

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

« Génie Électronique »

Session 2008

Épreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient : 5

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

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

Indications :

Le sujet se compose de deux parties distinctes qui peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre.

- Les valeurs instantanées des grandeurs variables au cours du temps sont notées **v** pour **v(t)**, **i** pour **i(t)**, ...
- Tous les composants sont considérés comme parfaits :
 - les circuits intégrés ont une impédance d'entrée infinie et une impédance de sortie nulle ;
 - les tensions de saturation des amplificateurs opérationnels **A1** à **A6** sont confondues avec les tensions d'alimentation.

QUALITE DE L'AIR : SURVEILLER ET INFORMER

La qualité de l'air dépend de plusieurs facteurs : la concentration de l'ozone et la vitesse des vents. Nous nous intéresserons successivement dans la première partie du sujet à la mesure de la concentration de l'ozone et dans la seconde partie à la mesure de la vitesse des vents.

PARTIE 1 - Mesure de la concentration d'ozone

L'indice ATMO est un indicateur de la qualité de l'air qui repose sur la concentration de 4 polluants (dioxyde d'azote, particules de diamètre inférieur à 10 μm , ozone, dioxyde de soufre).

Cet indice permet de disposer d'une information synthétique sur la pollution atmosphérique urbaine. Il est calculé chaque jour dans les agglomérations de plus de 100000 habitants.

Un bulletin quotidien rapporte l'ensemble des informations sur une carte de France. Les agglomérations sont repérées par une couleur en fonction de la qualité de l'air estimée :

- excellente à assez bonne : vert ;
- moyenne à très médiocre : orange ;
- mauvaise à exécration : rouge.

L'étude porte sur le fonctionnement d'un dispositif de mesure de la concentration du polluant ozone et de l'affichage du niveau de pollution basé sur trois couleurs.

Le système se décompose de la manière suivante :

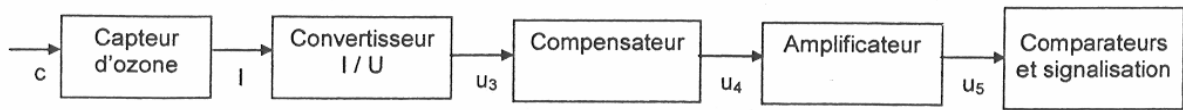


Figure 1

Pour cette première partie, tous les amplificateurs opérationnels du système de la première partie sont alimentés par des tensions considérées constantes : $\pm V_{cc} = \pm 15 \text{ V}$

1 Capteur d'ozone.

Le capteur d'ozone est formé d'une photodiode sensible aux rayonnements ultraviolets (UV) et polarisée en inverse.

L'intensité du courant inverse I qui traverse la photodiode est une fonction affine de la concentration d'ozone c selon la loi :

$$I = I_0 (1 - c \times 10^{-4}) \text{ avec :}$$

$I_0 = 100 \mu\text{A}$: intensité du courant lorsque l'air ne contient aucune molécule d'ozone;
 c : concentration d'ozone en $\mu\text{g.m}^{-3}$.

1.1 Déterminer les valeurs de l'intensité du courant I pour les concentrations $c = c_0 = 0$ et $c = 360 \mu\text{g.m}^{-3}$.

1.2 Donner le sens de variation de l'intensité du courant I en fonction de la concentration d'ozone c .

2 Mise en forme

Les amplificateurs opérationnels A1, A2 et A3 fonctionnent en régime linéaire.

Le capteur est modélisé par un générateur de courant idéal d'intensité I .

L'information issue du capteur d'ozone est mise en forme de la manière suivante :

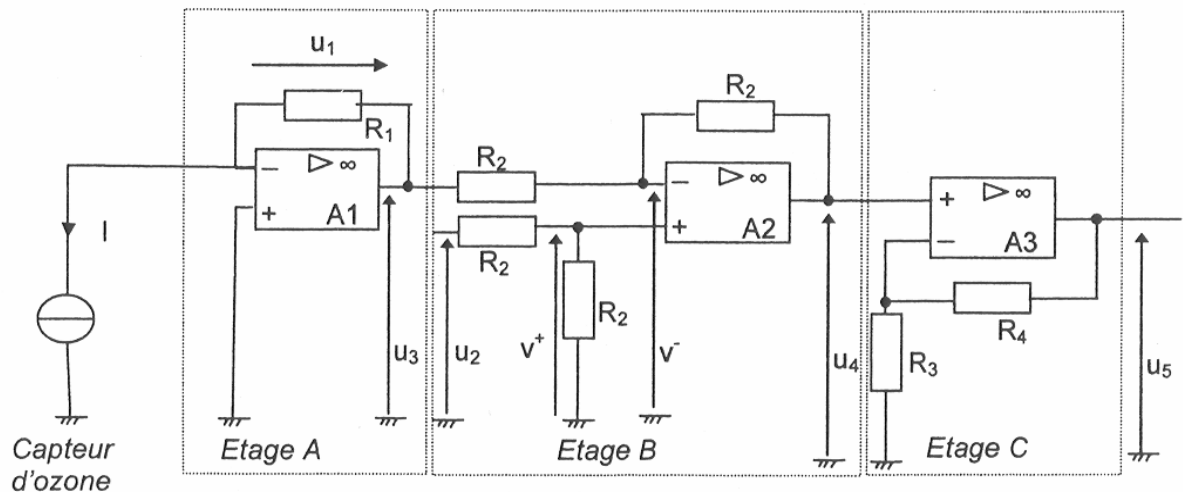


Figure 2

2.1 Etage A

2.1.1 Montrer que la tension u_1 peut s'écrire sous la forme : $u_1 = -a \times c + u_0$.

On donne $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$.

2.1.2 Calculer les valeurs de a et u_0 . Précisez les unités de a et u_0 .

2.1.3 Déterminer la relation entre la tension u_3 et la tension u_1 .

2.1.4 Identifier la fonction de l'étage A à partir du schéma de la **figure 1**.

2.2 Etage B

u_2 est une tension de référence interne au montage.

2.2.1 Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel **A2** ?

Justifier la réponse.

2.2.2 Exprimer le potentiel v^+ en fonction de la tension u_2 .

2.2.3 Exprimer le potentiel v^- en fonction des tensions u_3 et u_4 .

2.2.4 En déduire l'expression de la tension u_4 en fonction des tensions u_2 et u_1 .

2.2.5 Quelle est la fonction mathématique réalisée par l'étage B ?

On donne la tension $u_2 = 10 \text{ V}$.

2.2.6 Montrer que la tension u_4 peut s'écrire sous la forme $u_4 = k \times c$.

2.2.7 Quelle est la valeur de k ? Préciser son unité.

2.3 Etage C

2.3.1 Exprimer la tension u_5 en fonction des résistances R_3 et R_4 et de la tension u_4 .

On donne $R_3 = 4,7 \text{ k}\Omega$.

On souhaite obtenir une tension $u_5 = 1,8 \text{ V}$ lorsque la concentration maximale en ozone est $c_{\max} = 360 \mu\text{g.m}^{-3}$.

2.3.2 Calculer la résistance R_4 .

2.3.3 Tracer, sur la copie, l'allure de la tension u_5 en fonction de la concentration d'ozone c .

Faire apparaître sur le graphique les points correspondant à $c = 90 \mu\text{g.m}^{-3}$ et $c = 180 \mu\text{g.m}^{-3}$.

3 Dispositif de signalisation

Principe de fonctionnement

Le dispositif de signalisation est destiné à visualiser les zones correspondant à trois niveaux de qualité de l'air : excellente à assez bonne, moyenne à très médiocre, mauvaise à exécration.

La signalisation est assurée par trois diodes électroluminescentes de couleur : verte, orange et rouge :

Qualité de l'air	Concentration c ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Signalisation lumineuse
Excellente à assez bonne	0 à 90	Verte
Moyenne à très médiocre	91 à 180	Orange
Mauvaise à exécration	$c > 180$	Rouge

Le schéma structurel du dispositif est représenté figure 3.

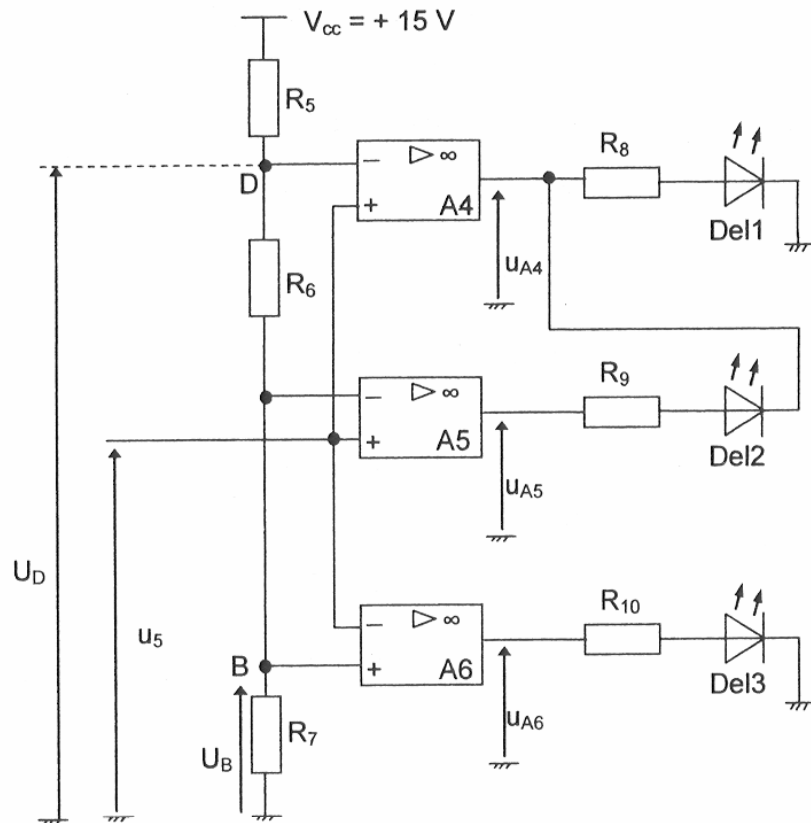


Figure 3

La tension u_5 de l'étage C précédent est comparée à deux tensions de seuil U_D et U_B .

3.1 Détermination des seuils

Les tensions de seuils sont élaborées par l'ensemble des résistances R_5 , R_6 et R_7 .

$R_6 = R_7 = 4,7 \text{ k}\Omega$, R_5 est à déterminer.

On désire obtenir une tension $U_D = 0,9 \text{ V}$.

3.1.1 Calculer la valeur de la résistance R_5 .

3.1.2 En déduire la valeur de la tension U_B .

3.2 Etage de comparaison

Déterminer les valeurs des tensions de sortie u_{A4} , u_{A5} et u_{A6} dans les différentes conditions présentées dans le tableau du document réponse n°1.

3.3 Signalisation

Trois diodes électroluminescentes **Del1**, **Del2** et **Del3** indiquent les zones correspondantes aux trois niveaux de qualité de l'air.

3.3.1 Déterminer l'état des diodes électroluminescentes **Del1**, **Del2** et **Del3** en fonction des tensions de sortie u_{A4} , u_{A5} et u_{A6} des circuits **A4**, **A5** et **A6** en complétant le tableau du document réponse n°1.

3.3.2 En déduire la couleur à utiliser pour les diodes **Del 1**, **Del 2** et **Del 3** (document réponse n°1).

PARTIE 2 - Mesure de la vitesse des vents

Cette deuxième partie est totalement indépendante de la précédente.
Les tensions notées $u_1, u_2, \dots$ et les résistances notées $R_1, R_2, \dots$ n'ont aucun lien avec les tensions ou les composants portant les mêmes symboles dans la première partie.

Le schéma fonctionnel du dispositif est représenté figure 4

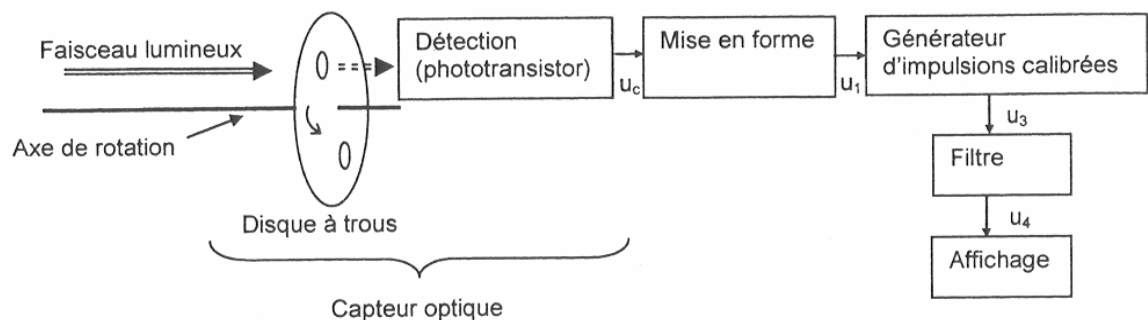


Figure 4

1 Capteur optique

Le rotor tourne sous l'action du vent à une fréquence de rotation notée n . L'axe du rotor est solidaire d'un disque percé de **deux trous**. Le phototransistor détecte le signal lumineux produit par le passage d'un trou devant le faisceau.

Le constructeur du capteur indique une relation entre la vitesse du vent v en km.h^{-1} et la fréquence de rotation du disque n en tr.s^{-1} .

$$v = 3 + 7,308 n$$

- 1.1 La vitesse du vent maximale admissible $v_{\max}$ est de 180 km.h^{-1} . Déterminer la fréquence de rotation maximale du disque $n_{\max}$.
- 1.2 Déterminer, en km.h^{-1} , la vitesse minimale de vent $v_{\min}$ que peut détecter le capteur.

2 Détection

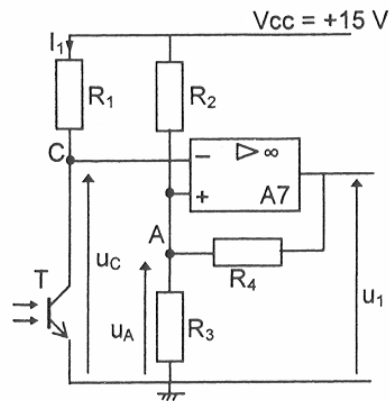


Figure 5

Les tensions d'alimentation de l'amplificateur opérationnel **A7** sont **0 V** et **+15 V**.

On donne $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$.

Le phototransistor **T** détecte de la lumière lorsqu'un trou est en face du faisceau lumineux.

Dans cette partie, le phototransistor **T** est considéré comme un interrupteur parfait :

- en absence de lumière le phototransistor est bloqué ; il est considéré comme un interrupteur ouvert ;
- en présence de lumière le phototransistor est saturé ; il est considéré comme un interrupteur fermé.

- 2.1** Donner la valeur de la tension u_c pour les deux modes de fonctionnement du phototransistor.
- 2.2** Lorsque le transistor est saturé, calculer l'intensité I_1 du courant qui traverse la résistance R_1 .
- 2.3** Lorsque le transistor est saturé, calculer la puissance P dissipée par la résistance R_1 .

3 Mise en forme du signal

3.1 A partir de la **figure 5**, préciser le mode de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel **A7**.

Vu de l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel **A7**, on peut remplacer l'ensemble des résistances **R₂** et **R₃** avec la source de tension **V_{cc}** (**figure 5**) par leur modèle équivalent de Thévenin **{E_{th} ; R_{th}}** schématisé **figure 6**.

3.2 Justifier que :

$$E_{th} = V_{cc} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad \text{et} \quad R_{th} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$$

3.3 Calculer les valeurs de **E_{th}** et **R_{th}**

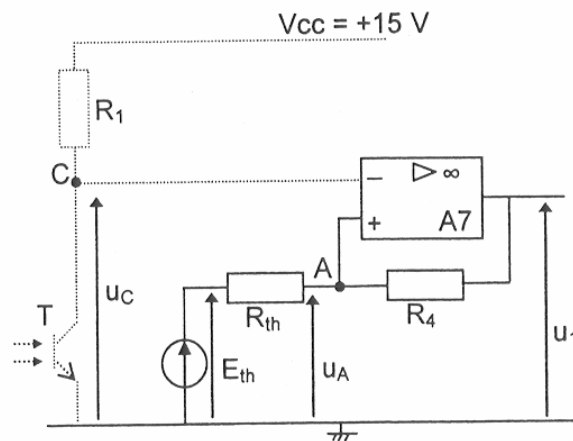


Figure 6

- 3.4** Exprimer la tension **u_A** en fonction des résistances **R_{th}**, **R₄** et des tensions **E_{th}** et **u₁**.
- 3.5** Calculer la valeur **V_H** (seuil haut) de la tension **u_A** quand la tension **u₁** est égale à **+15 V**.
- 3.6** Calculer la valeur **V_B** (seuil bas) de la tension **u_A** quand la tension **u₁** est égale à **0 V**.
- 3.7** Tracer sur le **document réponse 2** la caractéristique **u₁ = f(u_C)** et justifier son allure.
- 3.8** Indiquer le sens de parcours du cycle sur le **document réponse 2**.

Dans la réalité le transistor n'est pas parfait, on donne sur le **document réponse 3** l'évolution de la tension **u_C** en fonction du temps.

3.9 Sur ce document :

- indiquer l'état **bloqué** ou **saturé** du phototransistor **T**;
- tracer les niveaux de commutation sur le graphique **u_C(t)** ;
- tracer l'allure de la tension **u₁** en fonction du temps.

4 Générateur d'impulsions calibrées.

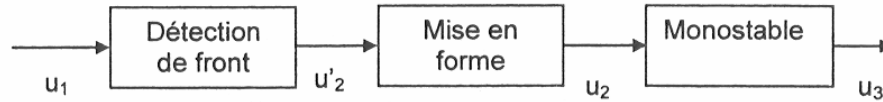


Figure 7

On utilise un monostable qui délivre une impulsion d'amplitude **15 V** de durée **2 ms** à chaque front descendant de u_1 .
Les circuits de détection de front et de mise en forme ne sont pas étudiés.

4.1 Etude du monostable

Le circuit monostable est réalisé à partir de portes NON OU de technologie CMOS, alimentées en 0V / 15V.

V_L représente la tension de basculement des entrées : $V_L = V_{DD}/2 = 7,5 \text{ V}$.
On rappelle la table de vérité d'une porte NON OU :

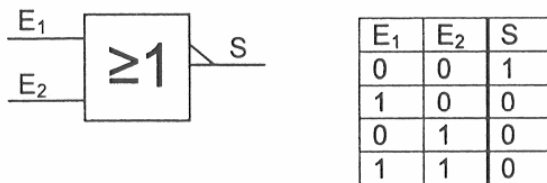


Schéma structurel du monostable

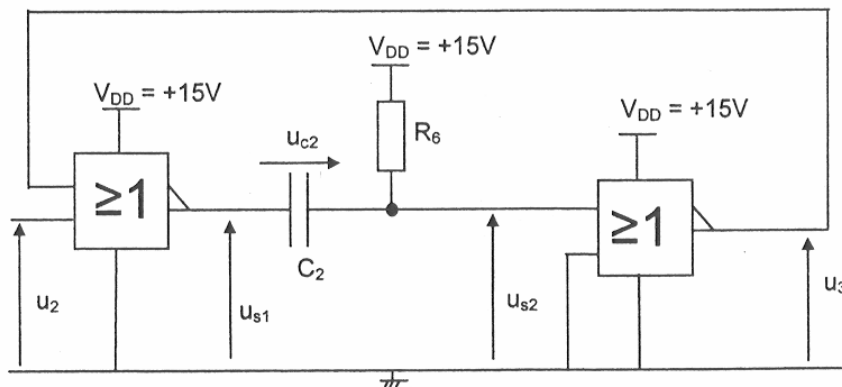


Figure 8

La durée de l'état instable du monostable est donnée par l'expression : $T_0 = 0,69 R_6 \times C_2$.

On donne $C_2 = 47 \text{ nF}$.

4.1.1 Calculer la valeur de R_6 de manière à obtenir la valeur $T_0 = 2 \text{ ms}$.

4 Générateur d'impulsions calibrées.

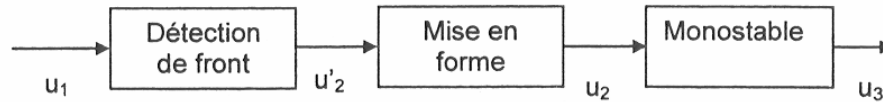


Figure 7

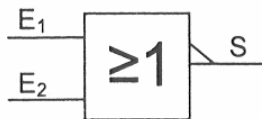
On utilise un monostable qui délivre une impulsion d'amplitude **15 V** de durée **2 ms** à chaque front descendant de u_1 .
Les circuits de détection de front et de mise en forme ne sont pas étudiés.

4.1 Etude du monostable

Le circuit monostable est réalisé à partir de portes NON OU de technologie CMOS, alimentées en 0V / 15V.

V_L représente la tension de basculement des entrées : $V_L = V_{DD}/2 = 7,5 \text{ V}$.

On rappelle la table de vérité d'une porte NON OU :



E_1	E_2	S
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Schéma structurel du monostable

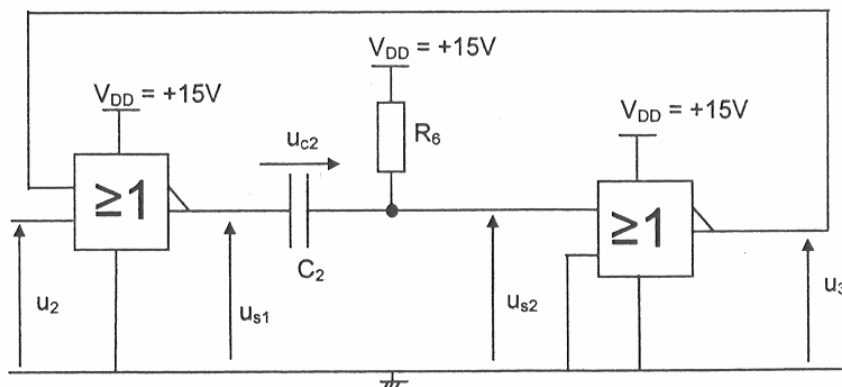


Figure 8

La durée de l'état instable du monostable est donnée par l'expression : $T_0 = 0,69 R_6 \times C_2$.

On donne $C_2 = 47 \text{ nF}$.

4.1.1 Calculer la valeur de R_6 de manière à obtenir la valeur $T_0 = 2 \text{ ms}$.

La tension de commande du monostable u_2 est représentée **document réponse n°3**.

A l'état de repos, $u_2 = 0 \text{ V}$.

4.1.2 Déterminer alors la valeur de repos des tensions u_{s2} , u_3 , u_{s1} , et u_{c2} .

A un instant $t = t_0$, la tension u_2 passe à **+15 V** pendant une durée Δt très brève, $\Delta t \ll 1 \text{ ms}$.

4.1.3 Tracer, sur le **document réponse n°3**, l'évolution de la tension u_3 en concordance de temps avec la tension u_2 .

4.2 Etude du filtrage.

Afin d'obtenir une tension continue image de la vitesse, on filtre la tension u_3 issue du monostable.

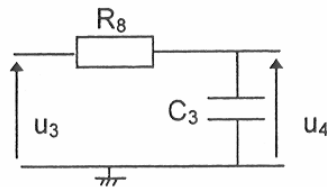


Figure 9

4.2.1 Pour étudier la réponse en fréquence du filtre, on applique à son entrée une tension u_3 sinusoïdale. Aux tensions u_3 et u_4 , on associe les nombres complexes $\underline{U}_3$ et $\underline{U}_4$.

- Déterminer l'expression de la fonction de transfert complexe du filtre $\underline{T} = \frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_3}$ en fonction de R_8 , C_3 et de la pulsation ω .
- Déterminer son module T .
- Calculer T pour $\omega = 0$ et pour $\omega \rightarrow \infty$. En déduire la nature du filtre.
- Etablir l'expression de la fréquence de coupure f_c en fonction des éléments du circuit.
- On souhaite obtenir une fréquence de coupure $f_c = 0,1 \text{ Hz}$ quand la résistance $R_8 = 330 \text{ k}\Omega$. Calculer la valeur de la capacité du condensateur C_3 .

4.2.2 On applique à l'entrée du filtre une tension u_3 dont on donne l'évolution temporelle **figure 10**.

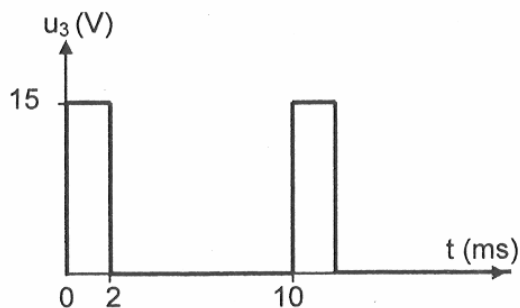


Figure 10

- a Calculer la composante continue $\langle U_3 \rangle$ du signal u_3 .
- b Déterminer la fréquence de la composante fondamentale du spectre de ce signal.

On suppose que le filtre ne laisse pas passer les harmoniques de la tension u_3 dont la fréquence est supérieure à la fréquence de coupure f_c .

- c Représenter sur la copie l'allure du spectre d'amplitude de la tension u_4 en fonction de la fréquence.
- d Représenter sur la copie l'allure du signal de sortie du filtre u_4 en fonction du temps.
- e Quel est le rôle du filtre ?

5 L'affichage

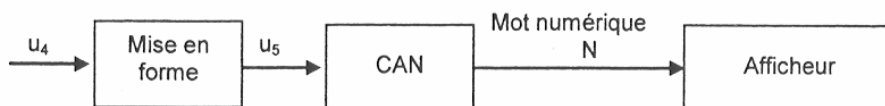


Figure 11

La tension u_4 issue du filtre dépend de la vitesse du vent v exprimée en km.h^{-1} selon la relation suivante :

$$u_4 = 8,21 \cdot 10^{-3} \times v - 2,46 \cdot 10^{-2}$$

La fonction « mise en forme » permet d'obtenir une tension u_5 liée à u_4 selon la relation :

$$u_5 = u_4 + 2,46 \cdot 10^{-2}$$

5.1 Exprimer la tension u_5 en fonction de la vitesse du vent v .

Pour numériser la tension u_5 , on emploie un convertisseur analogique / numérique (CAN). On note N la valeur décimale du mot numérique codé en binaire naturel. On considère que l'afficheur placé à la suite du CAN indique sur 3 digits la valeur de N , comme le montre l'exemple suivant :

pour une vitesse maximale de 180 km.h^{-1} , la valeur 180 est affichée.

5.2 Exprimer la tension u_5 en fonction du mot numérique N .

5.3 En déduire le quantum q du CAN.

5.4 Doit-on choisir un CAN à 4 bits ou à 8 bits pour cette application ? Justifier la réponse.

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

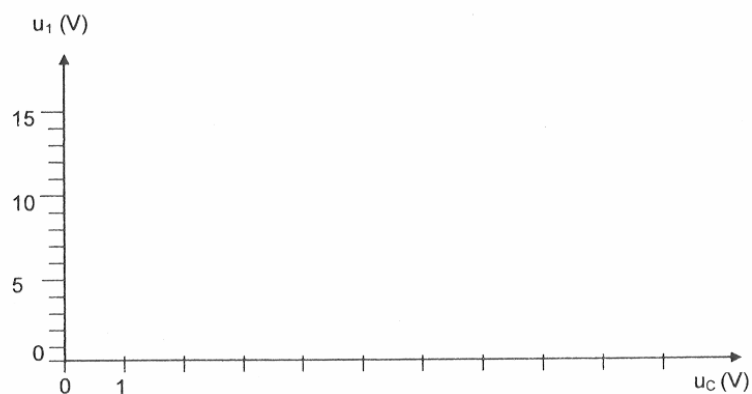
Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

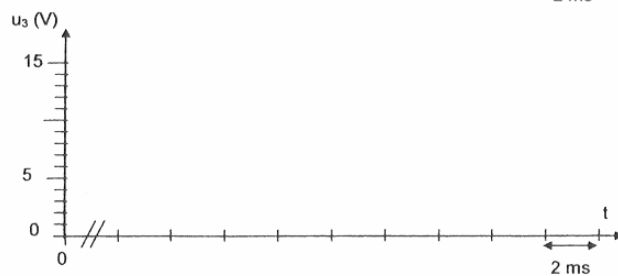
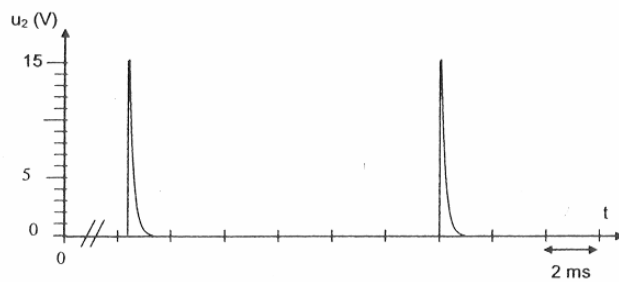
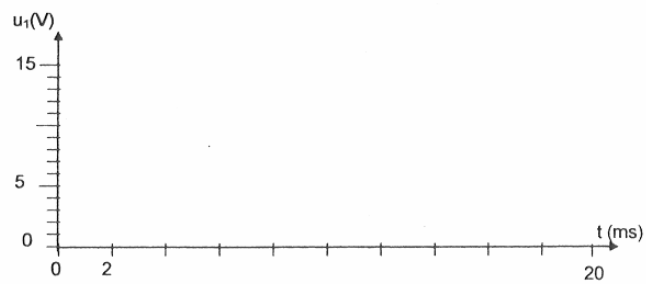
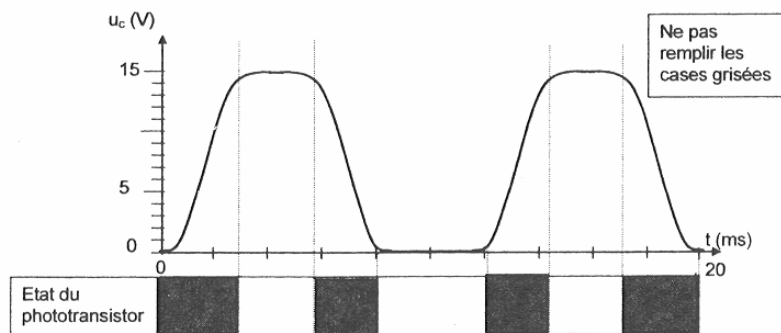
DOCUMENT REPONSE N° 1

				Etat des diodes		
	U_{A4} (V)	U_{A5} (V)	U_{A6} (V)	Del1	Del2	Del3
$u_5 < U_B$						
$U_D > u_5 > U_B$						
$u_5 > U_D$						
Couleur des DEL						

DOCUMENT REPONSE N° 2



DOCUMENT REPONSE N° 3



BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
Session 2008

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES
« Génie Électronique »

Épreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

8 PYEL ME1/LR1

ERRATA

Page 7

Question **3.1**, ligne 5 :

LIRE : modèle équivalent de Thévenin $\{E_{th} ; R_{th}\}$ schématisé **figure 6**.

Question **3.9** :

LIRE : b) tracer les niveaux de commutation sur le graphique $u_c(t)$;

LIRE : c) tracer l'allure de la tension $u_1(t)$ en fonction du temps.