

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Conception et Industrialisation en Microtechniques

### Mathématiques Physique Appliquée

#### ÉPREUVE E3

#### UNITÉ U32

#### SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

À l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Documents à rendre avec la copie :

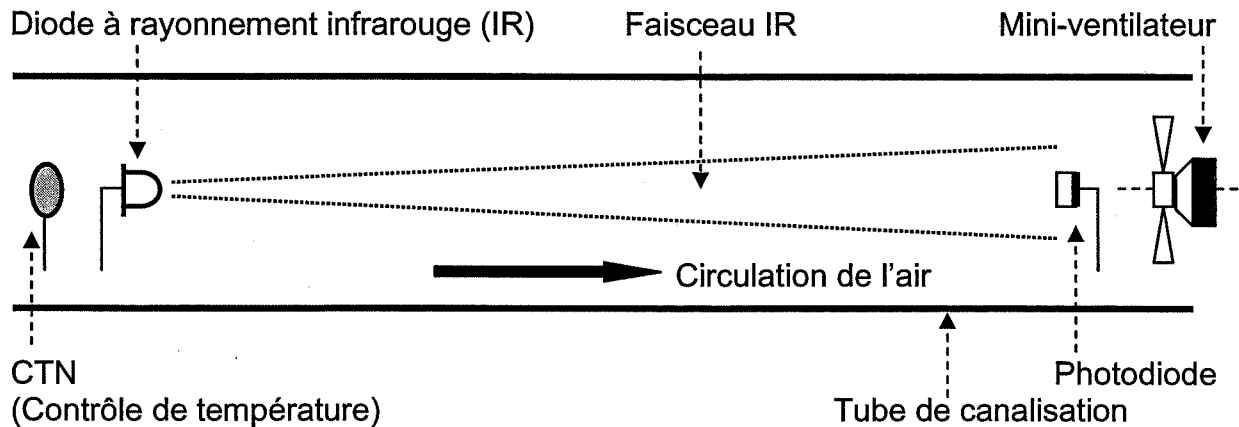
- Document Réponse n°1 page 10/12.
- Document Réponse n°2 page 11/12.
- Document Réponse n°3 page 12/12.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 12

## ÉTUDE SIMPLIFIÉE D'UN DÉTECTEUR D'INCENDIE

**INTRODUCTION** : On propose d'étudier un circuit permettant de déceler un incendie naissant par la détection de deux indices essentiels : l'augmentation de la température et la présence de fumée. Dès le premier indice décelé, une alarme sonore se déclenche afin de prévenir du danger. L'ensemble du dispositif est enfermé dans un canal représenté ci-dessous.



Remarque : tous les Amplificateurs Différentiels Intégrés (A.D.I) sont idéaux et alimentés entre 0 V et 9 V.

Le problème est composé de 4 parties indépendantes :

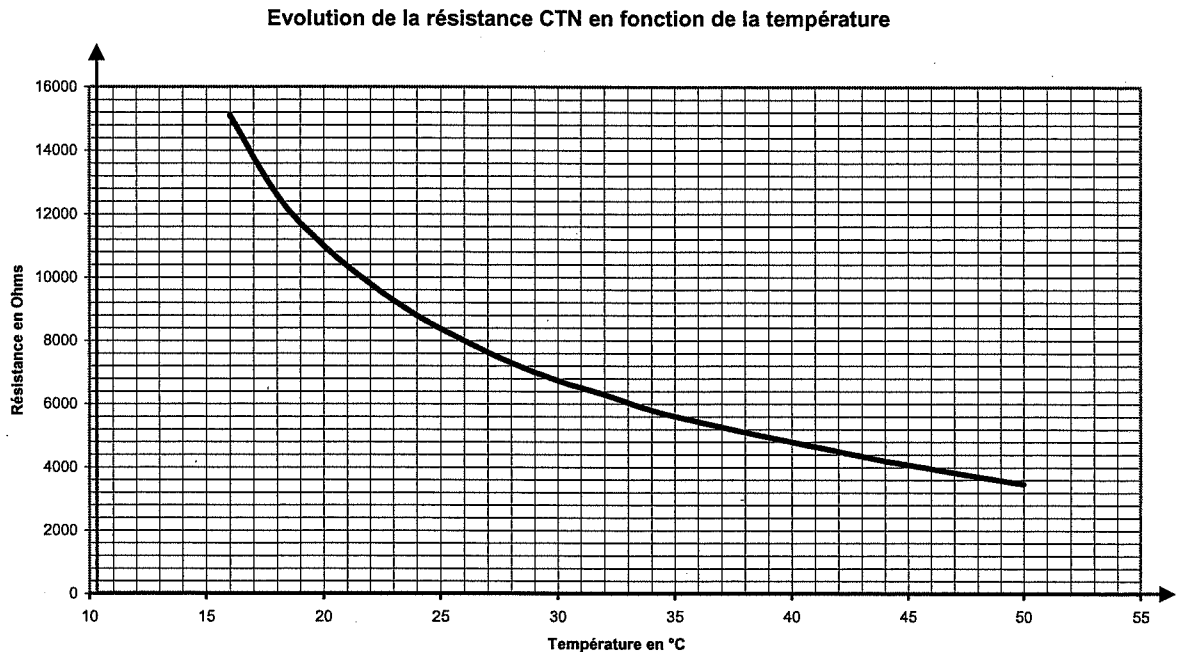
- Partie A : Détection de l'augmentation de température (5,5 points).
- Partie B : Étude du rayonnement infrarouge (3 points).
- Partie C : Étude de la ventilation (2,5 points).
- Partie D : Détection de présence de fumée (9 points).

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 12

• **Partie A : Détection de l'augmentation de température (5,5 points).**

On considère que la température devient anormale lorsqu'elle franchit le seuil des 42°C et dans le cas où cela se produit, une alarme sonore se déclenche afin de prévenir les occupants des lieux.

Les variations de température à l'entrée du système sont détectées par une thermistance CTN (résistance à coefficient de température négatif) dont la courbe d'évolution est fournie ci-dessous.

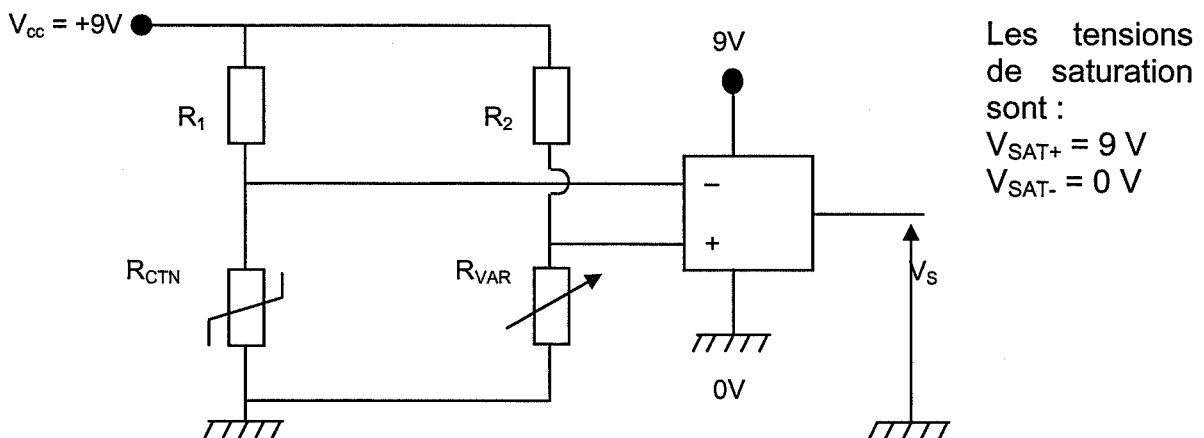


A.1 Décrire l'évolution de  $R_{CTN}$ , valeur de la résistance de la CTN lorsque la température augmente.

A.2 Indiquer la valeur prise par  $R_{CTN}$  pour une température de 27°C.

Quand la température vaut 42°C, la valeur prise par la C.T.N est égale à 4,4 kΩ.

Le circuit de détection comprend la CTN, une résistance variable  $R_{VAR}$  permettant de prédéfinir le seuil anormal de température, deux résistances  $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$  ainsi qu'un Amplificateur Différentiel Intégré (A.D.I).



BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 12

### A.3 Régime de fonctionnement de l'A.D.I.

A.3.1 Quel est le régime de fonctionnement de cet A.D.I ?

A.3.2 Quelles valeurs pourra alors prendre la tension de sortie  $V_s$  ?

### A.4 Valeur de la tension $V^-$ .

A.4.1 Exprimer littéralement  $V^-$  en fonction de  $V_{CC}$ ,  $R_1$  et  $R_{CTN}$

A.4.2 Calculer la valeur de la tension  $V^-$  pour cette température de 27 °C.

### A.5 Seuil de déclenchement de l'alarme.

On veut fixer la valeur de  $R_{VAR}$  afin de pouvoir détecter la température anormale de 42°C. Lorsqu'elle est atteinte, la sortie de l'A.D.I bascule et un système d'alarme s'enclenche.

A.5.1 Donner la relation entre  $V^-$  et  $V^+$  quand il y a basculement de la tension de sortie de l'A.D.I ?

A.5.2 Déterminer l'expression de  $V^+$  en fonction de  $R_2$ ,  $R_{VAR}$  et  $V_{CC}$ .

A.5.3 Sachant que  $R_1 = R_2$ , quelle valeur doit-on choisir pour  $R_{VAR}$  pour que la tension de sortie de l'A.D.I bascule à 42°C ?

A.5.4 Montrer que la tension  $V^+$  vaut alors 2,75 V.

### A.6 Déclenchement de l'alarme.

On fournit sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1 une évolution de la tension  $V^-$  en fonction du temps.

A.6.1 Tracer dans le même repère la tension  $V^+$ .

A.6.2 Tracer en concordance des temps la tension de sortie  $V_s$ .

A.6.3 Indiquer en concordance des temps si l'alarme fonctionne (ON) ou si elle est muette (OFF).

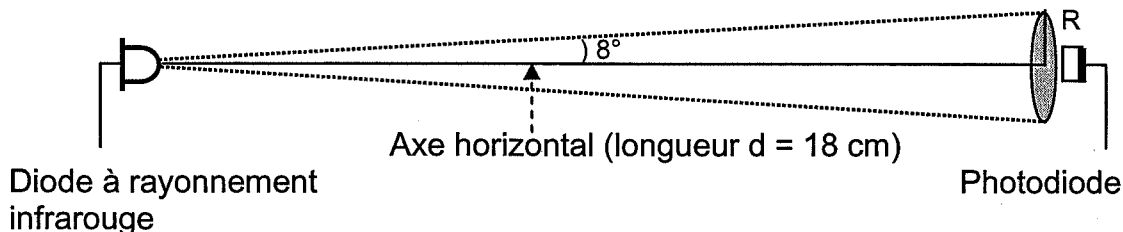
BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 12

• **Partie B : Étude du rayonnement infrarouge (3 points).**

La diode IR émet un rayonnement infrarouge de période  $T = 3 \cdot 10^{-15}$  s.

Son demi angle de rayonnement est  $\alpha = 8^\circ$  autour de l'axe horizontal et elle fait face à la photodiode qui reçoit un cercle de lumière.

La distance qui les sépare est  $d = 18$  cm.



**B.1 Validation du positionnement de la photodiode.**

B.1.1 Calculer le rayon  $R$  du cercle de lumière reçu par la photodiode.

B.1.2 Calculer la surface  $S$  du cercle de lumière en  $\text{cm}^2$ .

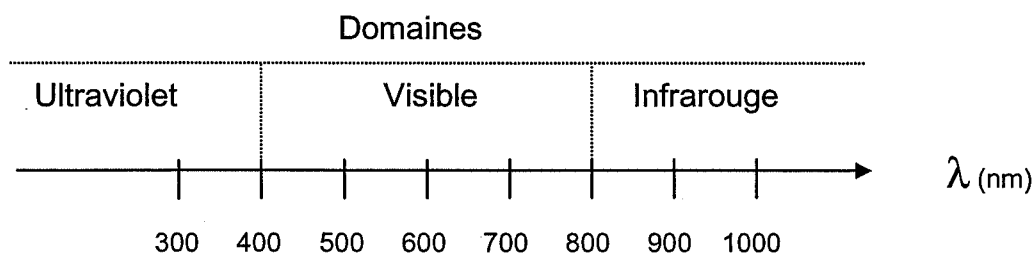
B.1.3 Sachant que la surface de réception de la photodiode est  $0,25 \text{ cm}^2$ , est-elle complètement éclairée ?

**B.2 Étude du rayonnement infrarouge.**

B.2.1 Calculer la fréquence  $f$  de la radiation émise en THz ( $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$ ).

B.2.2 Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  en nanomètre, de cette onde lumineuse (on prendra pour célérité de la lumière  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). On rappelle que la relation entre la longueur d'onde et la période est la suivante :  $\lambda = cT$ .

B.2.3 En vous aidant du document ci-dessous, vérifier que le résultat obtenu à la question précédente est en accord avec le choix technologique proposé pour la diode.



BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 12

• **Partie C : Étude de la ventilation (2,5 points).**

Le ventilateur a pour rôle d'aspirer l'air ambiant afin qu'il parcoure le canal, de la CTN jusqu'à lui. Il permet donc de faire entrer une éventuelle fumée dans le canal. Ce ventilateur est alimenté par un moteur à courant continu dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Tension d'alimentation nominale de l'induit :  $U_n = 9 \text{ V}$ .
- Vitesse de rotation à vide :  $n_0 = 6\,200 \text{ tr.min}^{-1}$ .
- Courant à vide :  $I_0 = 0,32 \text{ A}$ .
- Résistance d'induit :  $R = 1 \, \Omega$ .

C.1 Calculer la force électromotrice à vide  $E_0$  du moteur alimenté sous tension nominale.

C.2 Déterminer la valeur et l'unité de la constante  $k$  telle que  $E_0 = k.n_0$ .

C.3 La charge de ce moteur est le ventilateur. L'intensité dans l'induit lors du fonctionnement est  $I = 0,6 \text{ A}$ . Calculer la nouvelle valeur de la force électromotrice  $E$ .

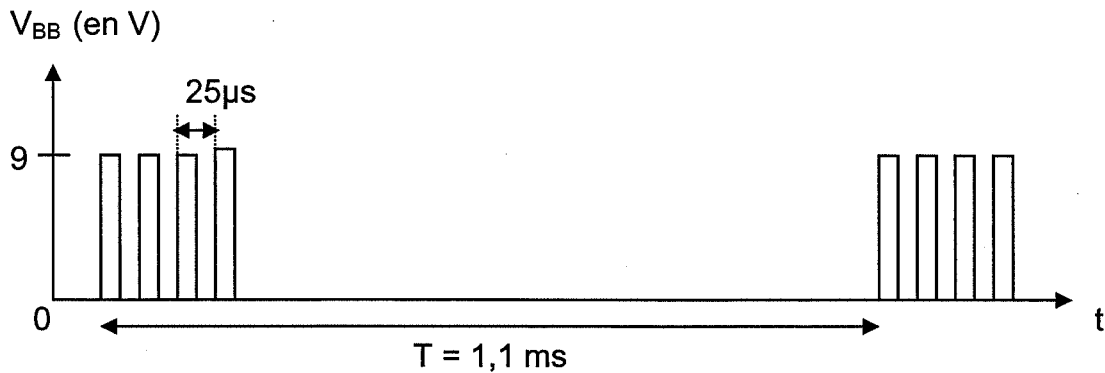
C.4 En déduire, sous la tension nominale, la valeur de la vitesse de rotation  $n$  du moteur en charge.

C.5 Pour que les pales du ventilateur ne tournent pas trop vite, un réducteur de rapport  $1/20$  est utilisé. Calculer alors la vitesse de rotation  $n'$  des pâles du ventilateur.

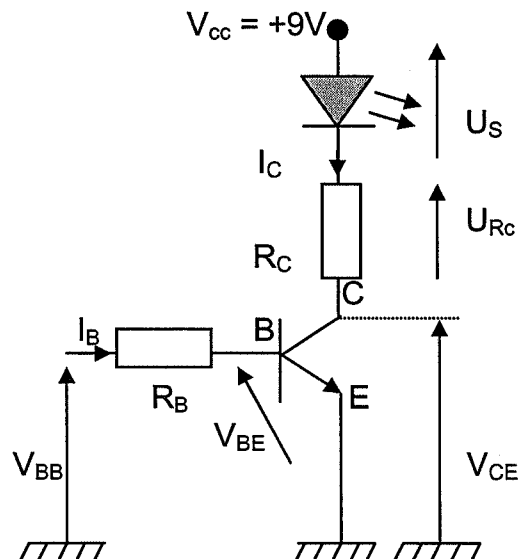
BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 12

• **Partie D : Détection de présence de fumée (9 points).**

Un train de quatre impulsions de tension est envoyé sur la base d'un transistor bipolaire fonctionnant en commutation.



Ce transistor bipolaire a pour but d'amplifier le signal qu'il reçoit afin d'alimenter la diode infrarouge avec une intensité nominale.



On donne :

$$\begin{aligned} V_{CEsat} &= 0,2 \text{ V} \\ U_S &= 1,8 \text{ V} \\ V_{BE} &= 0,6 \text{ V} \\ \beta &= I_C / I_B = 80 \\ I_{Csat} &= 20 \text{ mA} \\ V_{BB} &= 9 \text{ V} \end{aligned}$$

D.1 Amplification et conversion du signal.

D.1.1 On souhaite que la diode ait un fonctionnement nominal. Elle doit alors être parcourue à chaque impulsion par le courant maximal qu'elle supporte, soit  $I_{max} = I_{Csat}$ . Calculer la valeur de la résistance  $R_C$  pour obtenir cette intensité.

D.1.2 Calculer l'intensité minimale du courant de base  $I_{Bsat}$  qui permet d'obtenir  $I_{Csat} = 20 \text{ mA}$ .

D.1.3 Déterminer la valeur de la résistance de base  $R_B$  qui permet de régler le courant de base à  $I_{Bsat} = 0,25 \text{ mA}$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 12

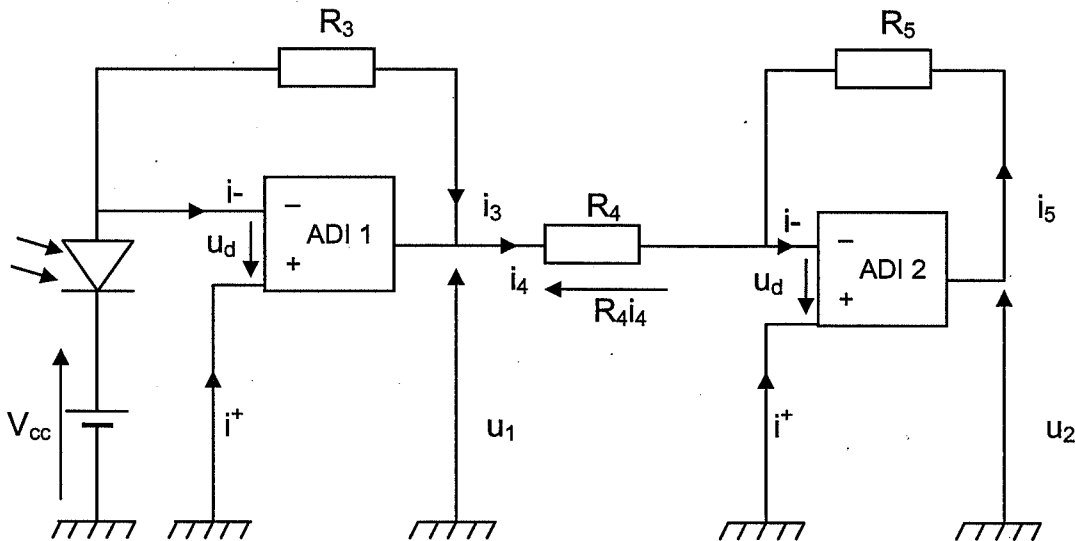
D.1.4 Afin d'assurer la saturation du transistor, on choisit une résistance de base  $R_B = 33 \text{ k}\Omega$ . Ce choix est-il cohérent avec ce qui précède ?

D.1.5 On fournit sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2 l'allure de la tension  $V_{BB}$  reçue par la base du transistor. Tracer l'allure de l'intensité  $I_C$ .

D.1.6 Dédurre du DOCUMENT RÉPONSE N°2 le nombre  $n$  d'impulsions lumineuses émises par la diode IR sur une période.

## D.2 Traitement du signal.

La photodiode disposée face à la diode émettrice le long de l'axe du tube reçoit le rayonnement impulsionnel de la diode infrarouge. Si de la fumée vient à envahir le tube, son opacité provoque une atténuation de la puissance du signal reçu par la photodiode. Cette atténuation devra être détectée puis amplifiée afin de déclencher un dispositif d'alerte. Le circuit ci-dessous permet de capter le signal IR pour le convertir en tension  $u_1$  qui sera ensuite amplifiée afin d'obtenir une tension  $u_2$ .



Les valeurs des résistances sont :  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 100 \Omega$ .

D.2.1 Régimes de fonctionnement des ADI.

D.2.1.1 Préciser quel est leur régime de fonctionnement.

D.2.1.2 Indiquer alors la valeur de  $u_d$ .

D.2.1.3 Donner les valeurs de  $i^+$  et  $i^-$ .

D.2.2 Exprimer la tension  $u_1$  en fonction de  $i_3$  et  $R_3$ .

D.2.3 Montrer que  $u_1 = R_4 \cdot i_4$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 12



D.2.4 Montrer que  $u_2 = R_5 \cdot i_5$ .

D.2.5 En déduire l'expression de la tension  $u_2$  en fonction de  $u_1$ ,  $R_4$  et  $R_5$ .

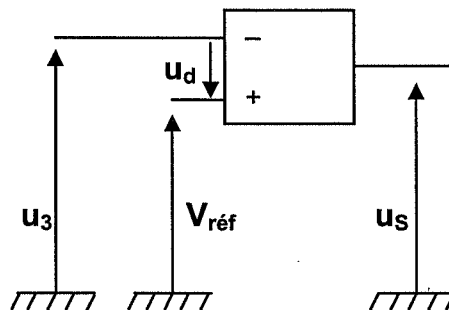
D.2.6 Montrer que l'expression de la tension  $u_2$  en fonction de  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  et  $i_3$  est la suivante :  $u_2 = \frac{R_5}{R_4} R_3 i_3$ .

D.2.7 Déterminer numériquement la relation qui lie  $u_2$  et  $i_3$ .

D.2.8 Calculer la valeur prise par la tension  $u_2$  lorsque la photodiode est traversée par un courant d'intensité  $i_3 = 10 \text{ mA}$ .

Comme l'intensité lumineuse reçue par la photodiode dépend de la qualité de l'air qui circule dans le canal fermé, on utilise un A.D.I en régime non linéaire qui permet de comparer la tension  $u_2$  avec une tension de référence  $V_{\text{réf}}$  dont la valeur est égale à 4,5 V.

Un circuit de mise en forme évitant des déclenchements intempestifs de l'alarme fournit une tension  $u_3$  à un Amplificateur Différentiel Intégré (A.D.I) considéré comme parfait et alimenté en 0-9V. Il va effectuer la comparaison entre la tension de référence  $V_{\text{réf}}$  et la tension  $u_3$  selon le câblage ci-dessous :



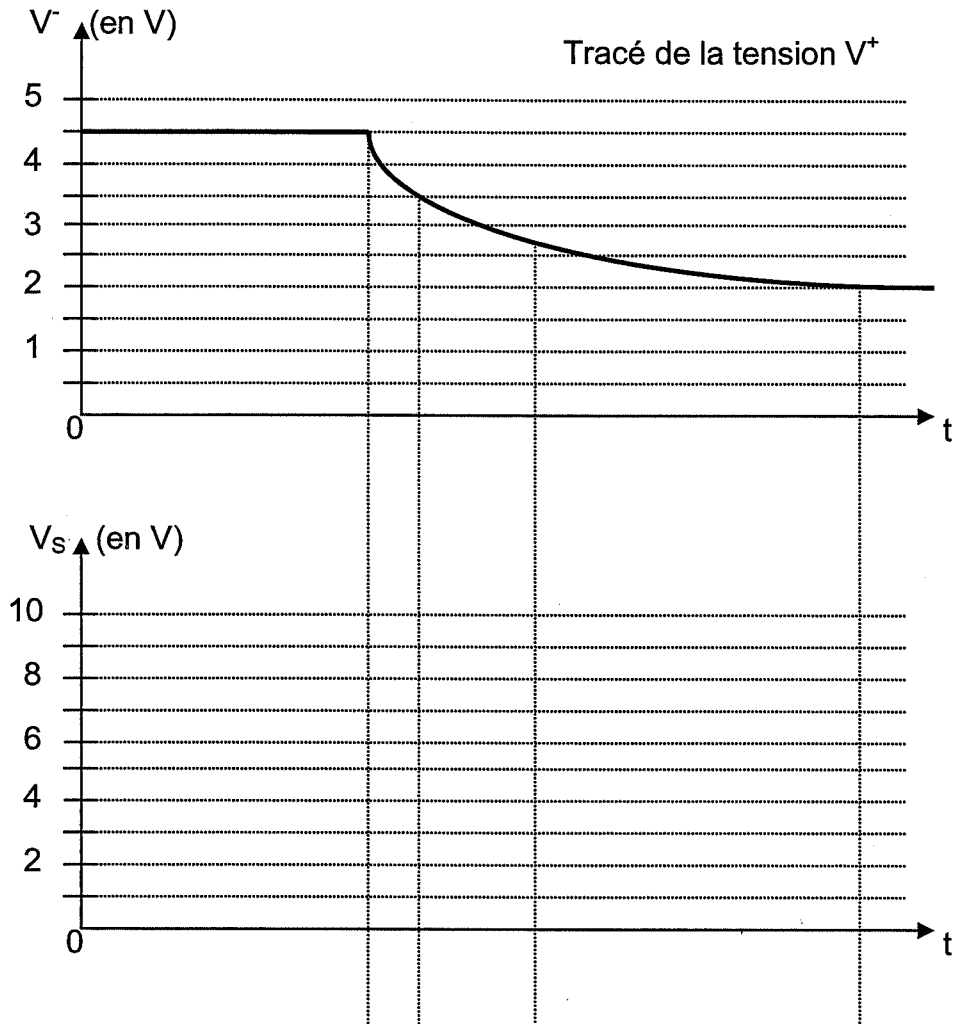
Lorsque la tension de sortie  $u_s$  sera égale à 9 V, une alarme sonore se déclenchera. Dans le cas contraire, elle restera muette.

On fournit sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3, l'allure d'une succession d'impulsions de courant traversant la photodiode au cours du temps (les quatre impulsions sont désormais regroupées).

D.2.9 Compléter le chronogramme, sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3, de la tension  $u_s$  et mentionner les intervalles où l'alarme fonctionne (ON) ou reste muette (OFF).

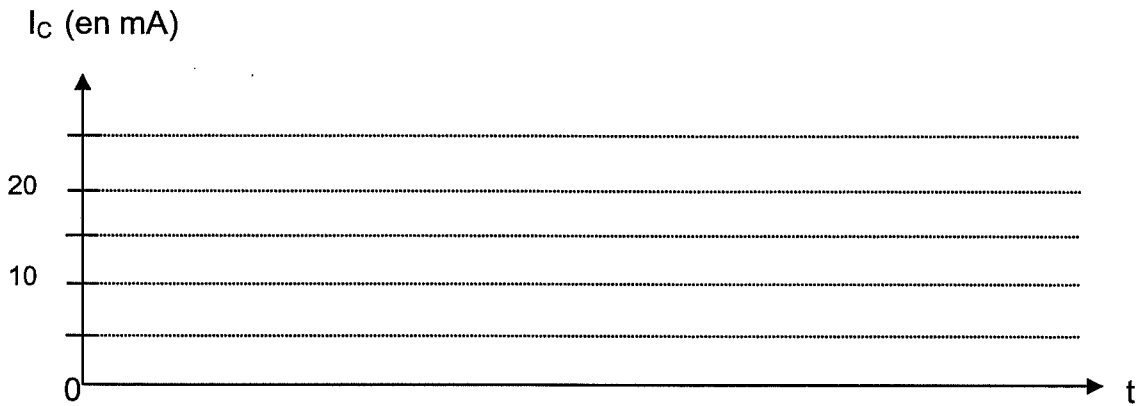
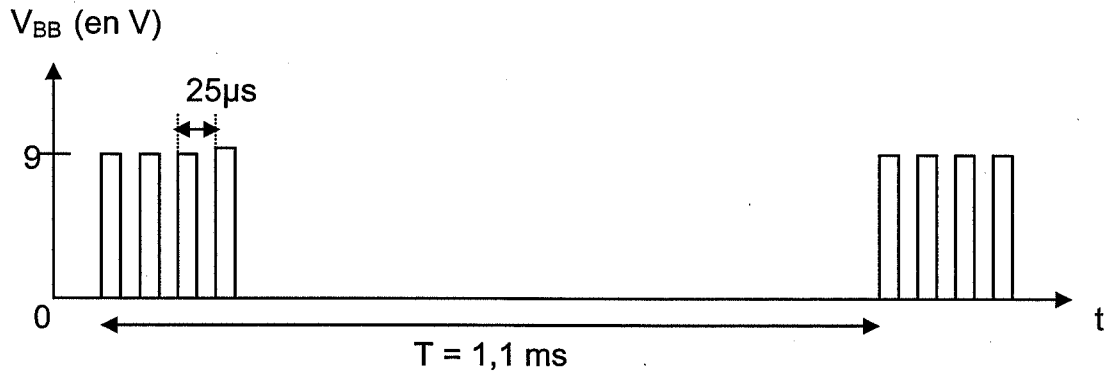
BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 12

**DOCUMENT RÉPONSE N°1**  
**À rendre avec votre copie**



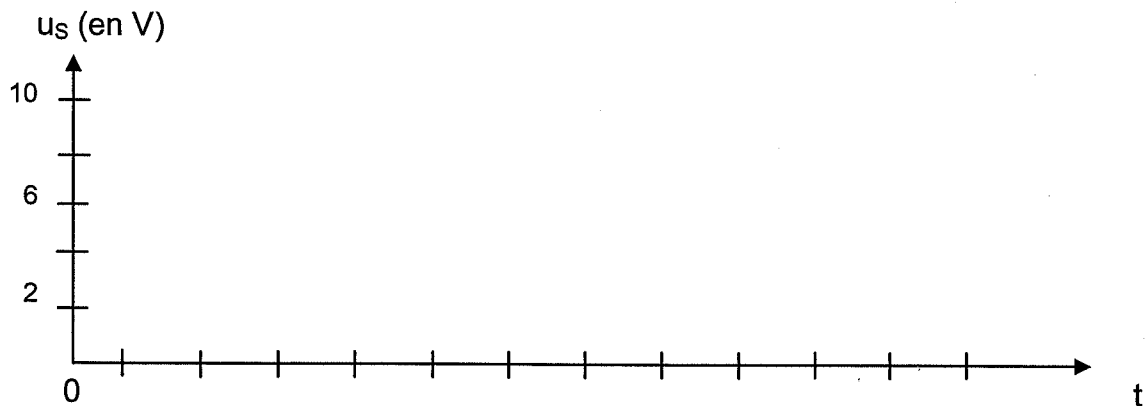
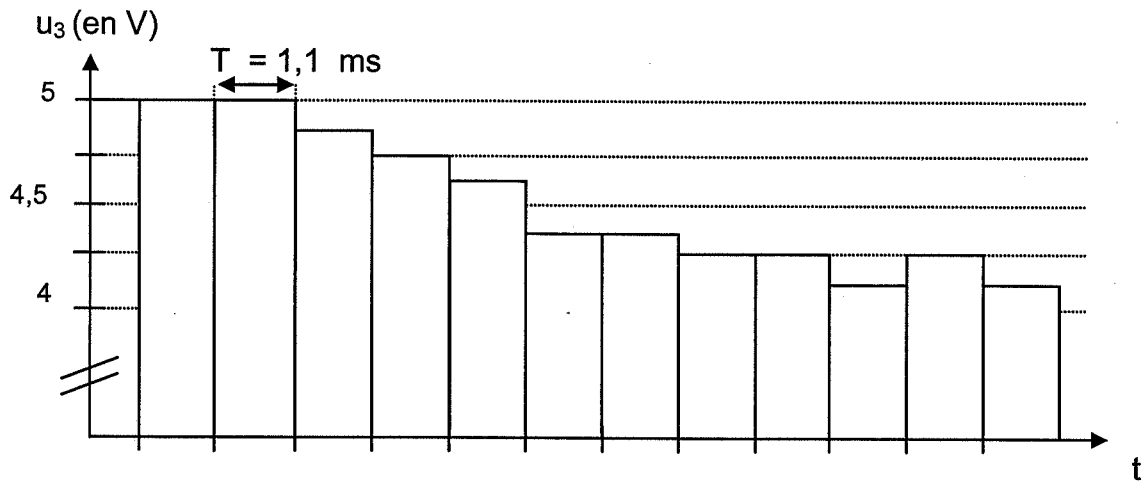
Etat de l'alarme	
------------------	--

**DOCUMENT RÉPONSE N°2**  
**À rendre avec votre copie**



BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 12

**DOCUMENT RÉPONSE N°3**  
**À rendre avec votre copie**



Etat de l'alarme	
------------------	--