

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

- *Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.*

## Présentation :

Un système de mesure de la nuisance sonore d'un trafic routier nécessite de connaître différents paramètres d'influences (influences sur la propagation du bruit). Certains de ces paramètres sont des facteurs météorologiques : la température, la pression atmosphérique, la vitesse du vent et sa direction.

Le système est constitué de différents capteurs et d'une centrale de mesure recueillant tous les paramètres ainsi que le niveau sonore et se chargeant ensuite de leur analyse.

Le problème traite d'une partie du système : la mesure de la température. La température doit donc être mesurée et l'information que constitue la mesure correspondante est transmise à la centrale qui s'occupe du traitement des différentes informations. Cette centrale reçoit des tensions dont les fréquences sont proportionnelles aux mesures transmises.

On se propose d'étudier la transduction de la température en une fréquence.

Schéma synoptique



## Cahier des charges :

- Plage de fonctionnement  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+50^{\circ}\text{C}$
- Fréquence de sortie de 100 kHz à 700 kHz

## Indications :

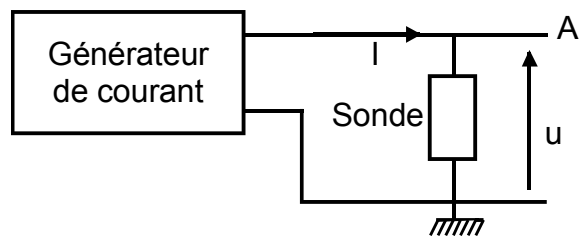
Les amplificateurs opérationnels, considérés comme idéaux, sont alimentés sous les tensions  $\pm V_{CC}$  avec  $V_{CC} = 15\text{V}$ . Leurs tensions de saturation sont égales à  $\pm V_{SAT}$  avec  $V_{SAT} = 15\text{V}$ .

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE		
Coef : 5	SESSION 1998	Durée : 4 heures
Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE		Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE
Ce sujet comporte 9 pages		Page 1/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPÉRATURE

## PARTIE I : CAPTURE DE LA TEMPÉRATURE

La capture de la température est réalisée par une sonde au platine Pt100 alimentée par un courant d'intensité  $I$  constante, indépendante de la température : voir figure ci-contre :



Le relevé de la tension  $u$  en fonction de la température  $\theta$  est donné en annexe 1.

1. Déterminer l'expression numérique de la tension  $u$ , exprimée en volts, en fonction de la température  $\theta$ , exprimée en degrés Celsius.
2. Déterminer la plage de variation de la tension  $u$  lorsque la température varie de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+50^{\circ}\text{C}$ .

## PARTIE II : MISE EN FORME

Présentation de la mise en forme :



### A. L'amplification

L'amplification est réalisée par le circuit de la figure ci-contre :

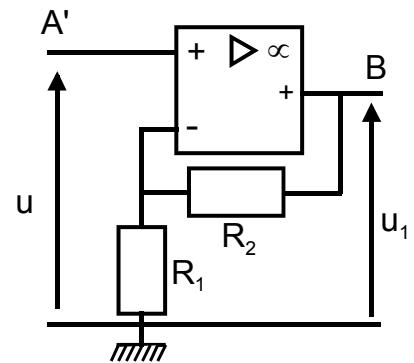
A.1 L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire. Pourquoi est-ce possible ? Quelle est la condition pour qu'il en soit effectivement ainsi ?

A.2 Déterminer la relation entre  $u$  et  $u_1$ .

A.3 Que peut-on dire de la résistance d'entrée du montage ? Quel est l'intérêt de ce résultat ?

A.4 Application numérique:  $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 49 \text{ k}\Omega$ . Déterminer l'amplification  $A$  du montage. Déterminer  $u_1$  dans les deux cas suivants :

- $u = 96 \text{ mV}$
- $u = 120 \text{ mV}$



### B. Le décalage de tension

Le circuit nécessaire à cette fonction est représenté figure ci-contre :

B.1 Déterminer l'expression de  $u_2$  en fonction de  $V_{CC}$ ,  $u_1$  et des résistances  $R_3$ ,  $R_4$  et  $R_5$ .

## BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Coef : 5

SESSION 1998

Durée : 4 heures

Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE

Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

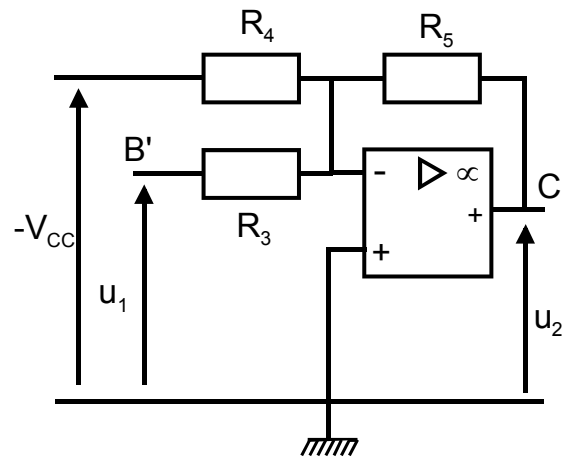
Ce sujet comporte 9 pages

Page 2/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

B.2 Sachant que  $R_5 = 1,2 \text{ k}\Omega$  et que  $V_{CC} = 15 \text{ V}$ , déterminer les valeurs de  $R_4$  et de  $R_3$  pour que la relation entre les tensions  $u_2$  et  $u_1$ , exprimées en volts, soit :

$$u_2 = -u_1 + 4,6$$



Ces valeurs sont adoptées pour la suite du problème.

## C. Le filtrage

C.1 Étude en fréquence du filtre

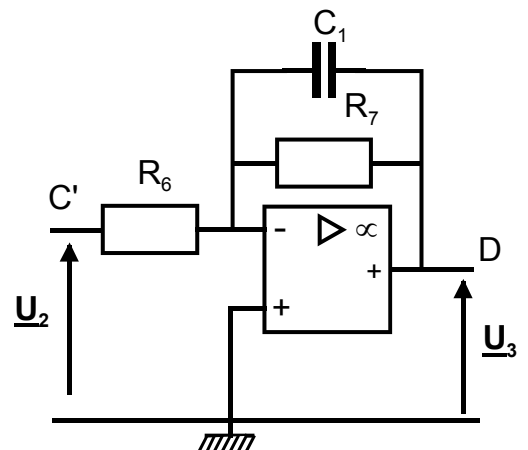
Le schéma du filtre est donné figure ci-contre :

Pour son étude, on considère que la tension appliquée au point C'est une tension alternative sinusoïdale  $u_2$  de fréquence  $f$ . On lui associe la grandeur complexe  $\underline{U}_2$ . On notera  $u_3$  la tension de sortie au point D du filtre et  $\underline{U}_3$  la grandeur complexe associée. L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

C.1.1 Donner l'expression de la fonction de

transfert complexe  $\underline{T} = \frac{\underline{U}_3}{\underline{U}_2}$  et la mettre

sous la forme : 
$$\underline{T} = \frac{T_0}{1 + j \frac{f}{f_c}}$$



C.1.2 Donner l'expression du module  $T$  de  $\underline{T}$ .

C.1.3 Calculer les limites de  $T$  lorsque  $f$  tend vers 0 et lorsque  $f$  tend vers  $\infty$ . En déduire la nature du filtre.

C.1.5 Donner la définition de la fréquence  $f_c$  de coupure à -3dB puis son expression pour le filtre étudié.

C.1.6 Application numérique :  $C_1 = 47 \mu\text{F}$ ,  $R_6 = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $R_7 = 10 \text{ k}\Omega$ . Calculer la fréquence de coupure et l'amplification maximale  $T_0 = |\underline{T}_0|$ .

## BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Coef : 5

SESSION 1998

Durée : 4 heures

Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE

Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Ce sujet comporte 9 pages

Page 3/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

## C.2 Étude du filtre dans le système étudié

La tension d'entrée du filtre peut être perturbée par des tensions parasites variables de fréquence  $f_p$  supérieure à  $f_c$ .

On considère le cas où la tension d'entrée du filtre est de la forme :

$$u_2(t) = V_0 + V_1 \sin(2\pi f_p t)$$

Avec  $V_0 = -0,2 \text{ V}$ ;  $V_1 = 0,1 \text{ V}$  et  $f_p = 50 \text{ Hz}$

C.2.1 Pour  $u_2(t) = V_0$ , calculer la tension  $u_3(t)$  correspondante.

C.2.2 Pour  $u_2(t) = V_1 \sin(2\pi f_p t)$ , calculer l'amplitude de la tension  $u_3(t)$  correspondante.

C.2.3 Pour  $u_2(t) = V_0 + V_1 \sin(2\pi f_p t)$  que pouvez vous dire de la tension  $u_3(t)$  ?

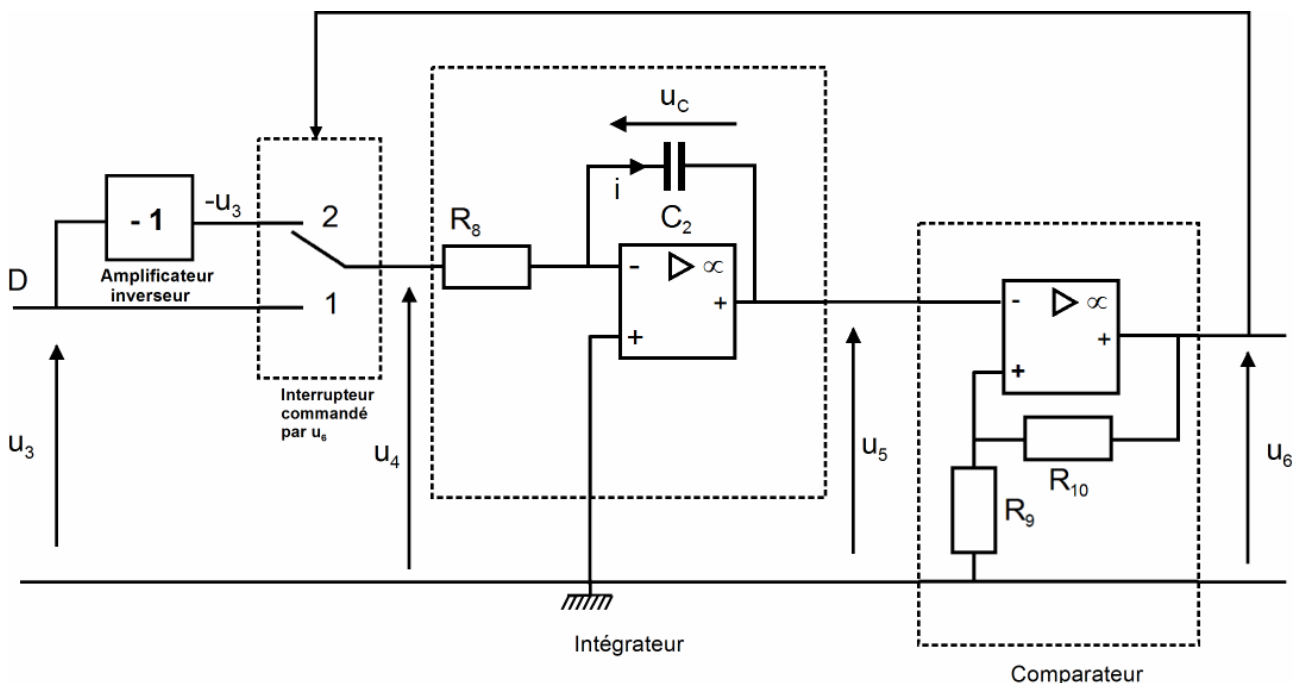
## D. Synthèse

Pour réaliser la mise en forme du signal  $u_3$ , il est nécessaire de connecter les points B et B' ainsi que C et C'.

Pour une tension  $u = U$  continue disponible en A et exprimée en volts, montrer que la tension  $u_3$ , elle même exprimée en volts, vaut :  $u_3 = U_3 = 500 \times U - 46$

## PARTIE III : CONVERSION TENSION FRÉQUENCE

Cette fonction est réalisée par le montage de la figure ci-dessous :



## BACCALaurÉAT TECHNOLOGIQUE

Coef : 5

SESSION 1998

Durée : 4 heures

Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE

Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Ce sujet comporte 9 pages

Page 4/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

Elle est constituée de quatre sous fonctions :

- un amplificateur inverseur générant une tension égale à  $-u_3 = -U_3$
- un interrupteur commandé par la tension  $u_6$ ,
- un intégrateur,
- un comparateur.

La tension  $u_3 = U_3$  est une tension continue positive.

## A. Étude de l'intégrateur : voir figure ci-dessus

L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

- A.1.1 Déterminer l'expression du courant  $i$  dans le condensateur  $C_2$  en fonction de  $u_4$  et  $R_8$ .
- A.1.2 Écrire la relation existant en régime quelconque entre  $i$  et la dérivée de  $u_c(t)$  par rapport au temps ( $\frac{du_c}{dt}$ ).
- A.1.3 Quelle est la relation entre  $u_5$  et  $u_c$  ? En déduire l'équation différentielle reliant  $u_4(t)$  et  $u_5(t)$ .
- A.1.4 Vérifier que si la tension  $u_4$  est constante ( $u_4 = U_4$ ), la tension  $u_5$  varie selon une loi de la forme  $u_5 = a t + b$ . Exprimer le coefficient  $a$  en fonction de  $U_4$ ,  $R_8$  et  $C$ .
- A.2.1 En fait,  $u_4(t)$  prend alternativement les valeurs  $u_4 = -u_3 = -U_3$  et  $u_4 = u_3 = U_3$ . Indiquer les phases où  $u_5(t)$  croît (lorsque  $u_4 = U_3$  ou bien lorsque  $u_4 = -U_3$ ), et celles où  $u_5(t)$  décroît.
- A.2.2 Pendant une phase de croissance de  $u_5(t)$ , cette tension passe de la valeur  $U_N$  à la valeur  $U_P$  (avec, nécessairement,  $U_P > U_N$ ) pendant la durée  $t_1$ . Calculer  $t_1$  en fonction de  $U_P$ ,  $U_N$ ,  $u_3$ ,  $C_2$  et  $R_8$ .
- A.2.3 Lors d'une phase de décroissance,  $u_5(t)$  passe de la valeur  $U_P$  à la valeur  $U_N$ . Calculer la durée  $t_2$  de cette phase et la comparer à  $t_1$ .

## B. Étude du comparateur : voir figure ci-dessus

Une étude pratique a été réalisée en appliquant en entrée du comparateur, isolé du reste du montage, un signal triangulaire; elle a permis de relever les chronogrammes de la feuille réponse n°1 : signal d'entrée  $u_5(t)$  et signal de sortie  $u_6(t)$ .

B.1 Tracer la caractéristique de transfert du comparateur sur la feuille réponse n°1, en faisant apparaître les sens de basculement.

B.2 Déterminer les seuils de commutation du comparateur notés  $U_P$  et  $U_N$  (avec  $U_P > 0$ ).

Ces valeurs sont effectivement celles du montage.

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE		
Coef : 5	SESSION 1998	Durée : 4 heures
Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE		Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE
Ce sujet comporte 9 pages		Page 5/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

## C. Étude du convertisseur tension fréquence : voir figure ci-dessus

L'interrupteur commandé fonctionne de la façon suivante :

Lorsque  $u_6 = +V_{SAT}$ , l'interrupteur est en position 2.

Lorsque  $u_6 = -V_{SAT}$ , l'interrupteur est en position 1.

Le graphe de la tension  $u_6$  est donné page 9.

C.1 En utilisant le graphe de  $u_6$  et les informations données sur le fonctionnement de l'interrupteur, tracer  $u_4(t)$  sur le graphe page 9.

C.2 Fonctionnement dans l'intervalle  $[0, t_1]$ . Dans cet intervalle  $u_6 = +V_{SAT}$

Le système bascule à  $t = 0$  ;  $u_5(0^+) = U_N$ .

C.2.1 En utilisant les résultats de la question III-A.2 et la valeur de  $u_4$  dans cet intervalle, décrire (sans calculs) l'évolution de  $u_5(t)$ .

C.2.2 Quelle doit être la valeur de  $u_5(t_1)$  pour que le système bascule de nouveau à  $t = t_1$  ?

C.2.3 Tracer  $u_5(t)$  dans l'intervalle  $[0, t_1]$  sur le graphe donné page 9.

C.3 Fonctionnement dans l'intervalle  $[t_1, t_1 + t_2]$ . Dans cet intervalle  $u_6 = -V_{SAT}$

C.3.1 Décrire (sans calculs) l'évolution de  $u_5(t)$ , en utilisant la valeur de  $u_4$  dans cet intervalle.

C.3.2 Quelle doit être la valeur de  $u_5(t_1 + t_2)$  pour que le système bascule de nouveau à  $t = t_1 + t_2$  ?

C.3.3 Tracer  $u_5(t)$  dans cet intervalle.

C.4 Calcul de la période

C.4.1 A partir des résultats de la question III-A.2 exprimer la période  $T$  de la tension  $u_6$  en fonction de  $U_P$ ,  $U_N$ ,  $u_3$ ,  $C_2$  et  $R_8$ .

C.4.2 Montrer que la fréquence  $f$  de  $u_6$  peut se mettre sous la forme  $f = k u_3$ .

C.5 On donne  $C_2 = 2,2 \text{ nF}$  ; on veut que  $f = 100 \text{ kHz}$  pour  $u_3 = 2,0 \text{ V}$ .

C.5.1 Calculer la valeur du coefficient  $k$ . Donner son unité.

C.5.2 Calculer  $R_8$ .

## PARTIE IV : CONCLUSION

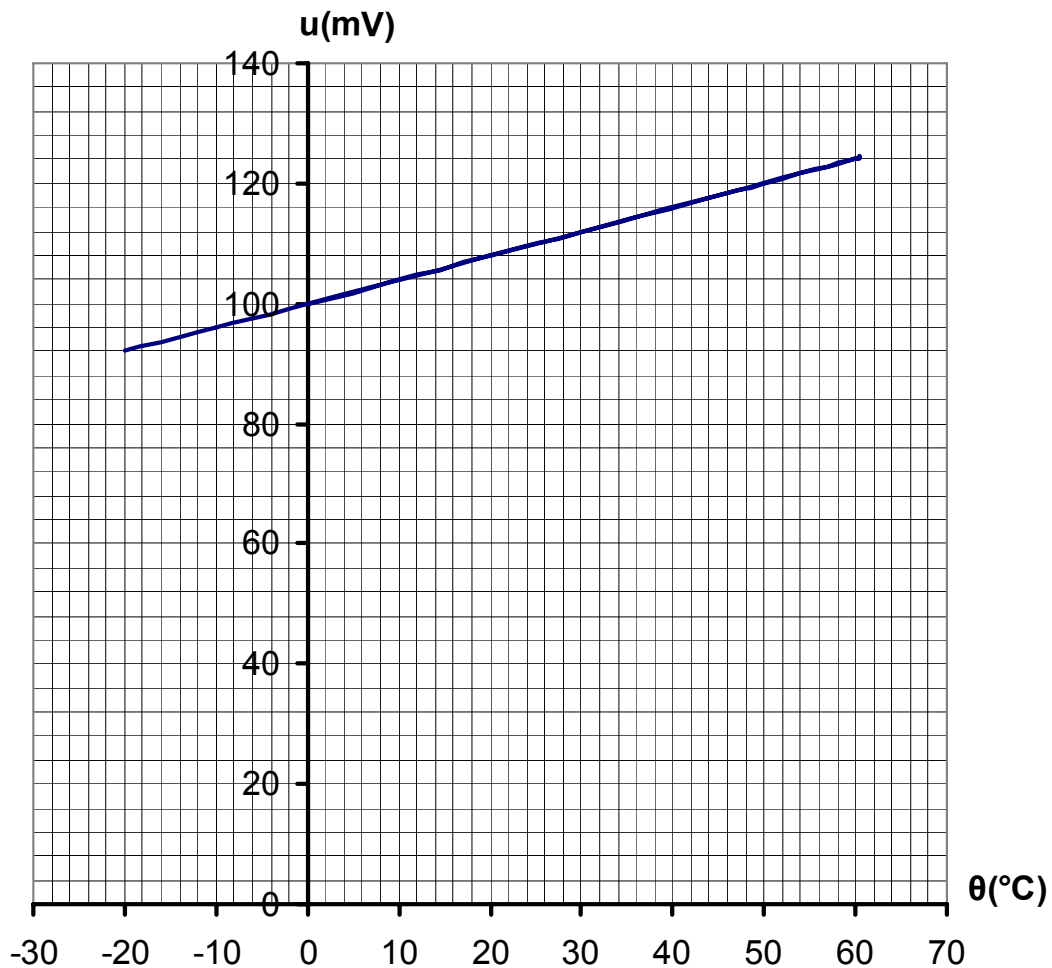
Les points A et A', B et B', C et C', D et D' sont reliés pour former le système complet.

- 1 Quelle relation existe-t-il entre la fréquence  $f$  de la tension  $u_6$  et la température  $\theta$  ?
- 2 Le cahier des charges présenté page 1 est-il respecté ?

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE		
Coef : 5	SESSION 1998	Durée : 4 heures
Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE		Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE
Ce sujet comporte 9 pages		Page 6/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPÉRATURE

## ANNEXE 1



## BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Coef : 5

SESSION 1998

Durée : 4 heures

Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE

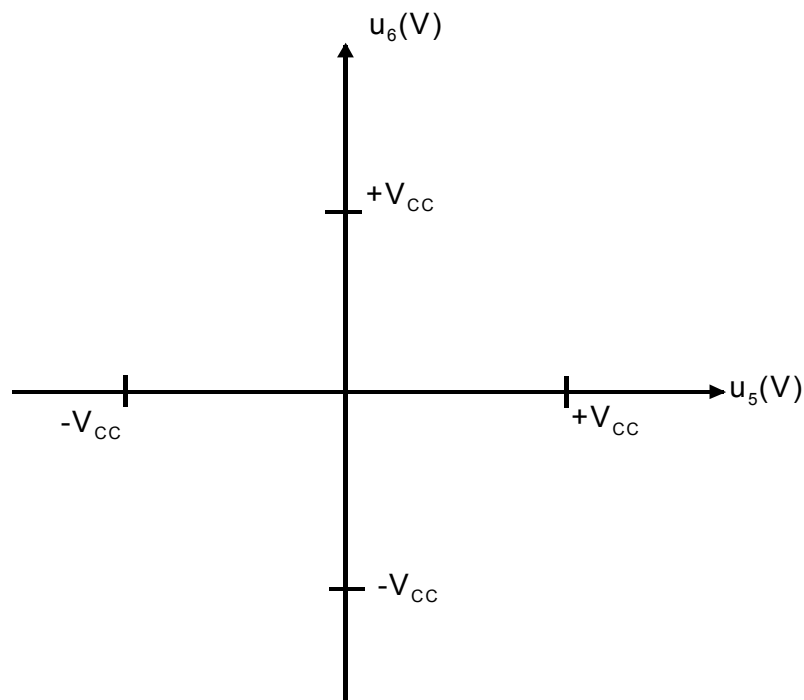
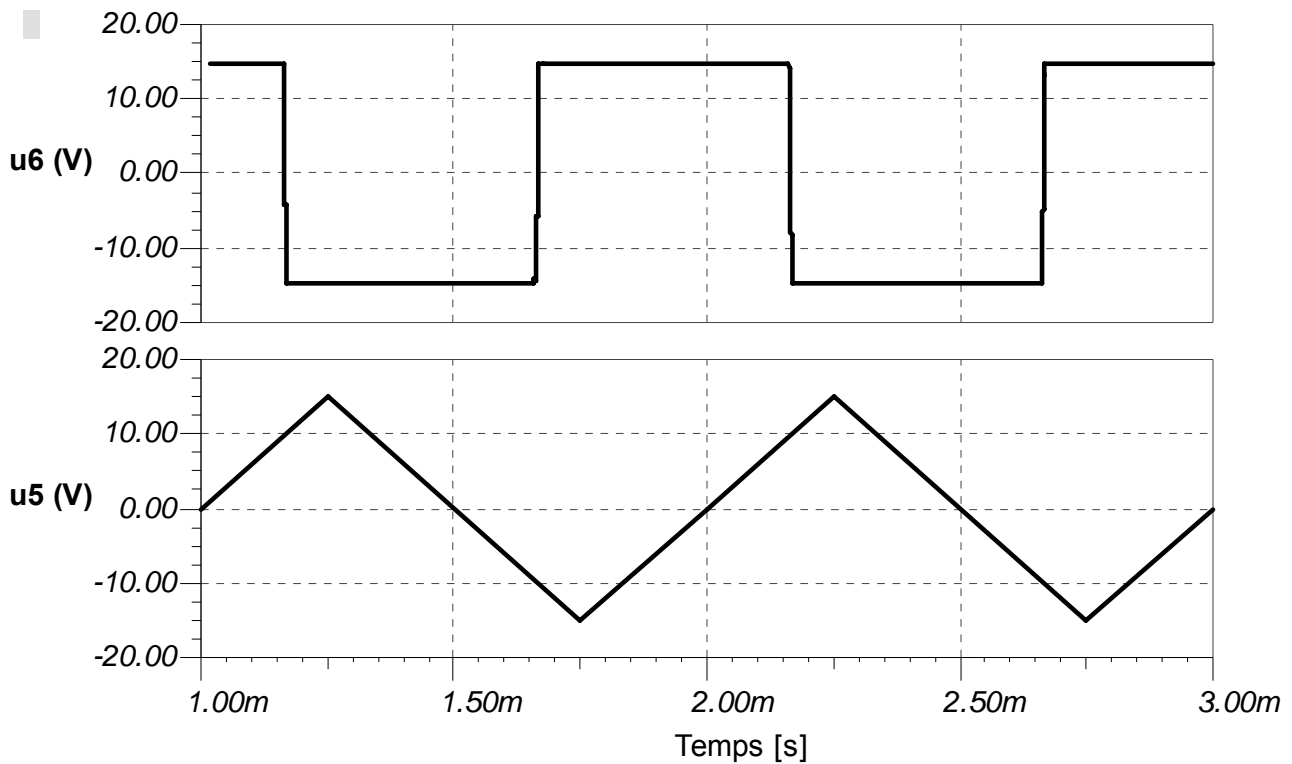
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Ce sujet comporte 9 pages

Page 7/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

## FEUILLE REPONSE N° 1



## BACCALaurÉAT TECHNOLOGIQUE

Coef : 5

SESSION 1998

Durée : 4 heures

Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE

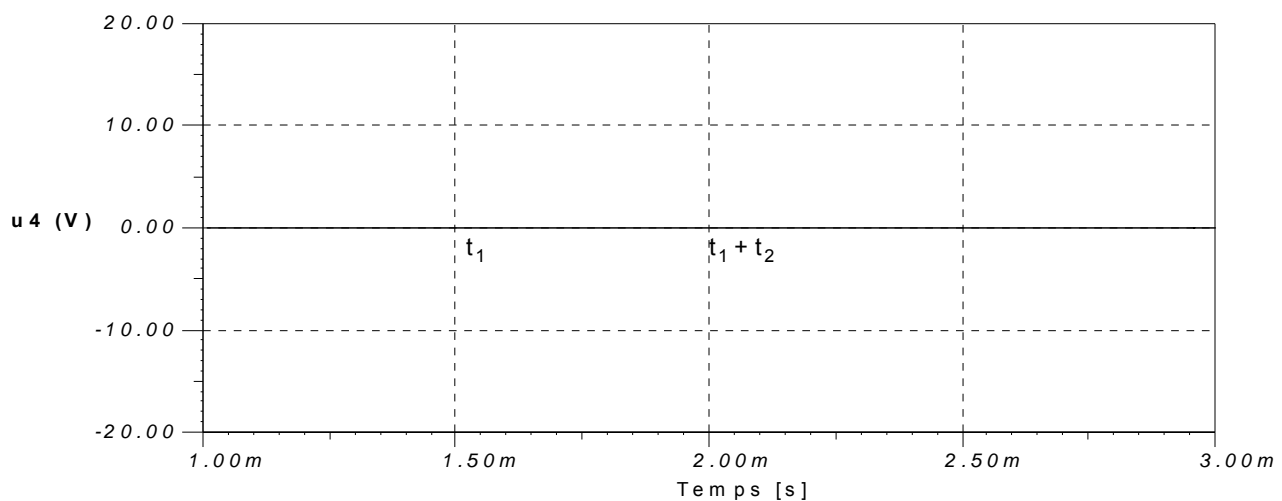
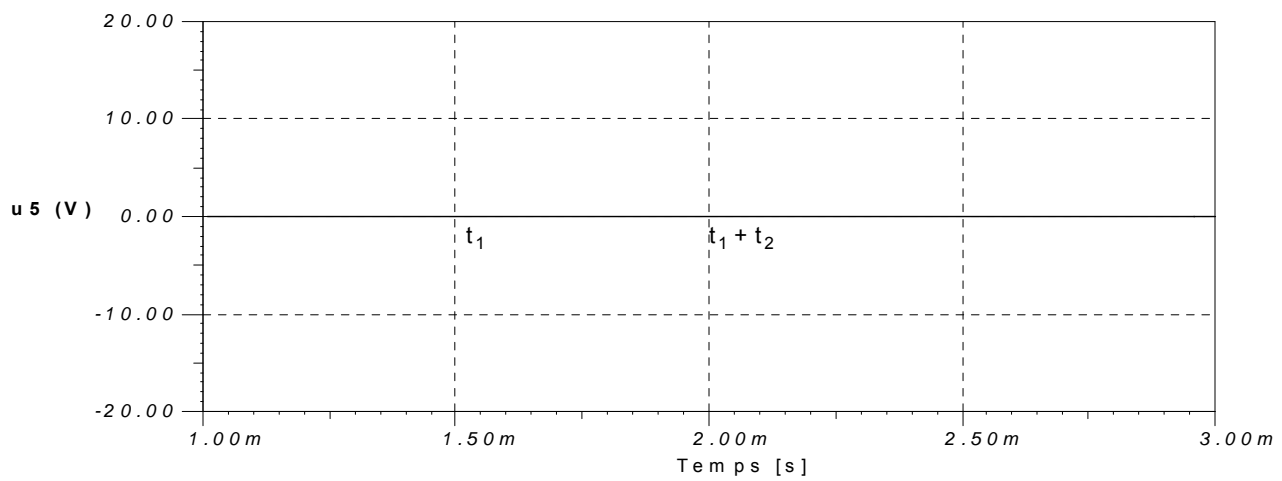
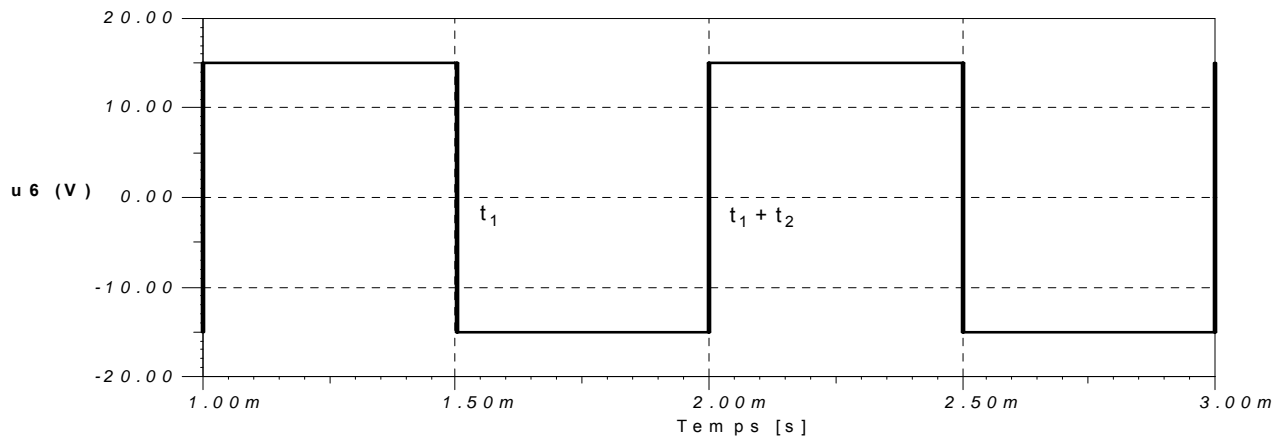
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Ce sujet comporte 9 pages

Page 8/9

# ETUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURE DE TEMPERATURE

## FEUILLE REPONSE N° 2



### BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Coef : 5

SESSION 1998

Durée : 4 heures

Série : S.T.I. GÉNIE ÉLECTRONIQUE

Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Ce sujet comporte 9 pages

Page 9/9