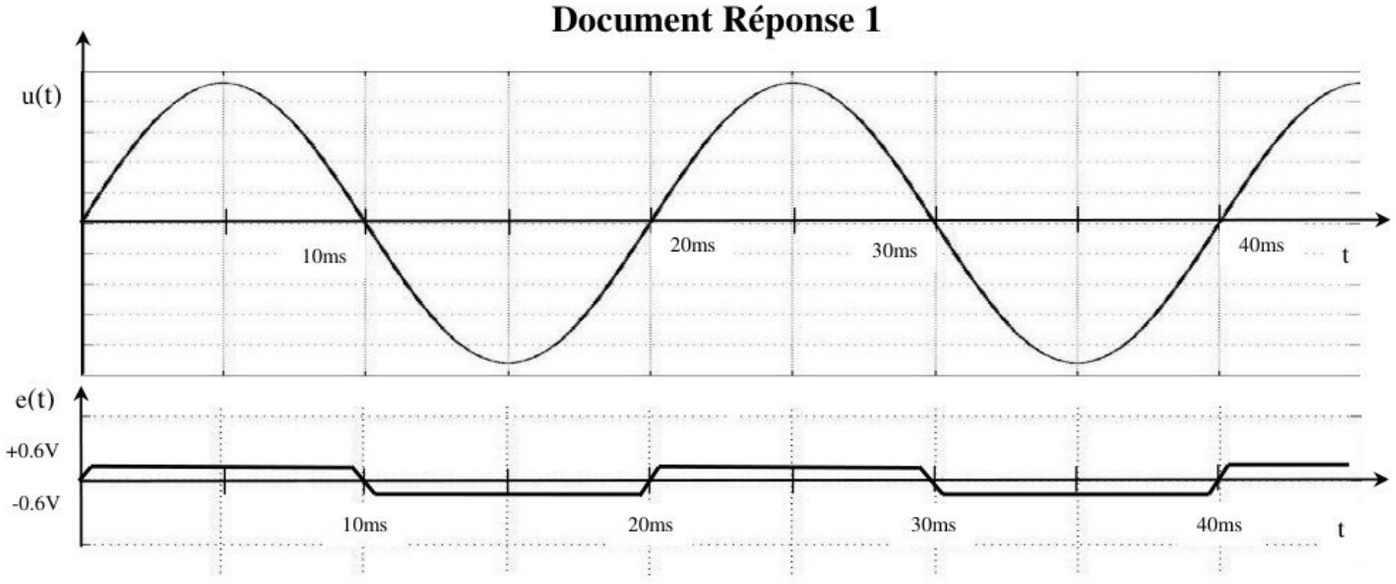
H = HIGH Level
L = LOW Level
X= Irrelevant
↑ = Transition from LOW-to-HIGH
↓ = Transition from HIGH-to-LOW
⎍ = One HIGH Level Pulse
⎓ = One LOW Level Pulse



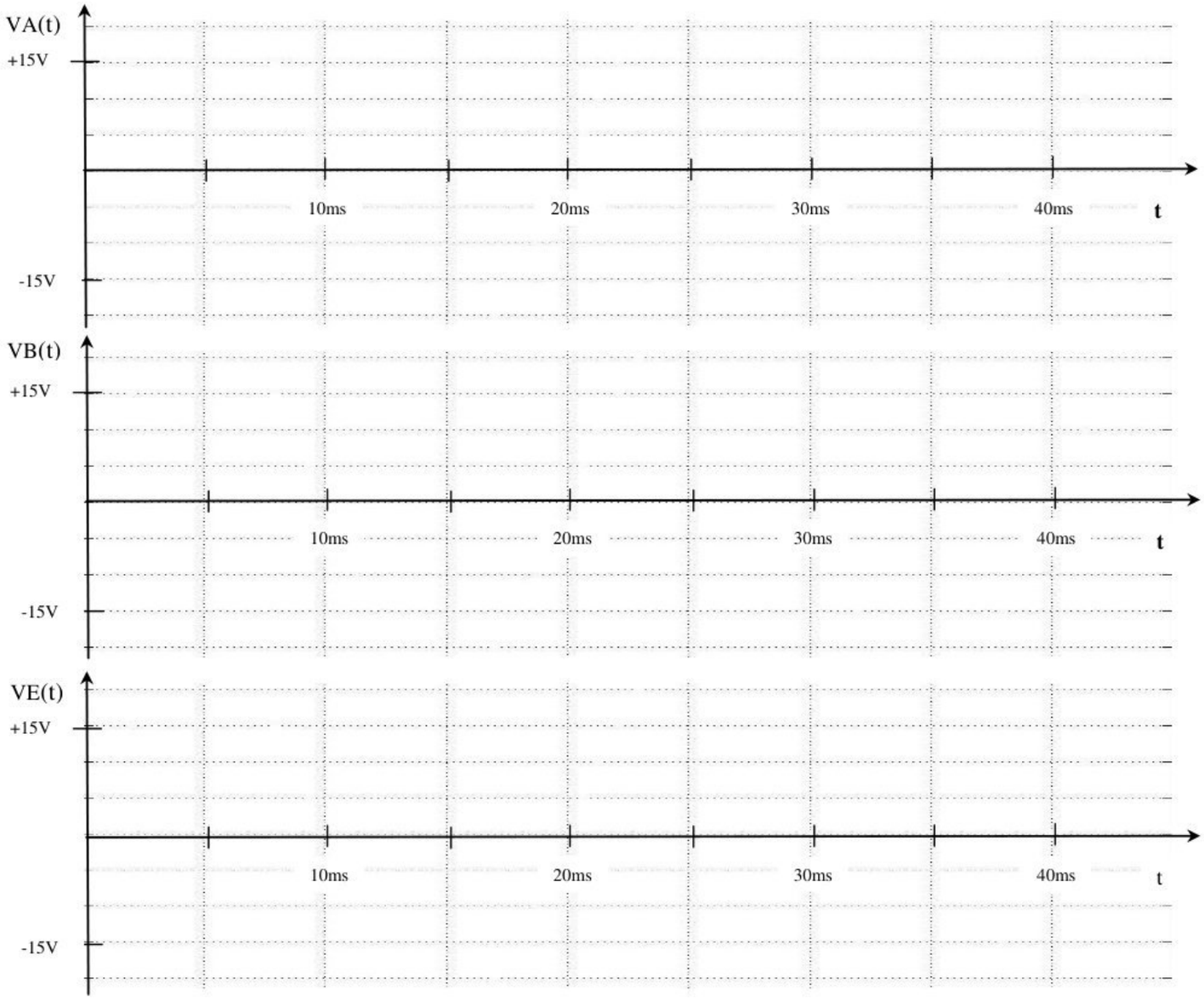
wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 13/16

## Document Réponse 1




**Questions : D.1.1. et D.1.3.**



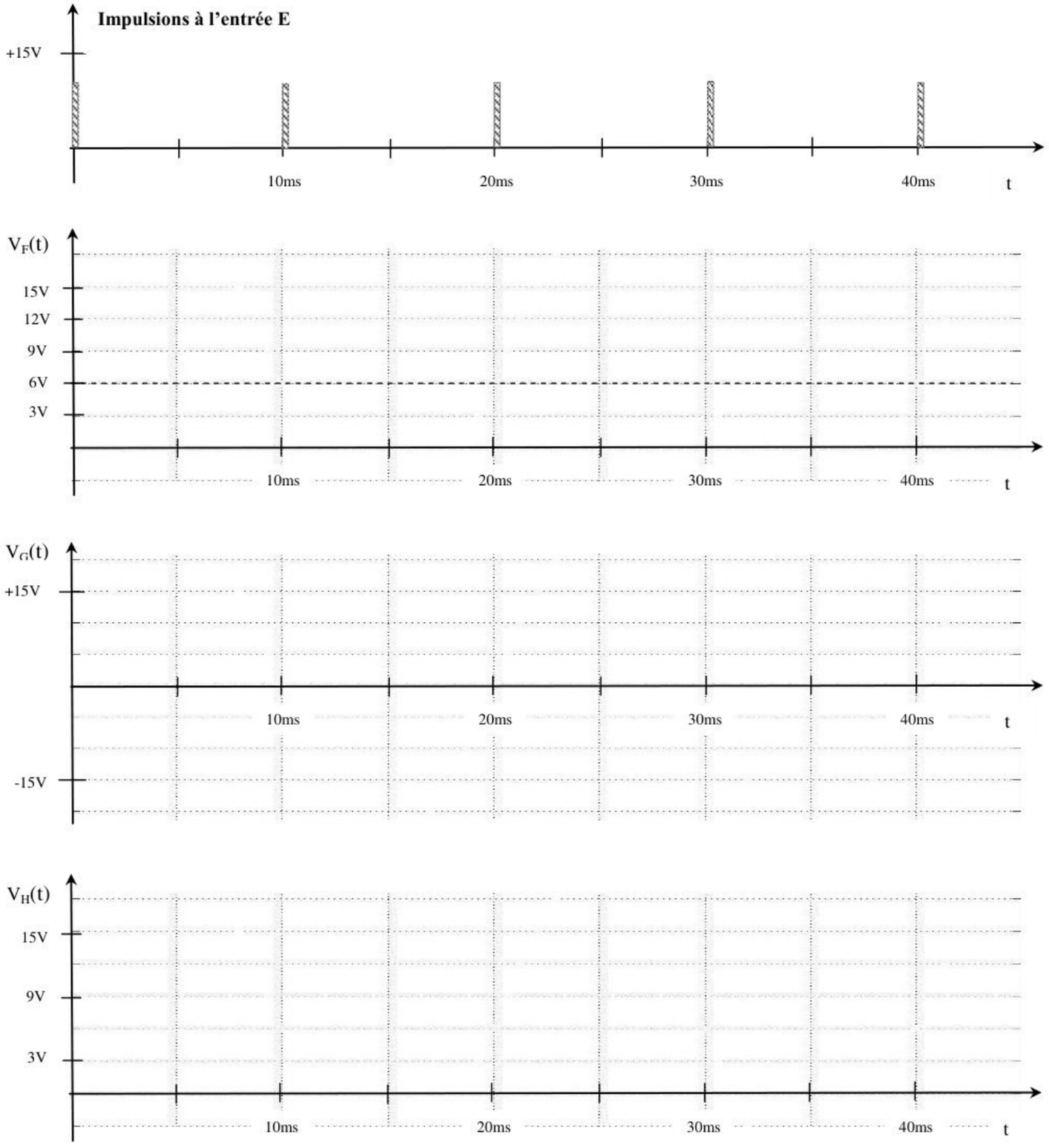



wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 14/16

# Document Réponse 2

**Questions : D.2.3. ; D.2.4. et D.3.3.**






wadifa-info.com نماذج المباريات من موقع وظيفة إنفو

Source: www.wadifa-info.com/fr/modele-concours/1776 - Wadifa Info - page 15/16

# 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