

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 10/14.
- Document Réponse n°2 page 11/14.
- Document Réponse n°3 page 12/14.
- Document Réponse n°4 page 13/14.
- Document Réponse n°5 page 14/14.

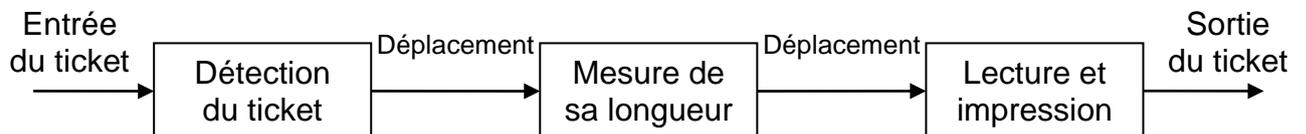
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 14

ÉTUDE D'UN VALIDEUR DE TITRE DE TRANSPORT

INTRODUCTION : Un valideur de titre de transport est un appareil installé à bord des véhicules de transport public comme les bus et les tramways. Il contrôle la validité du titre de transport (ou ticket) des usagers.

Une fois que le titre de transport est inséré dans la fente d'introduction, il est détecté par un capteur optique, puis déplacé vers un autre capteur optique afin d'être mesuré. Il est ensuite acheminé vers des têtes de lecture et d'écriture magnétiques qui contrôlent la validité du titre, puis vers la tête d'impression qui permettra au contrôleur de vérifier que le titre a bien été composté. Le déplacement du titre se fait grâce à un système de courroies, de poulies et de roues crantées, entraînées par un moteur à courant continu.



- Partie A.1. Étude de la liaison optique entre émetteur et récepteur (4 points).
- Partie A.2. Étude du signal électrique de sortie des capteurs (4 points).
- Partie B.1. Création de la tension de commande du moteur (2 points).
- Partie B.2. Étude du filtre (3,5 points).
- Partie C : Étude du moteur à courant continu (4 points).
- Partie D : Étude de la partie mécanique (2,5 points).

Rappels :

1 μ (1 micro) correspond à 10^{-6} .
1 n (1 nano) correspond à 10^{-9} .
1 $\text{mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 14

Partie A : Étude des capteurs optiques

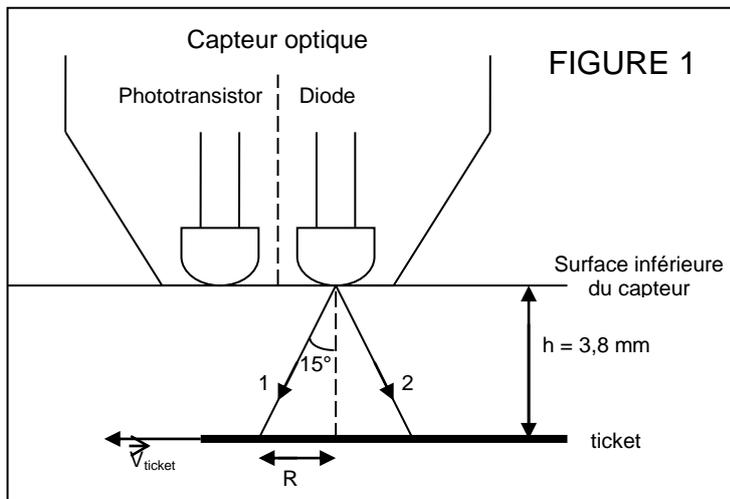
Les données suivantes sont valables pour les parties A.1 et A.2.

Les capteurs optiques d'entrée sont des détecteurs à réflexion, composés d'une diode émettrice et d'un phototransistor (figure 1). Le titre de transport présent réfléchit le faisceau de la diode vers la surface sensible du phototransistor : celui-ci est alors saturé. En absence de titre, le phototransistor est bloqué.

Caractéristiques de l'émetteur et du récepteur du capteur optique :

	Diode			Phototransistor			
Paramètres	Longueur d'onde	Puissance lumineuse émise	Intensité du courant dans la diode	Longueur d'onde	Puissance lumineuse minimum de saturation	Tension de saturation	Intensité à l'état bloqué
Symboles	λ	Φ_d	I_f	λ	Φ_{ph}	V_{cesat}	I_c
Valeurs	930 nm	0,5 mW	20 mA	930 nm	0,04 mW	1 V	0 A

- Partie A.1. Étude de la liaison optique entre émetteur et récepteur (4 points).



Le faisceau fourni par la diode est délimité sur la figure par les rayons 1 et 2 et son angle d'ouverture est de 15° :

la tache du faisceau portée sur le titre est donc circulaire et de rayon R .

La distance h entre le capteur et le ticket est de 3,8 mm.

A.1.1 On rappelle que le domaine des longueurs d'onde de la lumière visible s'étend de 400 nm (violet) à 700 nm (rouge). Dans quel domaine la radiation produite par la diode est-elle située ?

A.1.2 Démontrer que le rayon de la tache portée sur le ticket est $R = 1,02$ mm.

A.1.3 Vérifier que l'aire S de cette tache circulaire est égale à $3,27$ mm².

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 14

- A.1.4 Tracer, sur la figure 9 du DOCUMENT RÉPONSE N°1, la suite des rayons 1 et 2 après réflexion.
- A.1.5 Calculer le rayon R' de la tache circulaire formée sur la surface inférieure du capteur.
- A.1.6 Démontrer que l'aire S' de cette tache est quatre fois plus grande que S .
- A.1.7 Calculer l'éclairement E (en W.m^{-2}) sur cette surface d'aire S' , sachant que toute la puissance lumineuse émise par la diode a été renvoyée par le ticket. On rappelle que l'éclairement correspond à la puissance lumineuse reçue par unité de surface en un lieu donné.
- A.1.8 La surface sensible du transistor est de 5 mm^2 . Quelle est la puissance lumineuse Φ reçue par le phototransistor ?
- A.1.9 Cette puissance est-elle suffisante pour saturer le phototransistor ?
- Partie A.2. Étude du signal électrique de sortie des capteurs (4 points).

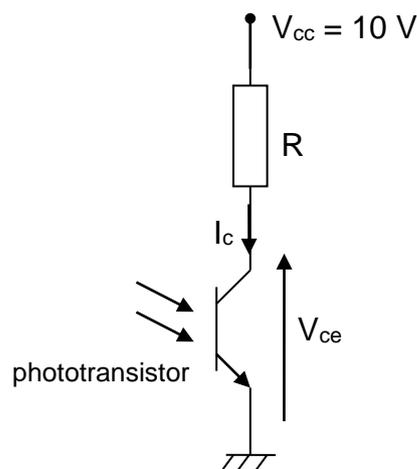


FIGURE 2

La figure 2 représente une partie du circuit dans lequel s'insère le phototransistor.

- A.2.1 Présence d'un ticket sous le capteur optique.
- A.2.1.1 Dans quel état se trouve le phototransistor ?
- A.2.1.2 Que vaut la tension V_{ce} ?

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 14

A.2.2 Absence de ticket sous le capteur.

A.2.2.1 Dans quel état se trouve le phototransistor ?

A.2.2.2 Que vaut I_c ?

A.2.2.3 En déduire la tension aux bornes de R.

A.2.2.4 Calculer la tension V_{ce} .

Un ticket entre dans le valideur à la vitesse $V_{\text{ticket}} = 0,825 \text{ m.s}^{-1}$. Deux capteurs optiques (appelés 1 et 2), identiques à celui étudié ici, sont placés à l'entrée du valideur afin de détecter le ticket et de mesurer sa longueur pour de refuser les titres non conformes.

A.2.3 Identifier, grâce à la figure 10 du document réponse, l'instant t_1 où le ticket est détecté par le capteur 1.

A.2.4 Indiquer à quel instant t_2 il quitte la zone de détection du capteur.

A.2.5 Connaissant la vitesse V_{ticket} du ticket, calculer la longueur de celui-ci.

A.2.6 Le capteur 2 étant placé à 66 mm du premier, représenter, sur la figure 10 du DOCUMENT RÉPONSE N°2, la tension V_{ce2} aux bornes du phototransistor 2.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 14

Partie B : Commande du moteur.

- Partie B.1. Création de la tension de commande du moteur (2 points).

Le circuit de la figure 3 permet de délivrer une tension continue V_{moteur} qui servira pour l'alimentation du moteur à courant continu.

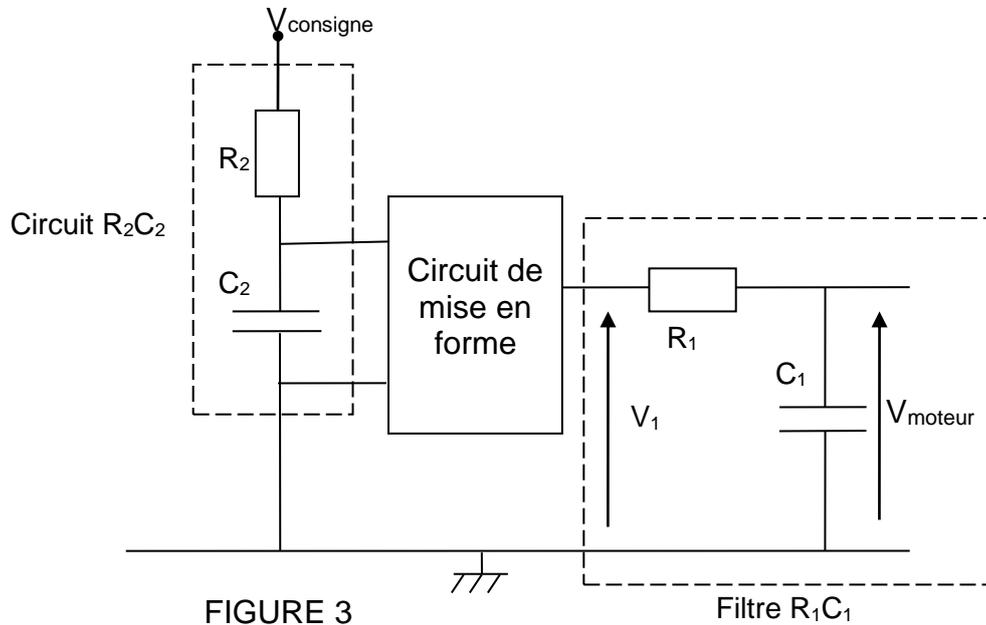


FIGURE 3

Filtre R_1C_1

B.1.1 Étude du circuit R_2C_2 (figure 4).

La tension V_2 est représentée sur la FIGURE 11 du DOCUMENT REPONSE N°3 lorsque la tension V_{consigne} passe de 0 à 5 V (à l'instant $t = 0$).

Donnée : $C_2 = 10 \text{ nF}$

La constante de temps d'un circuit RC s'écrit $\tau = RC$.

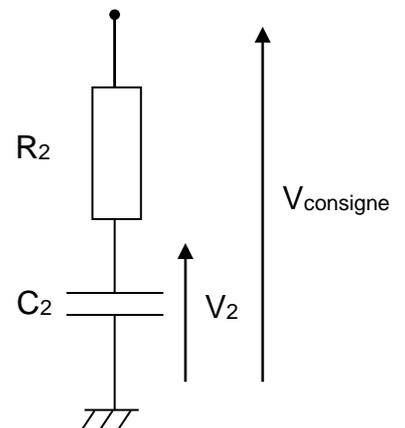


FIGURE 4

B.1.1.1 Déterminer graphiquement, à l'aide de la figure 11, la constante de temps τ par la méthode de votre choix.

B.1.1.2 En déduire la valeur de R_2 sachant que $C_2 = 10 \text{ nF}$.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 14

Ceci permet d'obtenir une tension V_1 représentée sur la FIGURE 13 du DOCUMENT RÉPONSE N°5.

B.1.1.3 Calculer la fréquence de cette tension V_1 .

B.1.1.4 Caractérisation de la tension V_1 .

B.1.1.4.1 Déterminer le rapport cyclique α de V_1 .

B.1.1.4.2 En déduire la valeur moyenne $\langle V_1 \rangle$ de V_1 .

B.1.2 Étude du filtre R_1C_1 (figure 5).

Données :

$C_1 = 4,7 \mu\text{F}$; $R_1 = 1000 \Omega$.

La caractéristique du gain G_{dB} ($G_{\text{dB}} = 20 \log \left| \frac{V_{\text{Moteur}}}{V_1} \right|$) en fonction de la fréquence du filtre R_1C_1 est donné sur la figure 6 ci-dessous.

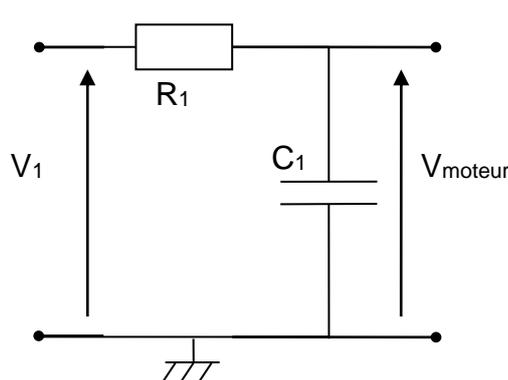


FIGURE 5

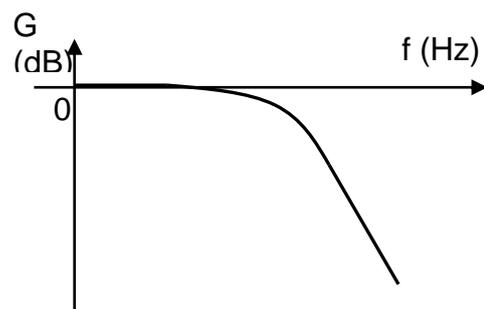


FIGURE 6

B.1.2.1 D'après la FIGURE 6, quelle est la nature de ce filtre ?

B.1.2.2 La fréquence de coupure d'un tel filtre s'écrit $f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$.

Calculer f_c .

B.1.2.3 Décomposition de $V_1(t)$. On donne les premiers termes de la décomposition en série de Fourier de la tension $V_1(t)$:

$$V_1(t) = 3,75 + 2,5 \cdot \sin(\omega t) + 1,75 \cdot \sin\left(2\omega t + \frac{\pi}{2}\right) - 0,82 \cdot \sin(3\omega t) \dots$$

$\omega = 2\pi \cdot 2500 \text{ rad/s}$ et $V_1(t)$ est exprimé en volt.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 14

B.1.2.3.1 A quoi correspondent les 3,75 V ?

B.1.2.3.2 Quel nom donne-t-on au terme $2,5 \cdot \sin(\omega t)$?

B.1.2.3.3 Quel est le nom donné aux termes suivants ?

B.1.2.4 Représenter les quatre premiers termes du spectre en amplitude de V_1 sur la figure 12 du DOCUMENT RÉPONSE N°4.

B.1.2.5 Placer la fréquence de coupure f_c sur ce graphique.

B.1.2.6 En déduire l'expression de V_{moteur} (tension de sortie du filtre R_1C_1) et la représenter sur la figure 13 du DOCUMENT RÉPONSE N°5.

• Partie C : Étude du moteur à courant continu (4 points).

Le moteur à courant continu étant à aimant permanent, on rappelle que la f.e.m. E peut s'écrire : $E = kn$ (avec n en tr/min).

Les caractéristiques de ce moteur sont les suivantes : $U = 24 \text{ V}$; $I = 1,1 \text{ A}$; $R = 3,5 \Omega$; $n = 3580 \text{ tr/min}$.

C.1 Exploitation des données du moteur.

C.1.1 Calculer la puissance P_a absorbée par le moteur.

C.1.2 Calculer la f.e.m. E .

C.1.3 Calculer la constante k . Quelle est son unité ?

C.1.4 Calculer les pertes par effet Joule.

C.1.5 Calculer la puissance utile P_u , sachant que les pertes autres que par effet Joule sont égales à 2 W.

C.1.6 Déduire de ce qui précède le rendement η du moteur.

C.2 Déterminer le moment du couple utile T_u .

C.3 On souhaite que la vitesse du moteur passe de $n = 3580 \text{ tr/min}$ à $n' = 3000 \text{ tr/min}$. Calculer la nouvelle f.e.m. E' .

C.4 En déduire la nouvelle valeur de U , si I reste inchangé.

C.5 Comment évolue la vitesse de rotation du moteur si I augmente (U restant constante) ? Expliquer pourquoi.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 14

- Partie D : Étude de la partie mécanique (2,5 points).

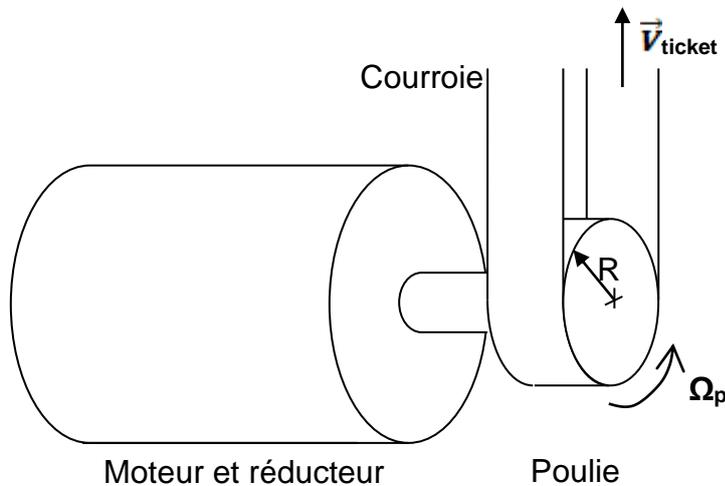


FIGURE 7

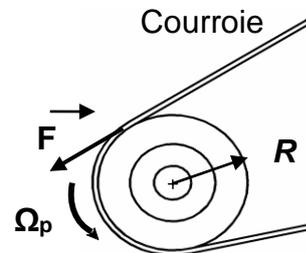


FIGURE 8

Le moteur entraîne un réducteur de rapport de réduction $\frac{1}{4}$ (figure 7). En sortie de réducteur, une poulie entraîne une courroie qui va permettre le déplacement du ticket (la courroie et le ticket ont la même vitesse). La vitesse de progression du ticket est limitée à $V_{\text{ticket}} = 0,825 \text{ m.s}^{-1}$.

Le rayon de la poulie est $R = 8,8 \text{ mm}$.

D.1 Déterminer la vitesse maximale de rotation Ω_p de la poulie.

D.2 Déterminer alors la vitesse de rotation Ω du moteur.

D.3 En déduire la vitesse n de rotation du moteur en tr/min.

D.4 La poulie en rotation à vitesse constante, soumise à un couple T par rapport à son axe de rotation, engendre sur la courroie une force \vec{F} de valeur F telle que : $T = F.R$.

Calculer la valeur F de cette force lorsque le moteur tourne (figure 8), sachant que le couple T est égal à $0,15 \text{ N.m}$.

D.5 Un objet soumis à une force \vec{F} et se déplaçant à la vitesse \vec{V} (colinéaire à \vec{F} et de même sens) reçoit la puissance : $P = F.V$.

Montrer que la puissance P fournie à la courroie est de 14 W .

D.6 Le moteur absorbant une puissance de $26,4 \text{ W}$, déterminer le rendement η de l'ensemble Moteur-Réducteur-Poulie.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE N°1
À rendre avec votre copie

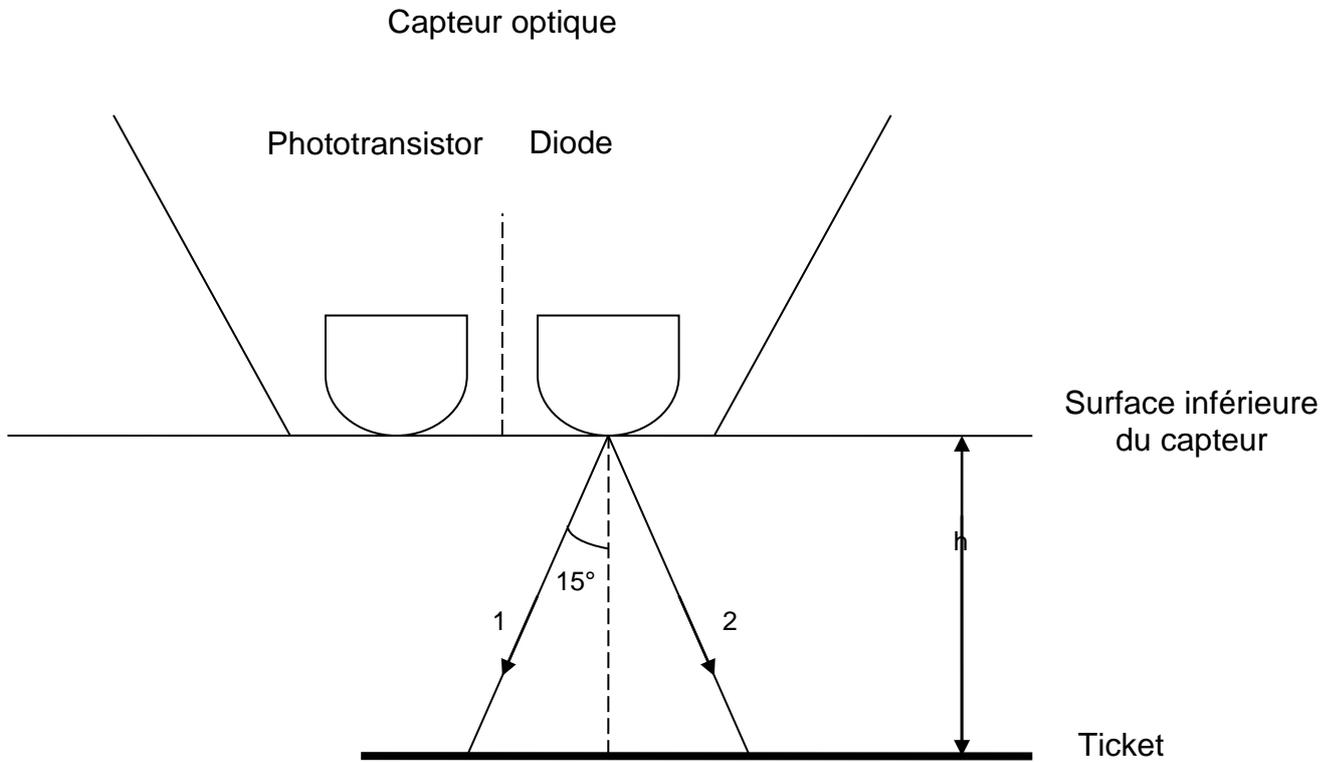


FIGURE 9

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 10 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE N°2
À rendre avec votre copie

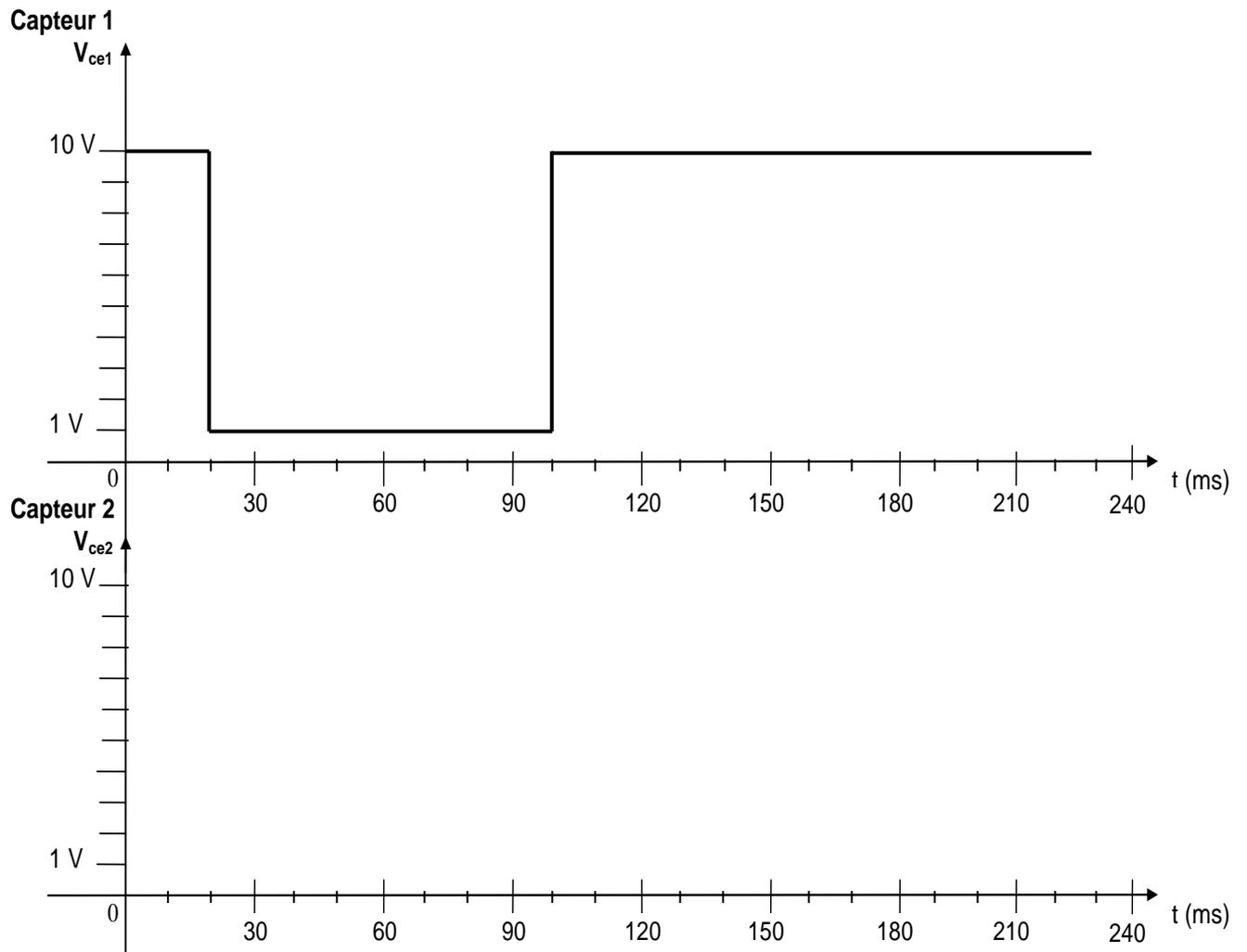


FIGURE 10

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE N°3
À rendre avec votre copie

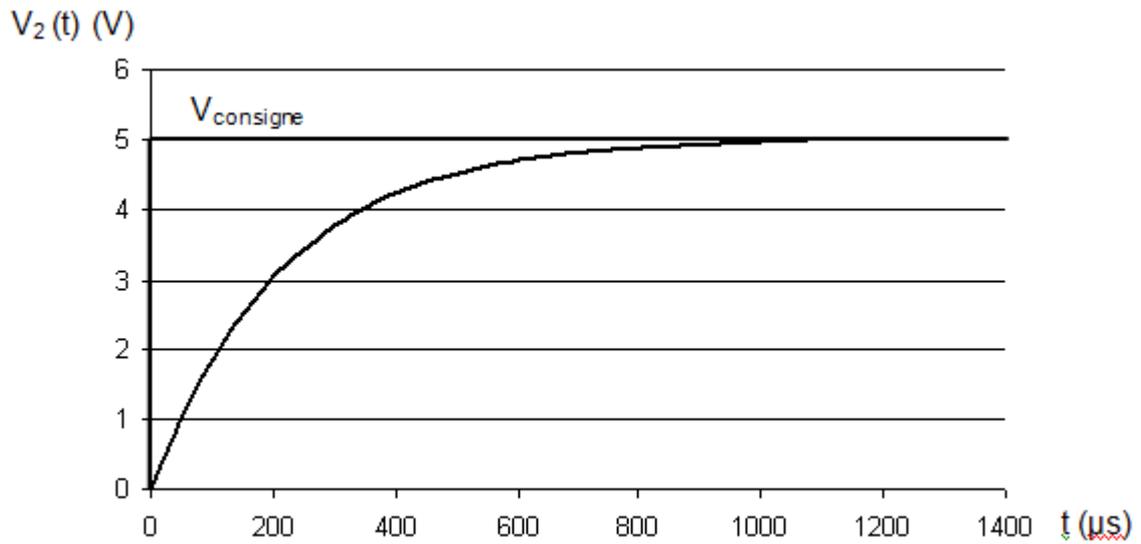


FIGURE 11

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 12 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE N°4
À rendre avec votre copie

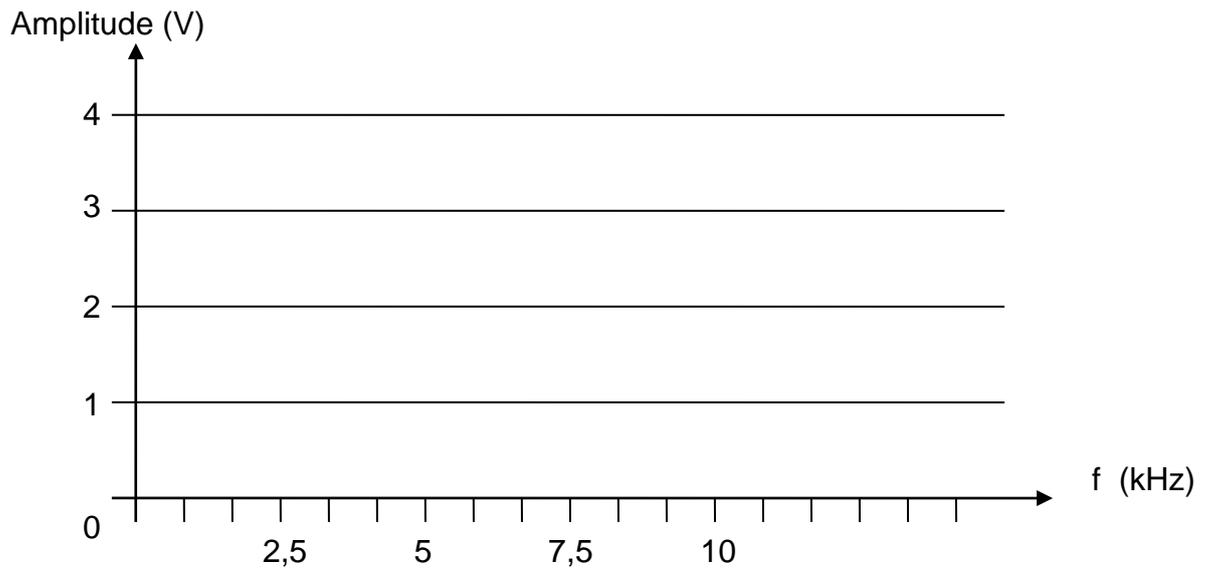


FIGURE 12

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 13 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE N°5
À rendre avec votre copie

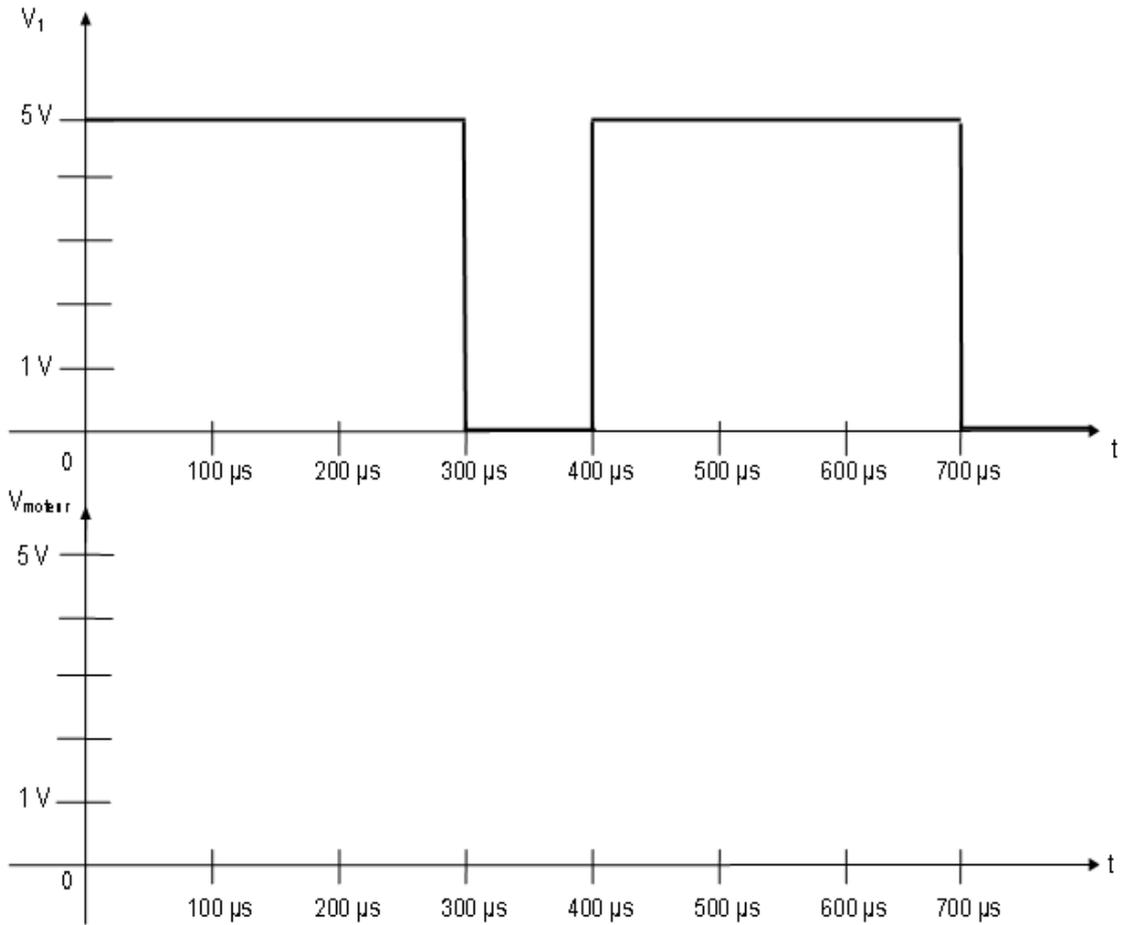


FIGURE 13

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 14 sur 14