Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TECHNIQUES PHYSIQUES POUR L'INDUSTRIE ET LE LABORATOIRE

ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2011

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé :
- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

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 est complet.
Le sujet se compose de 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

PARTIE OPTIQUE (durée conseillée 1 h 15)

ÉTUDE D'UN OBJECTIF D'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE

Les 3 parties sont indépendantes.
Les documents réponses à rendre avec la copie se trouvent à la fin du sujet.

Partie 1 : Étude de l'éclairement

L'objectif d'un appareil photographique donne d'un objet réel une image réelle. L'appareil étudié ici a un objectif de distance focale f ' = 50 mm qui comporte un diaphragme circulaire de diamètre D.

On définit le nombre d'ouverture N par le rapport : $N = \frac{f'}{D}$.

L'objectif est face à une source lumineuse étendue. On mesure l'éclairement E en fonction du nombre d'ouverture N grâce à un luxmètre. Les valeurs obtenues sont regroupées dans un tableau (voir **document réponse 1**, à rendre avec la copie).

1.1 - En appliquant la définition du nombre d'ouverture, compléter, en détaillant le calcul, la cellule vide de la troisième ligne du tableau (voir **document réponse 1**, à rendre avec la copie).

1.2 - Compléter et modéliser le graphe $E = f(D^2)$ sur le **document réponse 1** (à rendre avec la copie).

1.3 - En déduire la relation liant l'éclairement E au carré du diamètre du diaphragme D^2.

1.4 - Pour l'ensemble des valeurs de N :

1.4.1 - Compléter la dernière ligne du tableau en calculant le rapport des éclairements reçus pour deux valeurs successives de N, par exemple 2,8 et 4, puis 4 et 5,6… .

Donner la moyenne des valeurs obtenues.

1.4.2 - En déduire comment varie l'éclairement du film quand on passe d'un nombre d'ouverture au suivant.

Partie 2 : Traitement anti-reflet de l'objectif

Pour augmenter le flux lumineux transmis par l'objectif d'un appareil photographique, on traite les surfaces des lentilles qui le constituent par dépôt d'une couche mince.

On étudiera d'abord les phénomènes produits en réflexion par une lame à faces parallèles, les résultats de cette étude seront utilisés pour expliciter le traitement antireflet d'un objectif.

2.1 - On éclaire, sous incidence quasi normale i, à l'aide d'une source étendue monochromatique de longueur d'onde λ, une lame de verre à faces parallèles d'indice n et d'épaisseur e. Cette lame est placée dans l'air. On étudie les interférences produites par les ondes réfléchies. Le système est schématisé sur la **figure 1** ci-dessous. Les angles ne sont pas représentés à l'échelle.

Pour cette modélisation simplifiée, on ne tient compte que des deux premiers rayons réfléchis.

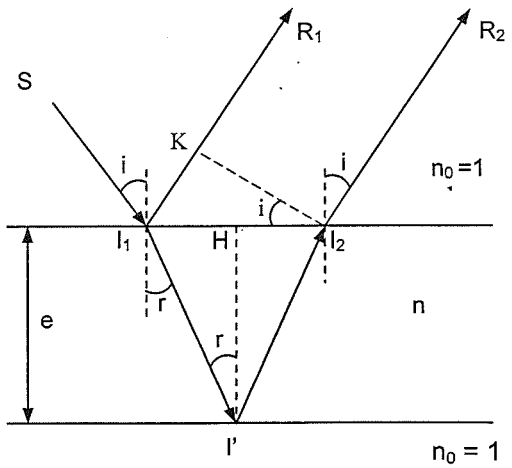


Figure 1

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

2.1.1 - Où les interférences sont-elles localisées ?

2.1.2 - Montrer que l'expression de la différence de marche entre les deux premiers rayons réfléchis s'écrit : $\delta = 2 \,.\, n \,.\, e \,.\, \cos(r) + \frac{\lambda}{2}$, où le terme $\frac{\lambda}{2}$ correspond à la réflexion d'un milieu moins réfringent sur un milieu plus réfringent.

2.2 - On dépose par vaporisation sous vide une couche mince de fluorure de magnésium d'indice n_1 sur la face de la lentille de l'objectif d'indice n_2 avec $n_2 > n_1 > 1$.
On éclaire la couche par une source étendue monochromatique de longueur d'onde λ sous une incidence quasi-normale. L'angle i n'a pas été représenté à l'échelle.

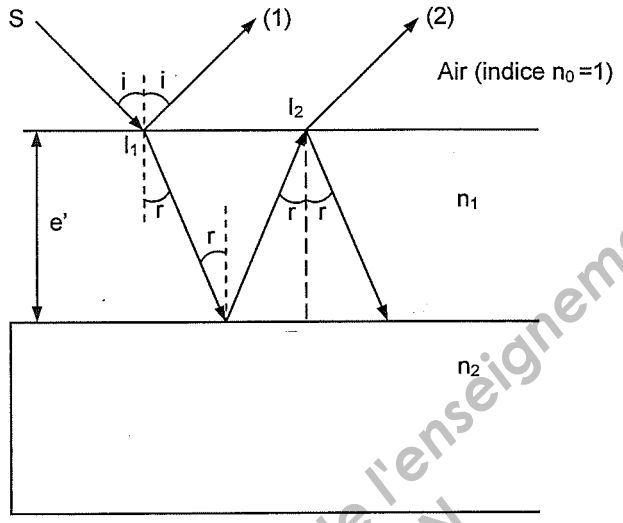


Figure 2

2.2.1 - Le coefficient de réflexion R en intensité pour le dioptre fluorure de magnésium-verre est :

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 .$$

2.2.1.1 - Exprimer le coefficient de réflexion R' en intensité pour le dioptre air-fluorure de magnésium.

2.2.1.2 - Calculer ces coefficients R et R' pour $n_1 = 1{,}35$ et $n_2 = 1{,}52$.

2.2.2 - Donner, dans le cas d'une incidence normale, l'expression du déphasage entre les deux ondes associées aux rayons (1) et (2) représentés.

2.2.3 - À quelle condition sur le déphasage φ l'intensité réfléchie I sera-t-elle minimale ?
En déduire la plus petite valeur possible de l'épaisseur e' de la couche mince en fonction de λ et de n_1.

Partie 3 : Comparaison de focales d'objectifs d'appareils photographiques

On peut lire sur la notice d'un fabricant d'appareil photographique numérique les données suivantes :

- Capteur CCD de dimension (13 x 17,6) mm^2.
- Objectif de focale 25 mm (notée f ') ; focale équivalente en 24 x 36 : 50 mm (notée f'_a).

On rappelle que le format standard des pellicules argentiques est de (24 x 36) mm^2.

3.1 - Sur le **document réponse 2** (à rendre avec la copie), compléter les tracés des rayons issus des bords d'un objet B situé à l'infini.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

3.2 - On appelle champ objet moyen l'angle ω entre les deux rayons extrêmes issus de **B**. L'image formée couvre le capteur ou la pellicule comme illustré ci-dessous :

$$d = \sqrt{L^2 + l^2}$$

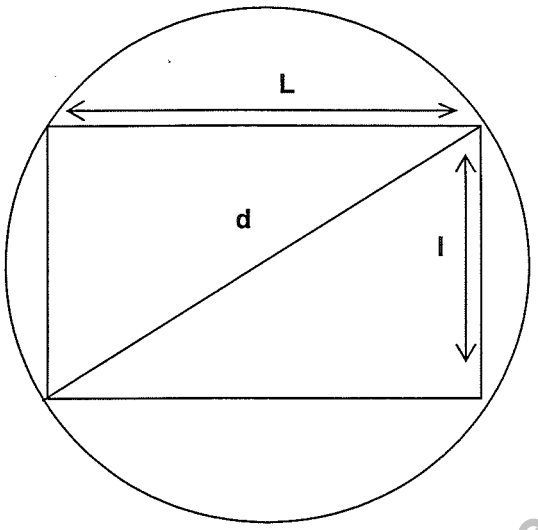


Figure 3

3.2.1 - En utilisant le **document réponse 2** que vous avez complété, établir la relation entre $\tan(\omega/2)$, d et f'.

3.2.2 - On souhaite couvrir le même champ objet ω en utilisant indifféremment un appareil photo numérique et un appareil photo argentique (avec un objectif de focale f'_a).
Dans ce cas, quelle relation aura-t-on entre la diagonale d_a de la pellicule argentique et celle d du capteur CCD, f' et f'_a ?

3.3 - En déduire alors pourquoi le fabricant peut proposer la conversion « 25 mm équivalent à 50 mm ».

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE (durée conseillée 1 h 15 min)

ÉTUDE DU TURBOMOTEUR

Les moteurs d'hélicoptères fonctionnent théoriquement selon un cycle de Joule.
L'admission de l'air, considéré comme un gaz parfait, donne l'état initial A (P_A, V_A, T_A).
Les caractéristiques du cycle sont les suivantes :

- compression adiabatique réversible amenant l'air de l'état A à l'état B (P_B, V_B, T_B) ;
- combustion isobare amenant le mélange d'air et de gaz brûlés à l'état C (P_C, V_C, T_C) ;
- détente adiabatique réversible l'air de l'état C à l'état D (P_D, V_D, T_D) ;
- refroidissement isobare permettant à l'air de se recycler jusqu'à l'état A.

On assimilera ce cycle à un cycle fermé contenant n moles de gaz parfait.

Données : $P_A = 1{,}0$ bar ; $T_A = -35$ °C ; $T_C = 1\,015$ °C ; $R = 8{,}314$ J.mol^{-1}.K^{-1} ;

Rapport des capacités thermiques : $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V} = 1{,}4$, où C_P et C_V sont respectivement les capacités thermiques à pression constante et à volume constant ;

Relation de Mayer : $C_P - C_V = n.R$;

Rapport de compression : $\tau = \dfrac{P_{maximum}}{P_{minimum}} = 15$.

Partie 1 : Étude du diagramme de Clapeyron du cycle

1.1 - Que peut-on dire des pressions P_B et P_C ? Justifier.
Donner les valeurs des pressions P_B et P_D.

1.2 - Donner l'allure de ce cycle dans un diagramme de Clapeyron, P = f(V), en indiquant la position des points A, B, C et D.
Le sens de parcours de ce cycle est-il en accord avec le type de machine proposé ?

1.3 - On donne la relation de Laplace pour une transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait en fonction des variables P et V : $PV^{\gamma} = Cte_1$. Établir, pour cette même transformation, la relation $P^{(1-\gamma)}T^{\gamma} = Cte_2$.

1.4 - En déduire l'expression de la température T_B en fonction des paramètres T_A et τ.
De la même façon exprimer la température T_D en fonction des paramètres T_C et τ.

1.5 - Calculer la température T_B à la sortie du compresseur du turbomoteur.

Partie 2 : Étude du rendement du turbomoteur

2.1 - Que peut-on dire des chaleurs échangées lors des transformations AB et CD ? Justifier.

2.2 - Lors de quelle transformation se fait l'échange de chaleur avec la source chaude ?

2.3 - Établir l'expression de C_P en fonction des paramètres R, n et γ.

2.4 - Exprimer la chaleur échangée lors de la transformation BC en fonction de n, R, γ, T_B et T_C.
De même, exprimer la chaleur échangée lors de la transformation DA en fonction de n, R, γ, T_A et T_D.

2.5 - En appliquant le premier principe, donner l'expression du travail pour ce cycle.

2.6 - Après avoir défini le rendement du turbomoteur, et l'avoir exprimé en fonction des températures T_A, T_B, T_C et T_D, montrer qu'il a pour expression : $\eta = 1 - \tau^{\left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)}$.

2.7 - Calculer le rendement de ce turbomoteur.

2.8 - Dans quel sens faire varier le rapport de compression pour avoir un meilleur rendement pour ce turbomoteur ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

PARTIE ÉLECTRICITÉ (durée conseillée 1 h 30)

MESURE ET AFFICHAGE DE LA VITESSE DE ROTATION D'UN MOTEUR

Le schéma fonctionnel est présenté **figure 4** :

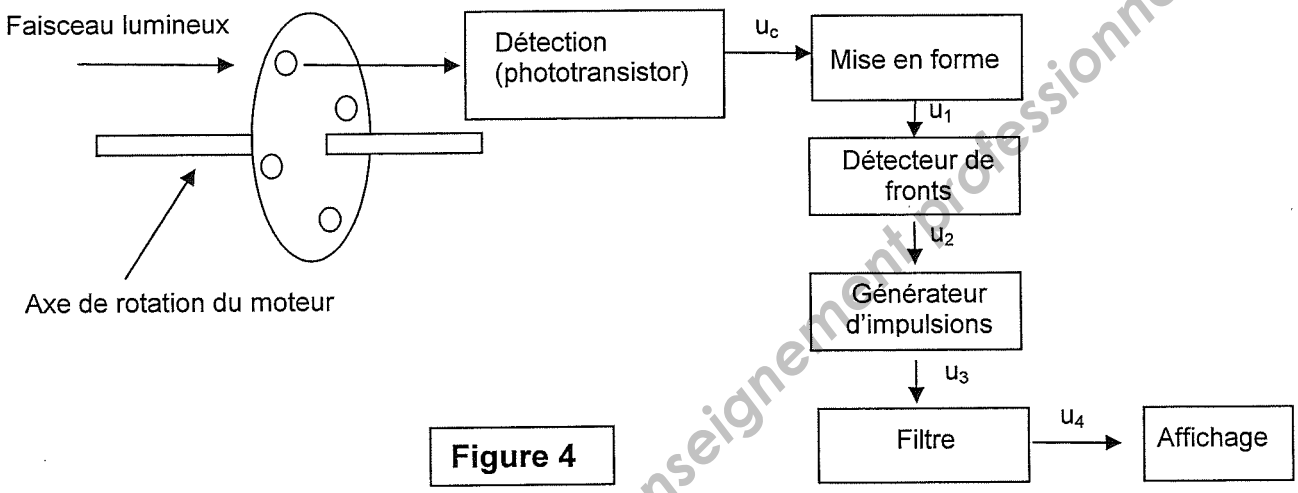


Figure 4

Dans ce sujet, tous les éléments de ce schéma ne sont pas étudiés.

Partie 1 : La détection

L'axe du rotor du moteur est solidaire d'un disque percé de quatre trous régulièrement répartis. Le phototransistor détecte le signal lumineux produit par le passage d'un trou devant le faisceau. Le phototransistor est considéré comme parfait :

- En absence de lumière, le phototransistor est bloqué : il est équivalent à un interrupteur ouvert.
- En présence de lumière, le phototransistor est saturé : il est équivalent à un interrupteur fermé.

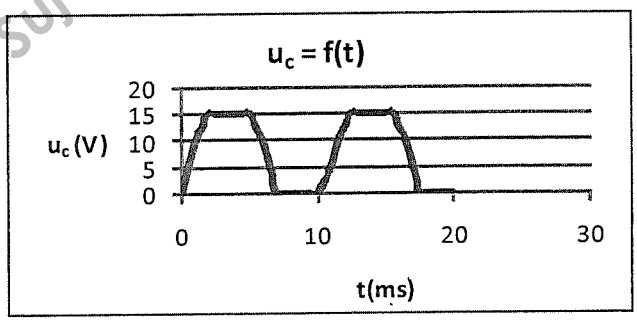


Figure 5

1.1 - À partir de la représentation de la tension u_c aux bornes du phototransistor sur la **figure 5**, déterminer la période T_c de u_c ; en déduire la valeur de sa fréquence f_c.

1.2 - Établir la relation entre la fréquence de rotation n (en $tr.s^{-1}$) du moteur et la fréquence f_c.

1.3 - Montrer que la vitesse de rotation N (en $tr.min^{-1}$) du moteur peut s'écrire : $N = \frac{15}{T_c}$ (où T_c est exprimée en s).

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau SCEREN

Partie 2 : La mise en forme du signal

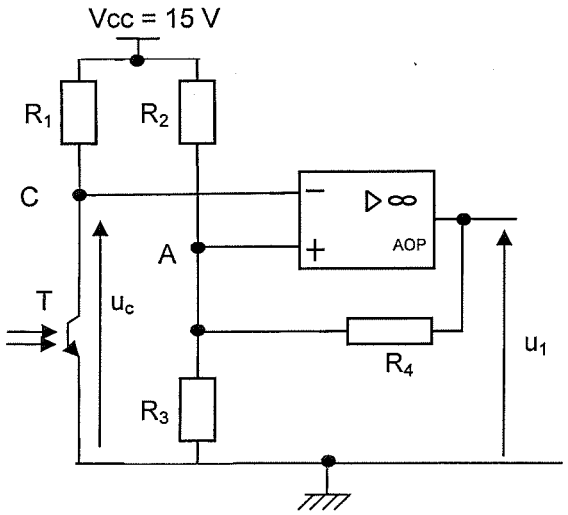


Figure 6

L'amplificateur opérationnel est considéré comme parfait (noté AOP) et est alimenté entre 0 V et Vcc = + 15 V. Ses tensions de saturation sont 0 V et 15 V.
On donne : $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 10\ k\Omega$.

2.1 - À partir de la **figure 6**, préciser le mode de fonctionnement de l'AOP. Justifier la réponse.

2.2 - Démontrer que la tension v_A entre le point A et la masse s'écrit : $v_A = \dfrac{Vcc + u_1}{3}$.

2.3 - Calculer la valeur V_H (seuil haut) de la tension u_C quand la tension u_1 est égale à V_{CC}.

2.4 - Calculer la valeur V_B (seuil bas) de la tension u_C quand la tension u_1 est égale à 0 V.

2.5 - Tracer sur le graphe 1 du **document réponse 3** (à rendre avec la copie) la caractéristique $u_1 = f(u_c)$ en précisant le sens de parcours.

2.6 - Tracer sur le graphe 2 du **document réponse 3** (à rendre avec la copie) la représentation de u_1 en concordance des temps avec u_C. On supposera qu'initialement, on a $u_1 = 15$ V.

Partie 3 : Le générateur d'impulsions calibrées

Le circuit monostable (**figure 7**) est réalisé à partir de portes NON OU de technologie CMOS, alimentées en 0 V / 15 V.
Le signal u_2 représenté (**figure 8**) est généré par un détecteur de front qui ne sera pas étudié.

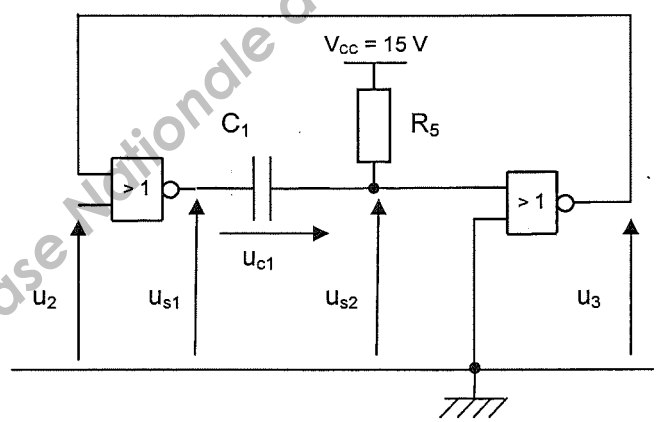


Figure 7

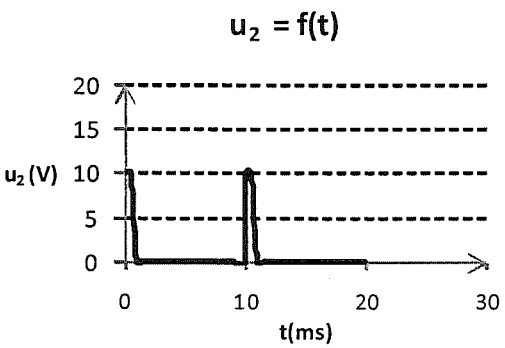


Figure 8

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau SCEREN

La tension de basculement des entrées est $V_{CC}/2 = 7,5$ V.
On rappelle la table de vérité d'une porte NON OU sur la **figure 9** :

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

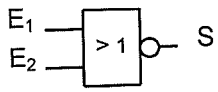


Figure 9

La durée de l'état instable du monostable est donnée par l'expression : $T_o = 0,69\ R_5 . C_1$.
On donne $C_1 = 47$ nF.

3.1 - Calculer la valeur de R_5 pour avoir $T_o = 2$ ms.

À l'état de repos, on a $u_2 = 0$ V et $u_{s1} = 15$ V.

3.2 - Déterminer les valeurs de repos des tensions u_{s2} et u_3.

Partie 4 : LE FILTRAGE

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

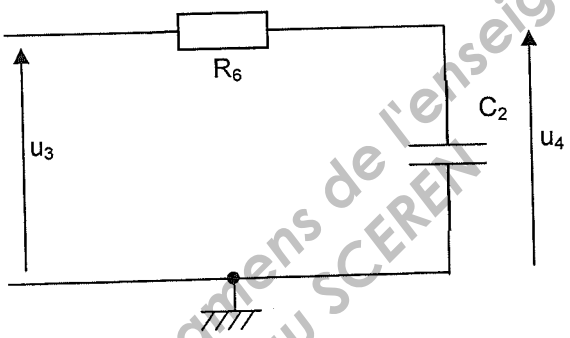


Figure 10

On donne ci-dessous l'allure de la tension u_3 en fonction du temps.

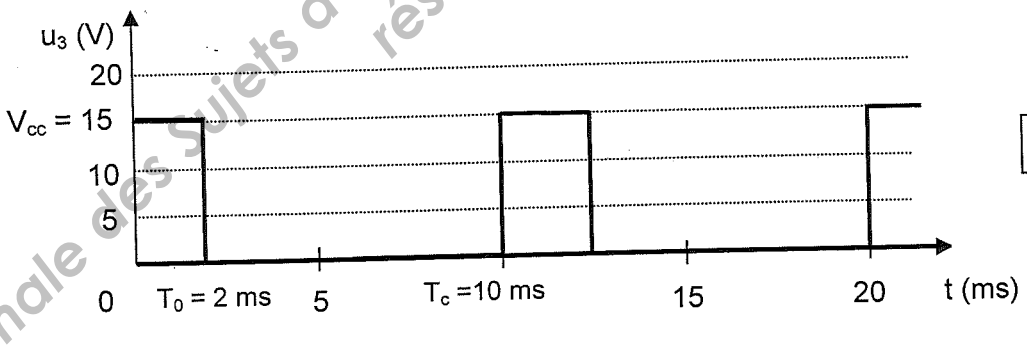


Figure 11

4.1 - Étude du filtre en sinusoïdal.

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 amplitudes complexes $\underline{U_3}$ et $\underline{U_4}$.

4.1.1 - Déterminer l'expression de la fonction de transfert $\underline{A} = \dfrac{\underline{U_4}}{\underline{U_3}}$ en fonction de R_6 et C_2.

4.1.2 - Déterminer son module A.

4.1.3 - Calculer A pour $\omega = 0$ et pour $\omega \to \infty$. En déduire la nature du filtre.

4.1.4 - Montrer que la fréquence de coupure f_{CO} s'écrit : $f_{CO} = \dfrac{1}{2\pi R_6 C_2}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel réseau SCEREN

4.1.5 - Calculer la valeur de la capacité C_2 permettant d'obtenir une fréquence de coupure f_{CO} = 1 Hz, sachant que la résistance R_6 = 33 kΩ.

4.1.6 - Calculer la valeur de A pour une fréquence f = 100 Hz. Justifier alors que $u_4 = \langle u_3 \rangle$.

4.2 - On applique à l'entrée du filtre la tension u_3 issue du monostable (**figure 11**).

4.2.1 - Donner l'expression de la tension u_4 en fonction de T_c, T_o et V_{cc}.

4.2.2 - Montrer alors que $u_4 = k.N$ avec $k = 2.10^{-3}$. Préciser l'unité de k.

Partie 5 : L'AFFICHAGE

Pour numériser la tension u_4, on utilise un convertisseur analogique/numérique (CAN).
L'afficheur indique la vitesse sur 4 digits à l'unité près. Par exemple, il affiche 1500 lorsque le moteur tourne à la vitesse de 1500 $tr.min^{-1}$. La vitesse de rotation N du moteur a pour valeur maximale N_{max} = 3000 $tr.min^{-1}$.

5.1 - Doit-on choisir un CAN à 8 bits ou à 12 bits pour cette application ? Justifier la réponse.

5.2 - Sachant que la valeur maximale à afficher (correspondant à la pleine échelle) est de 3000 $tr.min^{-1}$ et en vous aidant de l'expression de u_4, de la question **4.2.2.**, déterminer le quantum q du CAN ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

DANS CE CADRE

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

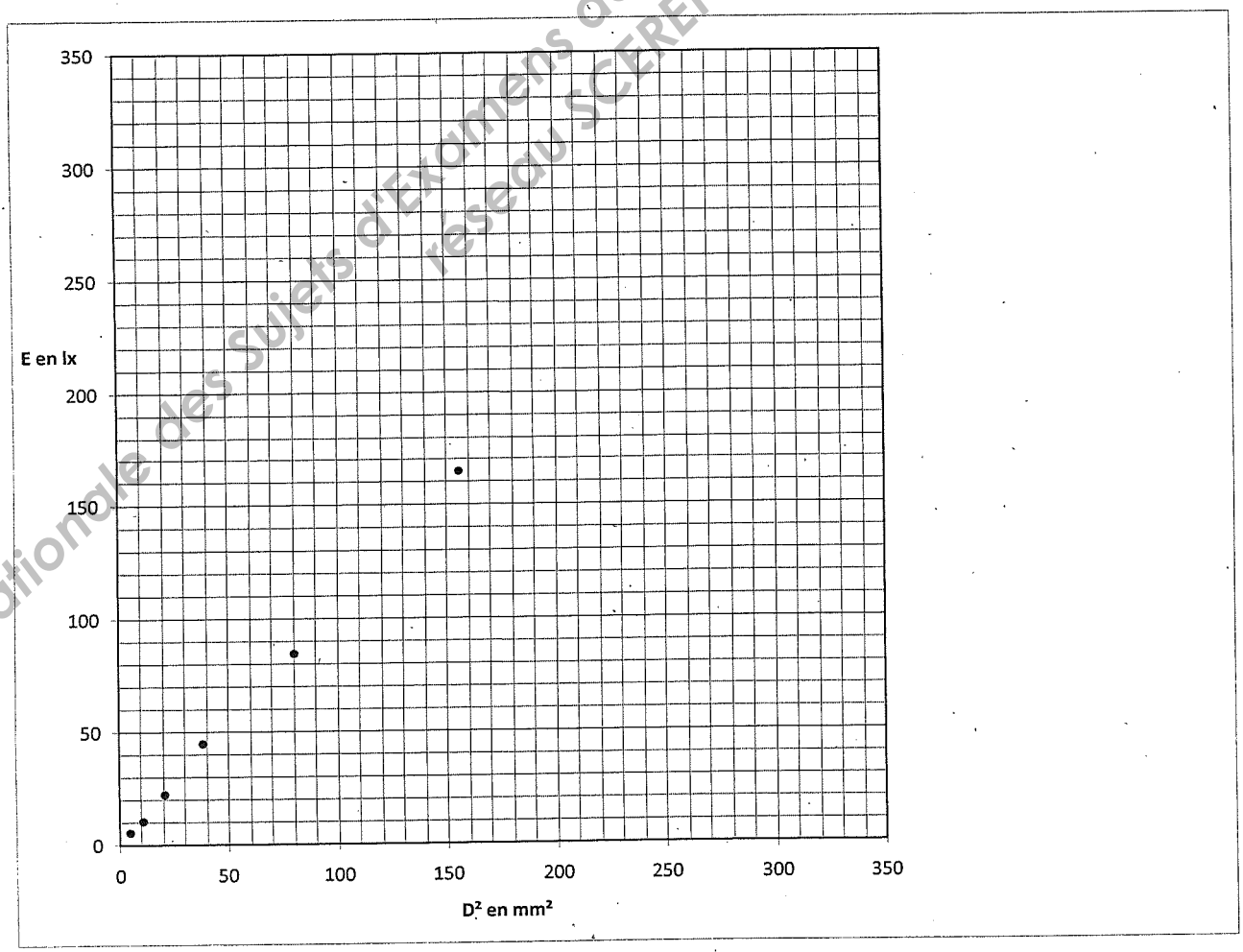
Né(e) le :
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il sagit d'un examen.

DOCUMENT RÉPONSE N° 1
À RENDRE AVEC LA COPIE

Nombre d'ouverture N	2,8	4	5,6	8	11	16	22
Eclairement E (lx)	349	165	85	45	22	11	5,4
D^2 (mm^2) Carré du diamètre du diaphragme		156	80	39	21	9,8	5,2
Rapport des éclairements				1,9		2,0	2,0



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

DANS CE CADRE

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

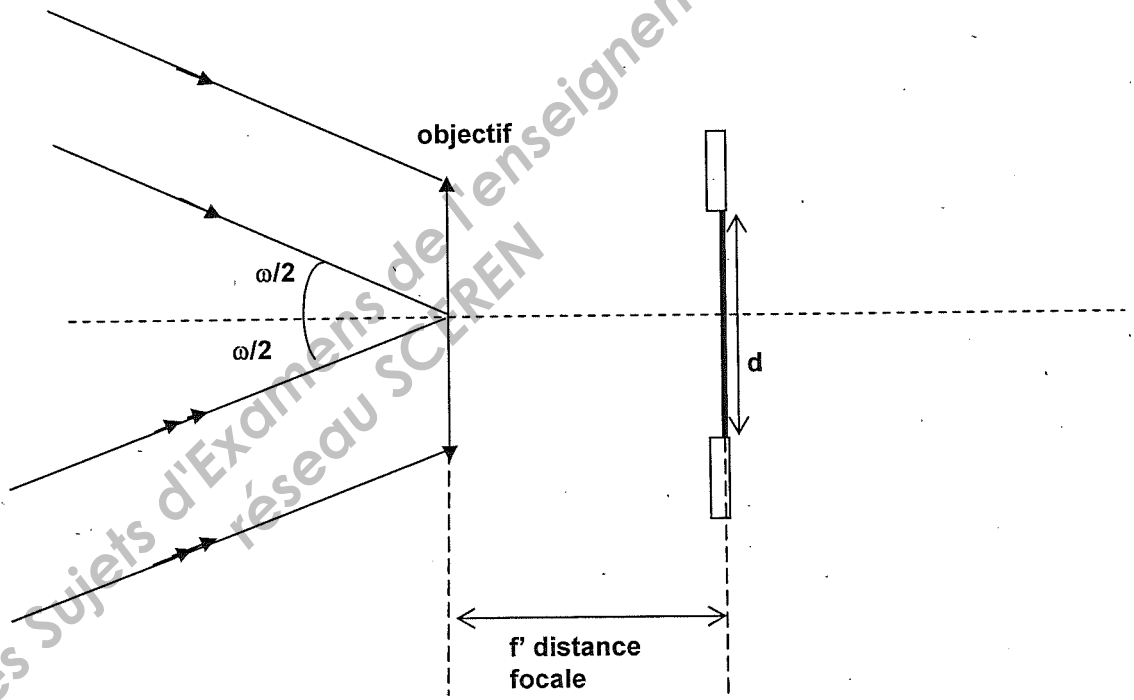
Né(e) le :

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

NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il sagit d'un examen.

DOCUMENT RÉPONSE N° 2
À RENDRE AVEC LA COPIE



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

DANS CE CADRE

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)

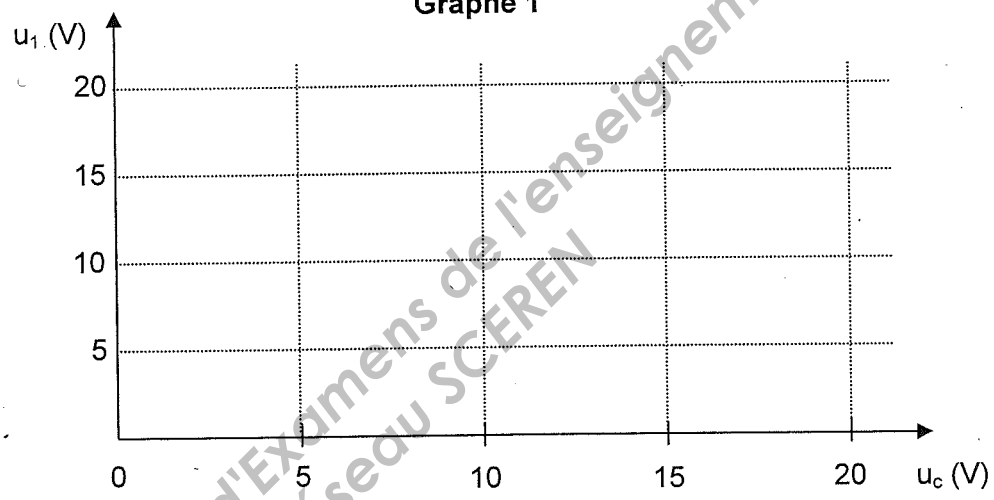
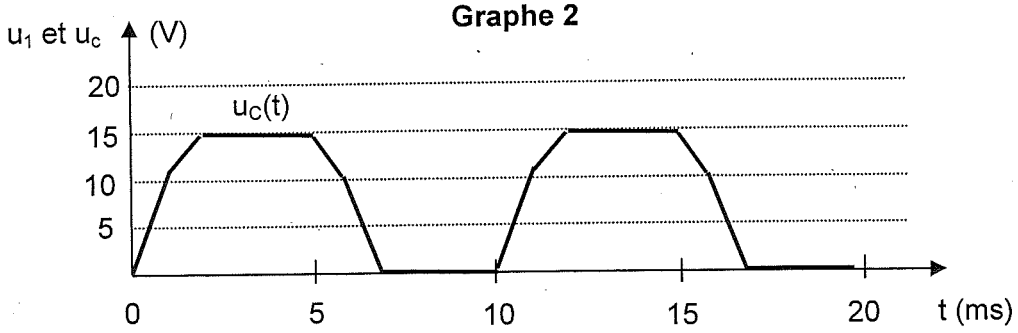
NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il sagit d'un examen.

DOCUMENT RÉPONSE N° 3
À RENDRE AVEC LA COPIE

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

Graphe 1



Graphe 2