Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2009, filière TSI

Technologies et sciences industrielles : génie électrique

Durée : 3 heures

Ce que traite le sujet

- Partie 1 : étude du pont redresseur PD2
- Partie 2 : étude de la MCC
- Partie 3 : étude du générateur d'angle de retard à l'amorçage
- Partie 4 : étude de l'asservissement de la vitesse de la MCC

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2009/genie-electrique

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

Projet électrique
(Temps conseillé 3h)

Pour assurer la fonction de découpe à la volée dans une ligne de fabrication de panneaux de particules de bois, il est nécessaire d'asservir la vitesse d'avance du moteur de la scie circulaire à celle du bois à découper. Cette scie est montée sur une unité verticale actionnée par un vérin pneumatique, elle-même montée sur unité horizontale mue par une courroie crantée entraînée par un moteur électrique.

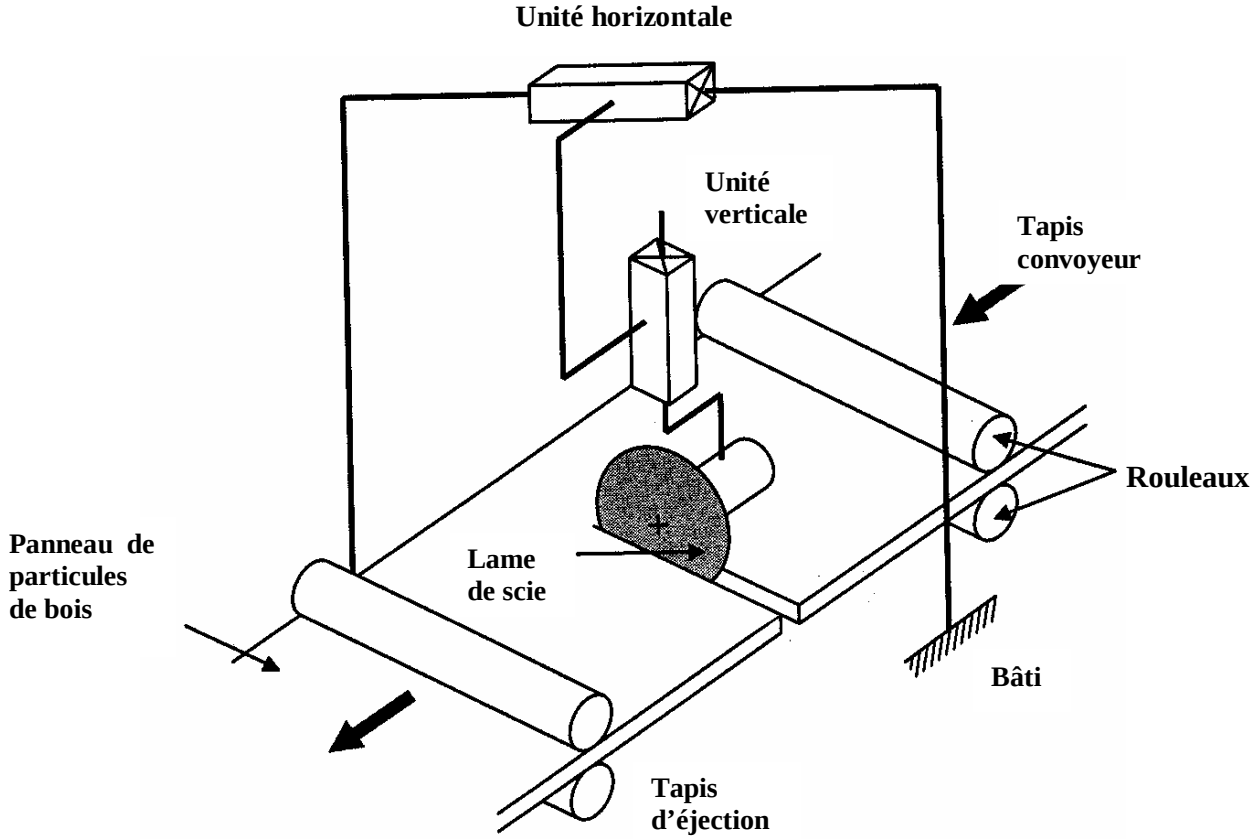


Figure 1

Ce moteur à courant continu est alimentée par un redresseur commandé et placé dans une boucle d'asservissement.

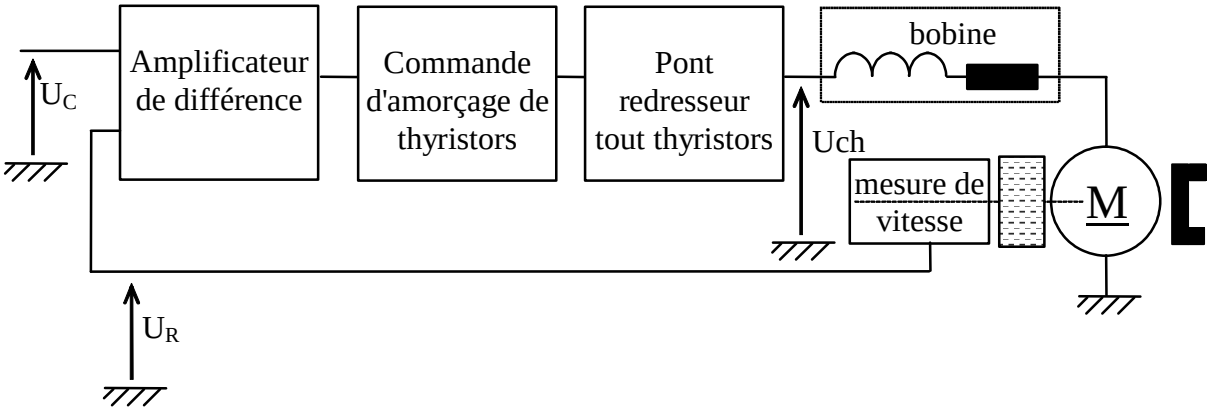


Figure 2

Le redresseur commandé est un PD2 tout thyristor, la variation de la vitesse se fera en modifiant l'angle ψ de retard à l'amorçage des thyristors.

Le sujet est composé de quatre parties qui peuvent être traitées de façon indépendante.

Partie 1 : Etude du pont redresseur PD2 :

Afin de régler la tension aux bornes de l'induit du moteur à courant continu, on utilise un pont PD2 tout thyristors (Figure 3). Le moteur travaille à flux constant.
La commutation des thyristors est supposée instantanée. Le courant de sortie est supposé constant et les thyristors parfaits.
Les impulsions d'amorçage sont appliquées respectivement aux angles :

- $\theta = \psi + 2k\pi$ pour Th1 et Th3.
- $\theta = \psi + \pi + 2k\pi$ pour Th2 et Th4.

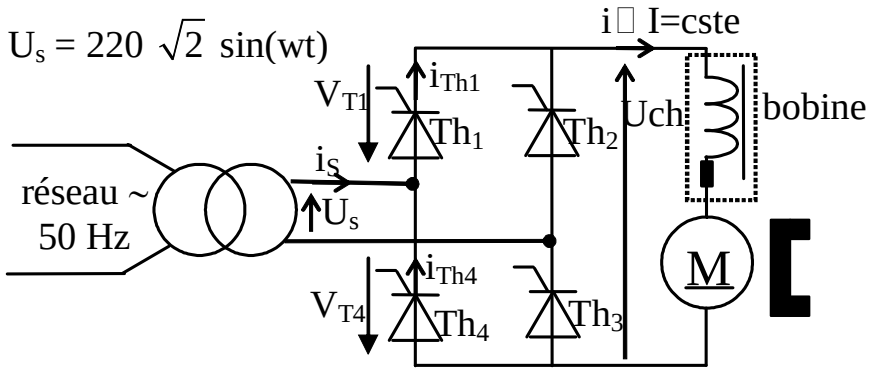


Figure 3

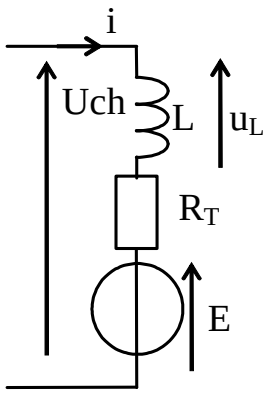


Figure 4

1.1. Pour un angle de retard à l'amorçage $\psi < 90°$ et $\psi > 90°$, donner l'allure de la tension redressée Uch (t), de la tension $V_{T4}(t)$ (tension aux bornes du thyristor Th_4), du courant $i_{Th1}(t)$ et du courant $i_S(t)$ (courant du secondaire du transformateur).

1.2. Calculer en fonction de I les valeurs efficace et moyenne du :

- Courant traversant Th_1, (i_{Th1}).
- Courant secondaire du transformateur i_S.

1.3. Calculer Uch_{moy} la valeur moyenne de la tension redressée en fonction de l'angle de retard à l'amorçage ψ.

1.4. Indiquer le type de fonctionnement du pont redresseur et de la machine à courant continu pour $0 < \psi < 180°$. Justifier la réponse.

1.5. Pour $\psi < 90°$, déterminer l'expression du facteur de puissance noté λ au secondaire du transformateur en fonction ψ.

1.6. On note E la fém du moteur, R_T la résistance totale du circuit de charge du pont redresseur et L l'inductance totale de l'ensemble moteur et bobine (Figure 4).
On donne $R_T = 2{,}1\ \Omega$. Pour $i_{moy} = 20{,}6$ A et E = 125,9 V, calculer la valeur de l'angle d'amorçage ψ.

1.7. Quelle solution peut-on proposer pour avoir le fonctionnement de la machine à courant continu dans les quatre quadrants? Puis donner la condition du bon fonctionnement du montage proposé.

Partie 2 : Etude de la MCC :

Caractéristiques nominales données par le constructeur :

Puissance nominale	8,5 kw
Vitesse nominale	1500 tr/min
Tension nominale	270 v
Courant nominale	35 A
Résistance de l'induit	0,52 Ω

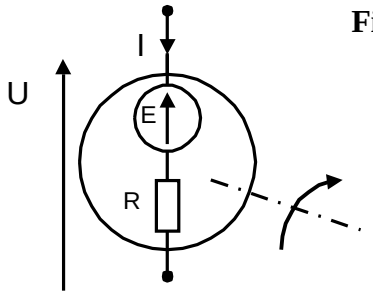


Figure 5

Le moteur est à excitation séparée à aimant permanent.

2.1. Pour le fonctionnement nominal, Déterminer :

2.1.1. La puissance P_a absorbée par l'induit.

2.1.2. Le couple électromagnétique T_{em}.

2.1.3. Le couple de pertes (magnétique et mécanique) de moment T_p.

Par la suite le couple de pertes sera supposé constant, de valeur 2 N.m.

2.2. Calculer le courant absorbé par l'induit à vide.

2.3. Déterminer l'intensité I du courant dans l'induit puis la tension U à ses bornes pour obtenir en marche Moteur à la fréquence de rotation n = 750 tr/min, un couple sur l'arbre Tu = 31 N.m.

Partie 3 : Etude du générateur d'angle de retard à l'amorçage :

Le schéma synoptique est donné à la figure 6. Pour que les thyristors du pont PD2 conduisent, il faut que le potentiel d'anode A soit supérieur à celui de la cathode K et qu'une tension V_{Gk} soit appliquée entre l'entrée de gâchette G et la cathode, sous forme d'un train d'impulsions positives.

Cette partie est consacrée à l'obtention de ce train d'impulsions et sa synchronisation sur la tension du réseau.

- Tous les amplificateurs intégrés du générateur d'impulsions de l'annexe 1, seront considérés comme parfaits et alimentés sous des tensions symétriques $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$ avec V_{cc} = 15 V. On suppose de plus que leurs tensions de saturation sont égales à $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.
- Les diodes sont considérées parfaites.
- Le schéma interne du circuit intégré 555 est donné en annexe 2.
- La commande des thyristors est synchronisée sur la tension sinusoïdale V_1 (t), de fréquence 50 Hz.

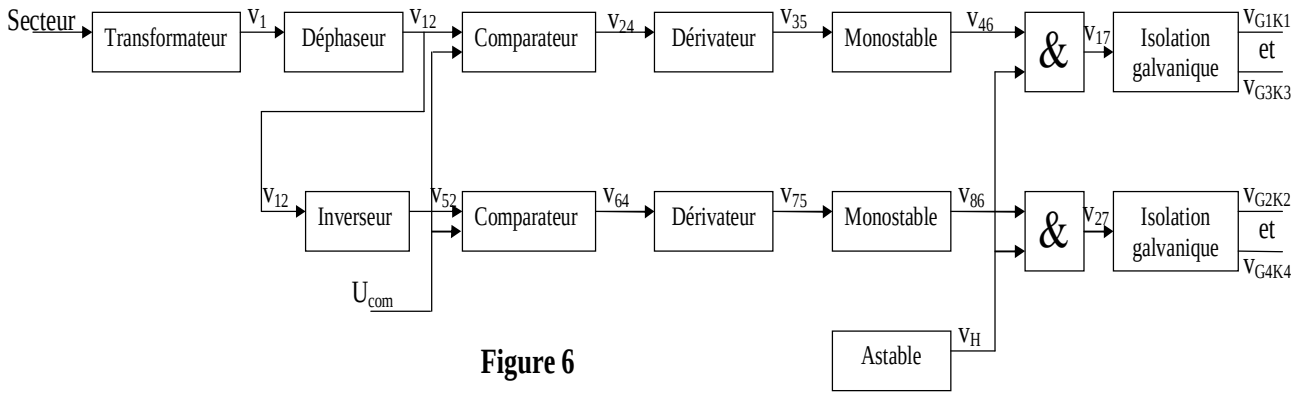


Figure 6

I. Etude du sous ensemble SE1

Le circuit est représenté sur la figure 7. $\underline{V}_1$, $\underline{V}_{12}$ sont les nombres complexes associés respectivement aux tensions sinusoïdales V_1 (t) et V_{12} (t).

$v_1(t) = V_{1max} \sin\omega t$
avec $V_{1max} = 13$ V

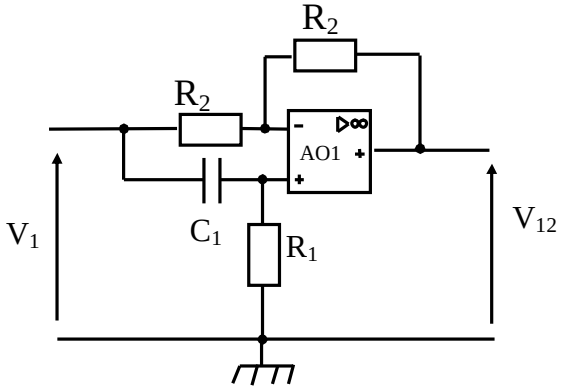


Figure 7

3.1. Déterminer l'expression de l'amplification en tension $\underline{A}_v = \dfrac{\underline{V}_{12}}{\underline{V}_1}$ et la mettre sous la forme de: $\underline{A}_v = + \dfrac{-1 + j\dfrac{f}{f_0}}{1 + j\dfrac{f}{f_0}}$ où l'on exprimera f_0 en fonction de R_1 et C_1.

3.2. Tracer le diagramme de Bode de $\underline{A}_v$ (Module et Argument).

3.3. On donne $R_1 = 47$ kΩ , quelle valeur faut-il donner à C_1 pour que, à la fréquence de la tension de synchronisation V_1 (t), le rapport $\dfrac{f}{f_0}$ soit égal à 1 ?

3.4. Tracer sur le document réponse N° :1, V_{12} (t) , si $\dfrac{f}{f_0} = 1$.

3.5. Quelle fonction réalise ce sous ensemble SE1.

II. Etude des sous ensembles : SE2 et SE6

$R_3 = R_4 = 10$kΩ D_1 parfaite

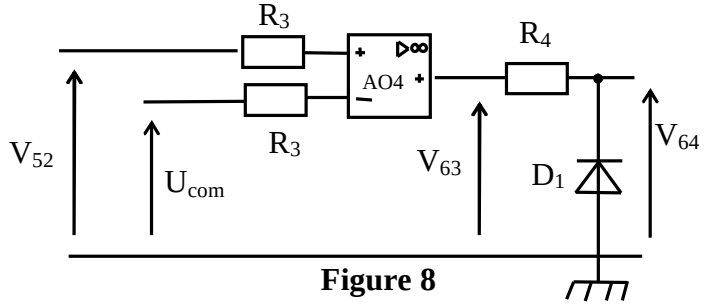


Figure 8

U_{com} est une tension continue constante, avec : $-13 < U_{com} < 13$V.

3.6. Pour $U_{com} = 10$ V, représenter sur le document réponse N° :2 l'allure de V_{64} (t), en concordance des temps avec V_{52} (t). (**On néglige la chute de tension aux bornes de la résistance R_4**)

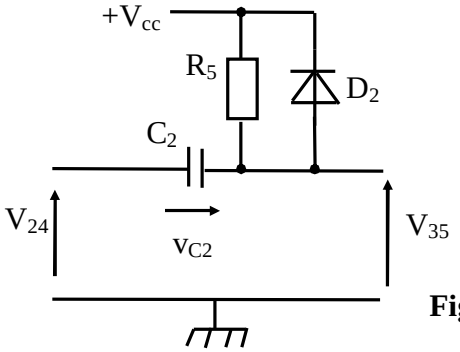
3.7. On note t_1 l'instant positif où, pour la première fois, V_{52} (t) devient supérieur à U_{com} et t_2 l'instant où pour la première fois après t_1, V_{52} (t) devient inférieur à U_{com} ;
On pose $\psi = \omega t_1$; ψ sera l'angle de retard à l'ouverture des thyristors commandés.

Donner une relation entre $\cos\psi$, U_{com} et V_{max}.

3.8. Avec U_{com} = 10 V, V_{max} = 13 V et f = 50 Hz, calculer ψ (en degrés) puis t_1 en secondes.
3.9. Sur le document réponse N° : 1, représenter l'allure de V_{24} (t) pour U_{com} = 10 V.

III. Etude des sous ensembles :SE3 et SE7 :

Entre l'instant t = 0 et l'instant t_3 (instant où v_{24} (t) bascule à 0V) **le condensateur de capacité C_2 n'est pas chargé.**



$R_5 = 10k\Omega$
$C_2 = 10nF$
D_2 parfaite

Figure 9

3.10. Pour $t = t_3^-$ préciser la valeur de la tension V_{24} (t_3^-), et celle de la tension V_{35} (t_3^-).
3.11. À $t = t_3^+$ quelle est la valeur que prend V_{24} ? Que devient alors la valeur de V_{35} (t_3^+) ?
3.12. La diode D_2 intervient-elle dans la phase de charge du condensateur? Que peut-on dire de V_{35} (t) par rapport à v_{C_2} ?
3.13. Quelle solution peut-on proposer d'une part pour isoler le SE2 du SE3 et isoler le SE6 du SE7 d'autre part.
3.14. Etant donné la solution de la question précédente, calculer la constante de temps τ_{ch} de ce circuit de charge du condensateur C_2. On estime qu'à $3\tau_{ch}$ le condensateur est presque totalement chargé.
3.15. Soit t_4 l'instant où V_{12} devient supérieure à U_{com}. À $t = t_4^-$ que valent les tensions V_{24} (t_4^-), V_{35} (t_4^-) et $V_{C_2}(t_4^-)$?
3.16. À $t = t_4$, V_{24} (t) bascule de 0V à Vcc. Quelle serait, s'il n'y avait pas la diode D_2, la tension v_{35} (t_4^+) ?
3.17. Quel est alors l'état de la diode D_2, quel rôle joue-t-elle ? Quelle est la valeur de la tension V_{35} (t) à partir de l'instant t_4^+ ?
3.18. Tracer sur le document réponse N° :1, l'allure de la tension V_{35} (t) en concordance de phase avec V_{24} (t)**.**
3.19. Tracer sur le document réponse N° :2, l'allure de la tension V_{75} (t) en concordance de phase avec V_{64} (t)**.**

IV. Etude des sous ensembles : SE4 et SE8

Quand le transistor **T'**est saturé on néglige sa tension collecteur - émetteur de saturation (voir annexe 2).C_3 est initialement déchargé.

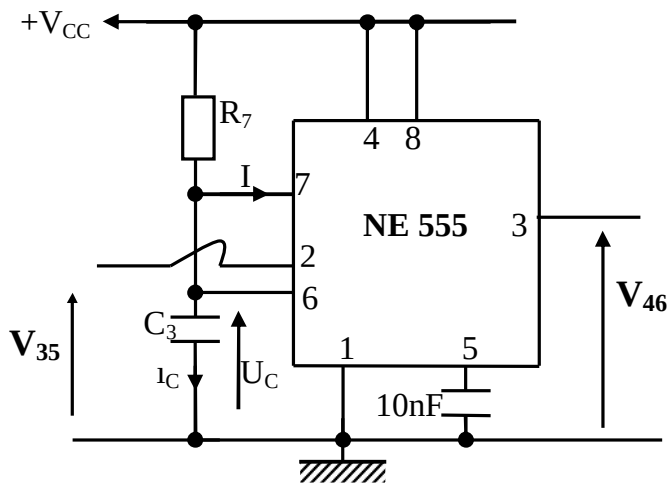


Figure 10

3.20 Dans l'intervalle de temps [0, t_3] la tension V_{46} est nulle et le transistor T'est saturé.

3.20.1. Quels sont les valeurs des tensions **v'** (voir figure c, page 10) et U_C?

3.20.2. Quels sont les états logiques des sorties R et S des comparateurs AO5 et AO6.

3.21. Á t = t_3 : Quelle est la valeur logique de S ? Quelle est celle de la sortie Q ? Quel est l'état de T' ? Que vaut V_{46}? Quelle est l'expression de la constante de temps τ avec laquelle évolue U_C?

3.22. A l'instant t = t_5, U_C prend la valeur $\frac{2}{3}V_{cc}$; pour t > t_5, quel est l'état de T' ? Quelle est la valeur de V_{46}?

On définit θ = t_5 – t_3. Exprimer θ en fonction de R_7 et C_3. Faire l'application numérique.

3.23. Tracer, en concordance de temps avec V_{35} (t), le graphe de V_{46} (t) sur le document réponse N° :1**.**

3.24. Tracer, en concordance de temps avec V_{75} (t), le graphe de V_{86} (t) sur le document réponse N° :2**.**

V. **Elaboration du train d'impulsions**

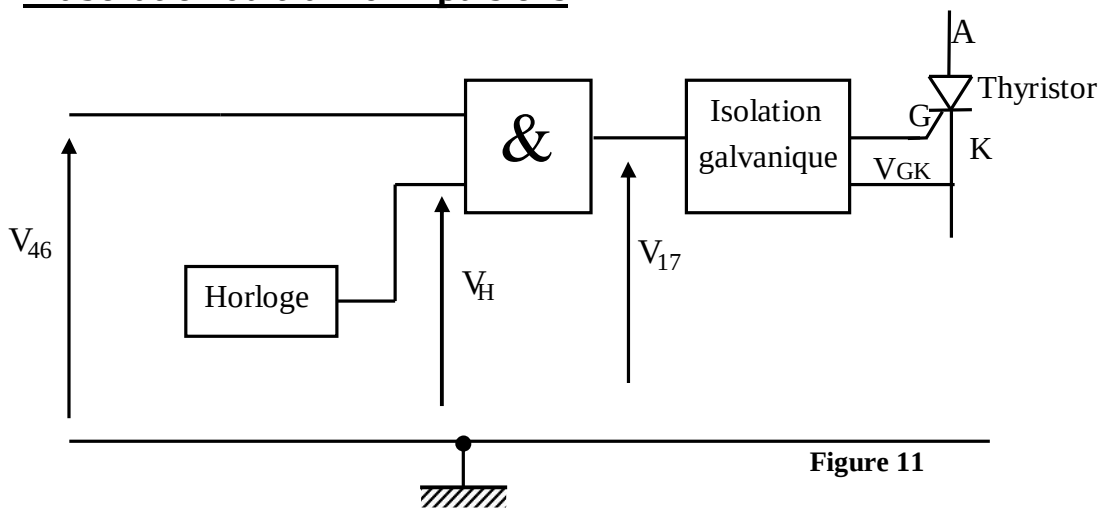


Figure 11

La porte logique reçoit sur une entrée le signal V_{46} (t) et sur l'autre un signal d'horloge à la fréquence 4,6 kHz.

3.25. Donner sur le document réponse N° :1, l'allure du signal de sortie V_{17} (t) de cette porte en concordance de phase avec V_{46} (t).

3.26. Donner sur le document réponse N° :2, l'allure du signal de sortie $V_{27}(t)$ en concordance de phase avec $V_{86}(t)$.

3.27. Quel est le nombre d'impulsions généré.

3.28. Citer deux éléments pouvant réaliser l'isolation galvanique.

Partie 4 : Etude de l'asservissement de la vitesse de la MCC :

Cette partie se rapporte à l'élaboration de l'asservissement de vitesse de la MCC.

I. **Modélisation dynamique de la machine à courant continu** :

Le schéma électrique de l'induit et de la bobine est représenté sur la figure 4 page 2 où Ω est la vitesse angulaire de rotation en $rad.s^{-1}$, E la f.é.m, R_T= 2,1Ω et L=2,6mH respectivement la résistance totale du circuit de charge du pont redresseur et l'inductance totale de l'ensemble moteur et bobine.

4.1. Exprimer Uch(t) en fonction de i(t) et Ω(t). En déduire Uch(p) en fonction de I(p) et Ω(p). (Uch(p), I(p) et Ω(p) sont les transformées de Laplace de Uch(t), i(t) et Ω(t)).
On donne i (0) = 0 et Ω (0) = 0.

4.2. Le moteur à courant continu caractérisé par :

J = 0,5 kg.m² : est le moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur

C_r est le couple résistant.

K = 1,6 Nm/A : constante de fem et de couple.

Le moteur obéit au modèle du schéma - bloc de la figure suivante :

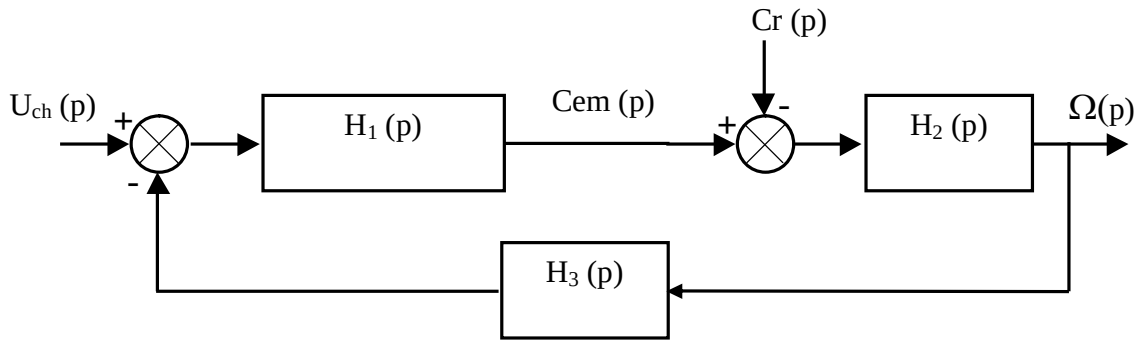


Figure 12

4.2.1. Exprimer le moment du couple électromagnétique Cem (t) du moteur en fonction de l'intensité i (t) du courant d'induit. Puis utiliser ce résultat et le résultat de la question **4.1** pour expliciter H_1 (p), par la suite H_3 (p).

4.2.2. Écrire la relation fondamentale de la dynamique appliquée au rotor de la machine. En déduire H_2 (p).

4.2.3. Si Cr (p) = 0, Exprimer la fonction de transfert symbolique $H_m(p) = \frac{\Omega(p)}{Uch(p)}$ en fonction de H_1 (p), H_2 (p) et H_3 (p). Puis en fonction de J, L, R et k.
Faire l'application numérique.

4.3. Montrer que $H_m(p)$ peut s'écrire : $H_m(p)=\frac{H_0}{(1+\tau_m p)(1+\tau_e p)}$ où H_0, τ_e et τ_m sont des constantes positives qu'on calculera numériquement avec $\tau_e << \tau_m$.

II. Introduction du correcteur PI :

Par suite, Le moteur est incorporé dans la boucle de vitesse simple, représentée par la figure 13. Où Kg représente le gain de la génératrice tachymétrique (TB 203) qui pour une vitesse de 3000 tr/min donne une tension de **15v**.

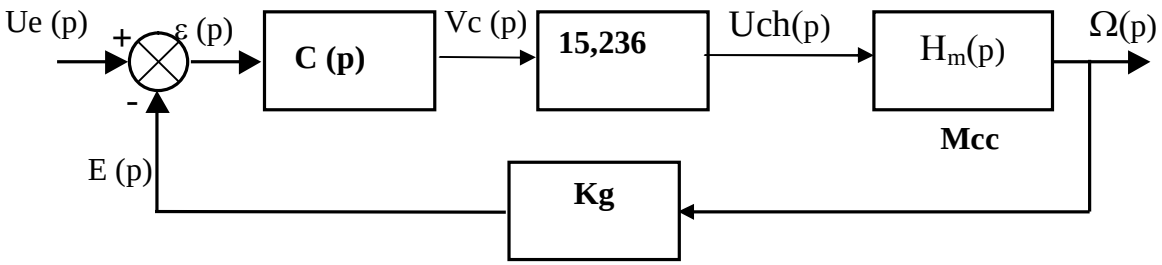


Figure 13

Le correcteur de fonction de transfert $C(p) = A.\left(1+\frac{1}{T_i.p}\right)$, est de type Proportionnel Intégral.

4.4. Proposer un montage réalisant C (p).

4.5. Exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte $H_{BO}(p) = \frac{E(p)}{Ue(p)}$.

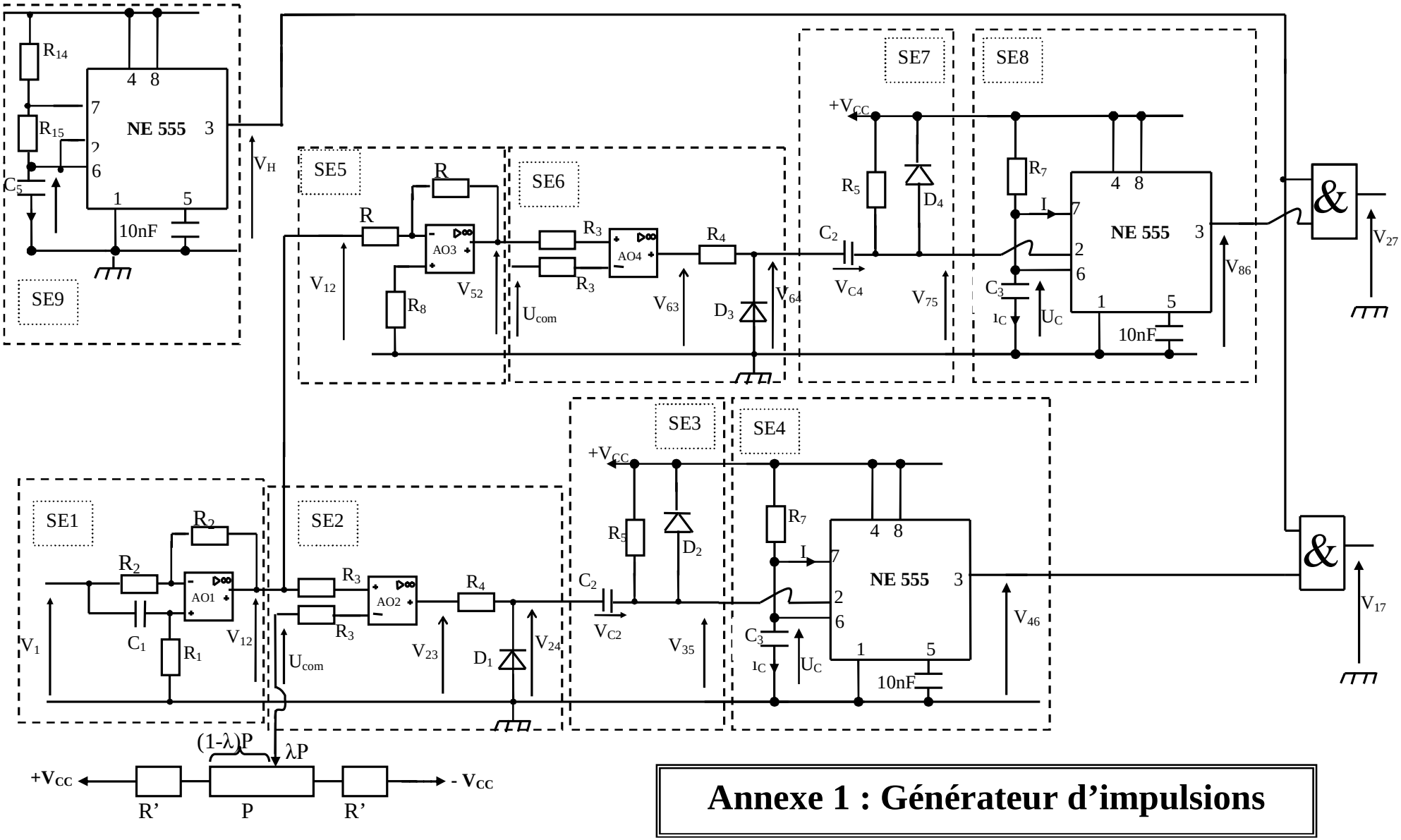
4.6. On souhaite obtenir une compensation du plus petit pôle de la fonction de transfert $H_{BO}(p)$ (sa plus grande «constante de temps ») par le terme introduit au numérateur de C (p).

4.6.1. Quelle est la valeur à donner à Ti pour satisfaire cette compensation.

4.6.2. Donner la nouvelle fonction de transfert en boucle ouverte $H_{BO\,n}(p) = \frac{E(p)}{Ue(p)}$

4.7. Calculer **A** pour avoir une marge de phase de **45°**.

4.8. Sans calcul, dite pourquoi l'erreur de position ε (t) est nulle en régime permanent.



Annexe 1 : Générateur d'impulsions

Annexe 2

N.B : les amplificateurs opérationnels AO5 et AO6 sont alimentés entre +15v et 0v.
On considère que +15v est un niveau logique haut « 1 »
On considère que 0v est un niveau logique bas « 0 »

Clear	R	S	Q
0	x	x	0
1	0	0	mémorisation
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	Interdit

Figure b : Rappel du fonctionnement de la bascule RS

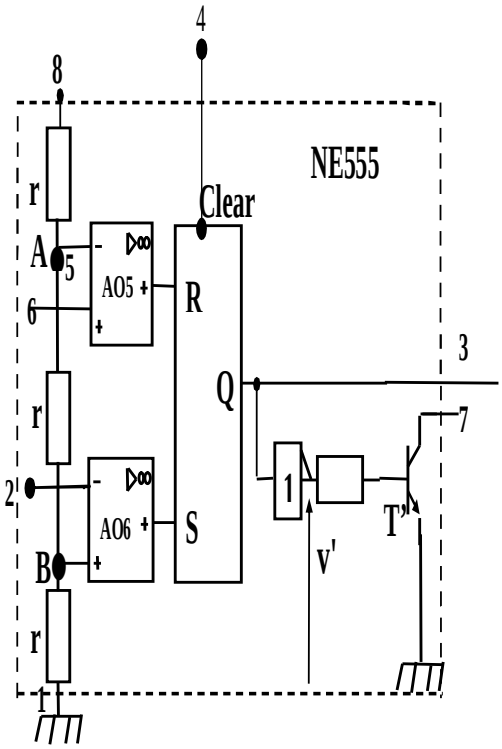


Figure a : Schéma interne du NE555

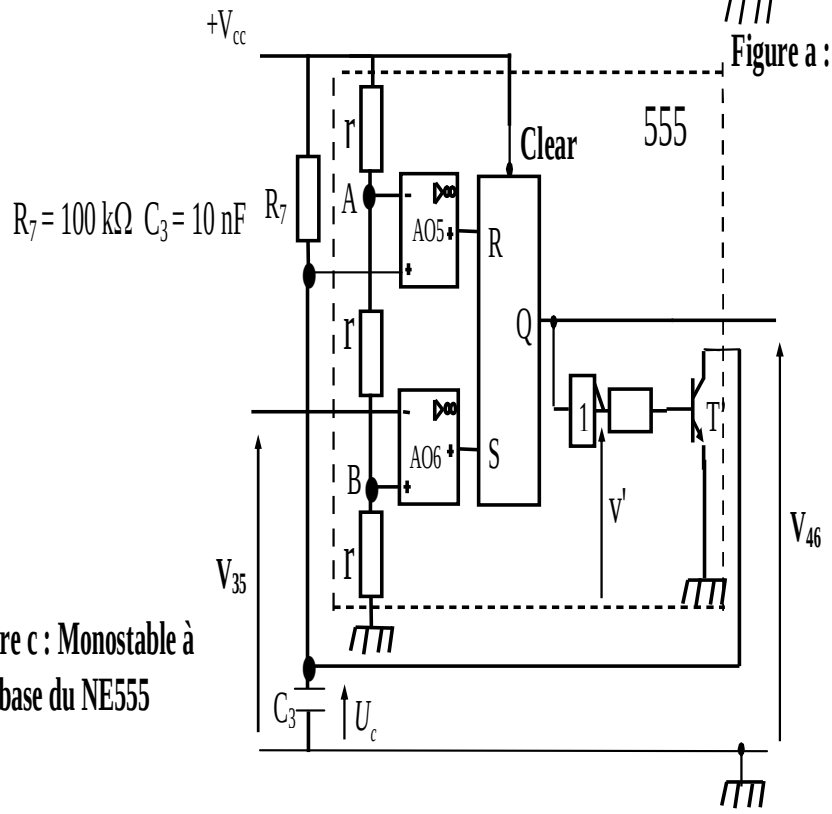
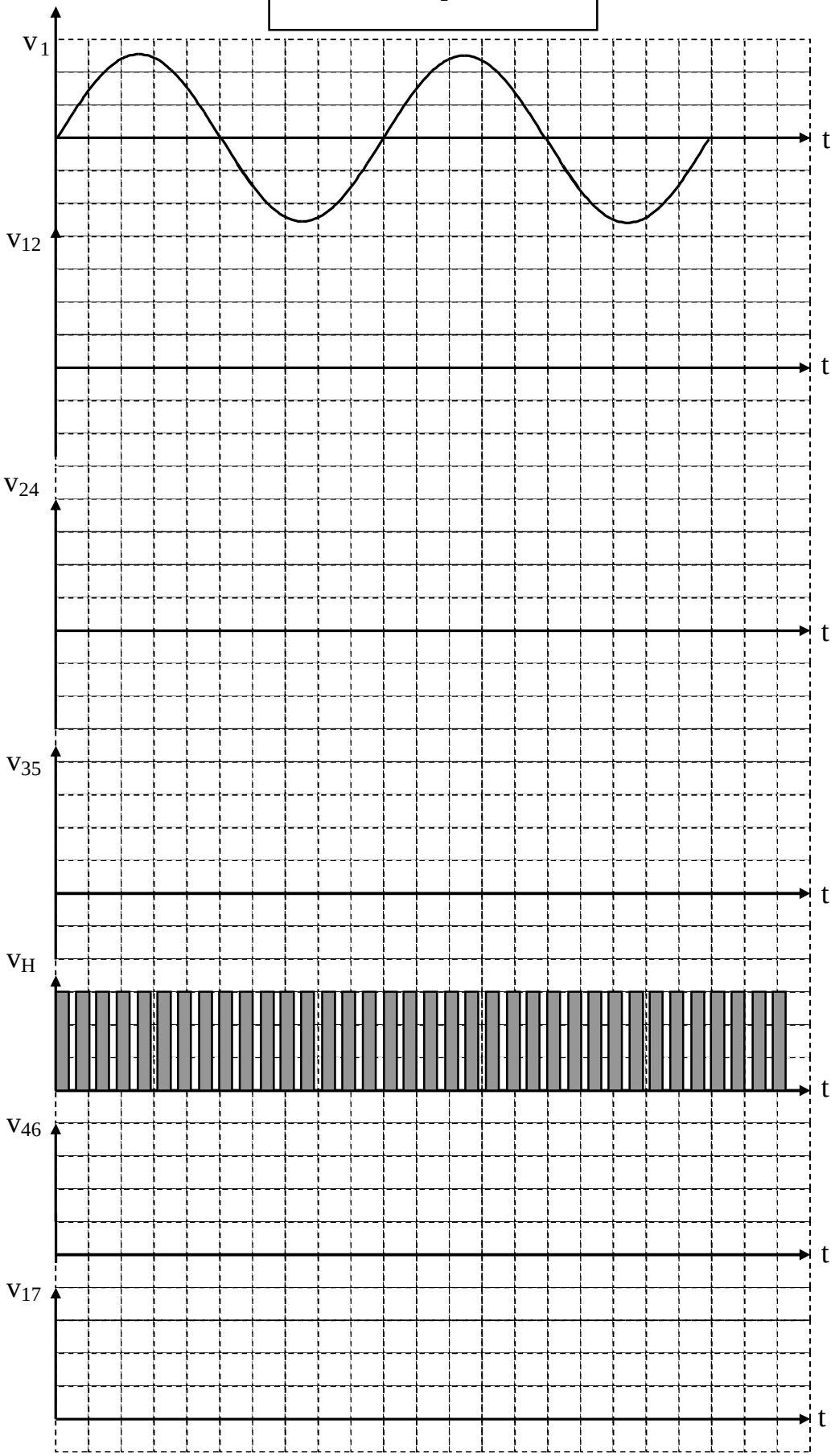
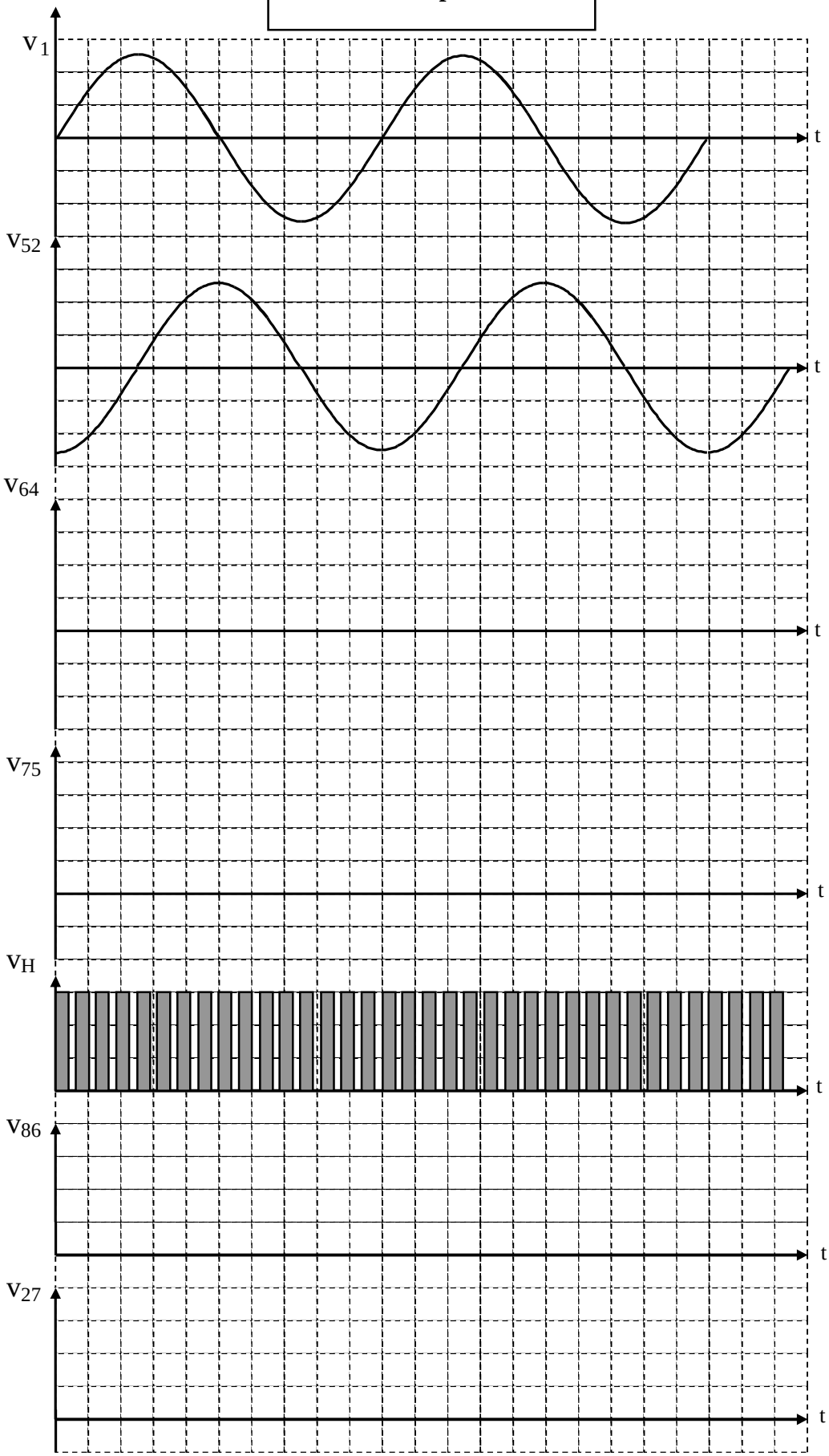


Figure c : Monostable à base du NE555

Document réponse N° :1



Document réponse N° :2



Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Conversion continu-continu : les hacheurs
- Conversion électromécanique : machine à courant continu
- Amplificateur linéaire intégré
- Oscillateurs électroniques
- Électronique numérique
- Filtrage linéaire
- Correction d'un système asservi et correcteur numérique
- Performances d'un système asservi

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/tsi