



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

**session 2011**

**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 (Cirulaire 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.**



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 :  $\delta = 2 \cdot n \cdot e \cdot \cos(r) + \frac{\lambda}{2}$ , 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  $\lambda$ , sous une incidence quasi-normale. L'angle  $i$  n'a pas été représenté à l'échelle.

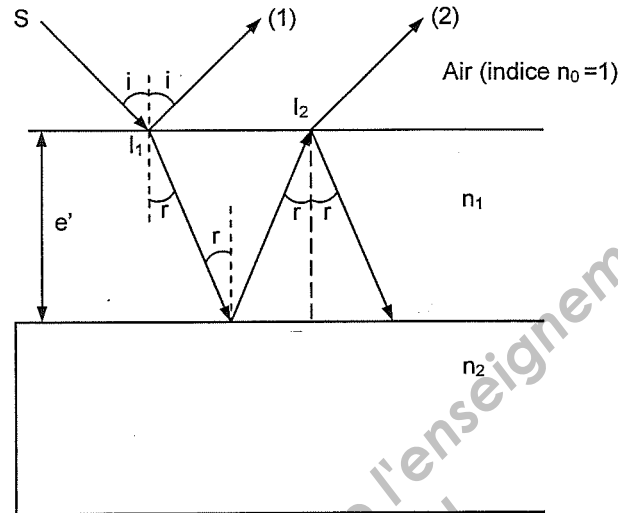


Figure 2

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  $\phi$  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  $\lambda$  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 :

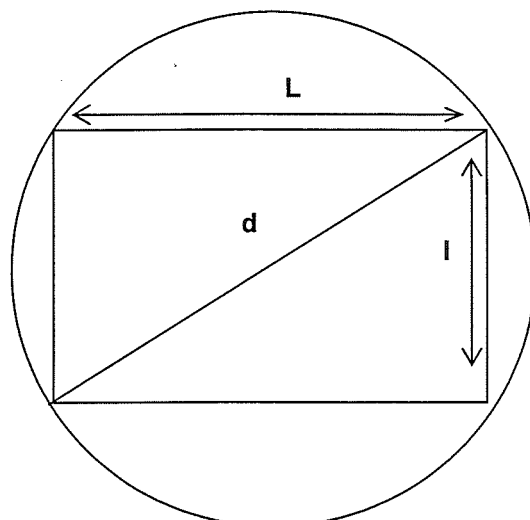
- Capteur CCD de dimension  $(13 \times 17,6) \text{ mm}^2$ .
- Objectif de focale 25 mm (notée  $f'$ ) ; focale équivalente en  $24 \times 36 : 50 \text{ mm}$  (notée  $f'_a$ ).

On rappelle que le format standard des pellicules argentiques est de  $(24 \times 36) \text{ mm}^2$ .

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.

**3.2** - On appelle champ objet moyen l'angle  $\omega$  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  $\omega$  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 ».

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

Rapport des capacités thermiques :  $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$ , 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 :  $\tau = \frac{P_{\text{maximum}}}{P_{\text{minimum}}} = 15$ .

**Partie 1 : Étude du diagramme de Clapeyron du cycle**

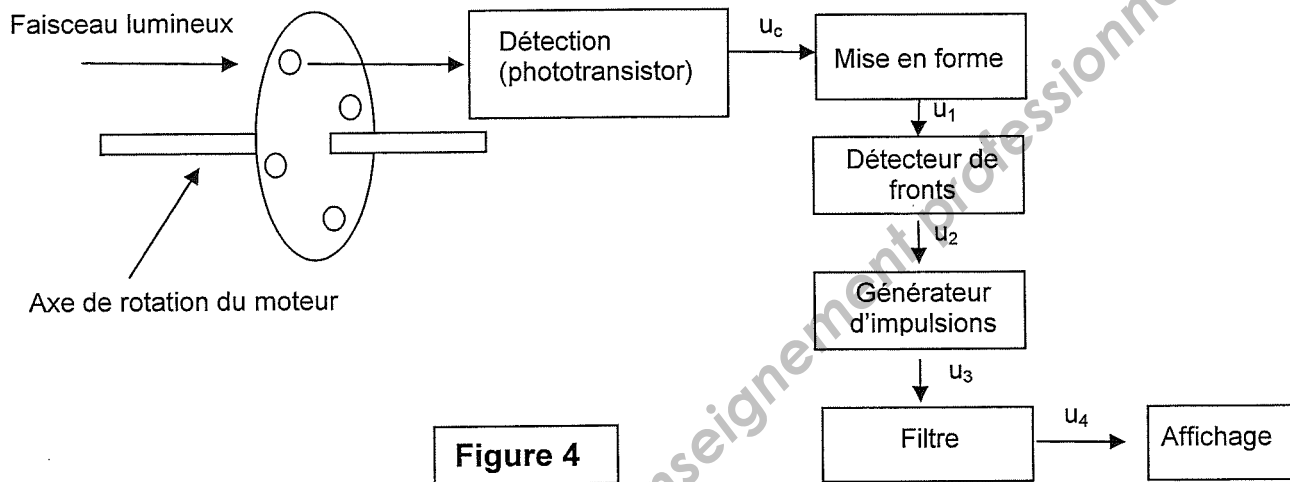
- 1.1** - Que peut-on dire des pressions  $P_B$  et  $P_C$  ? Justifier.  
Donner les valeurs des pressions  $P_B$  et  $P_D$ .
- 1.2** - Donner l'allure de ce cycle dans un diagramme de Clapeyron,  $P = f(V)$ , en indiquant la position des points A, B, C et D.  
Le sens de parcours de ce cycle est-il 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  $V$  :  $PV^\gamma = \text{Cte}_1$ . Établir, pour cette même transformation, la relation  $P^{(1-\gamma)}T^\gamma = \text{Cte}_2$ .
- 1.4** - En déduire l'expression de la température  $T_B$  en fonction des paramètres  $T_A$  et  $\tau$ .  
De la même façon exprimer la température  $T_D$  en fonction des paramètres  $T_C$  et  $\tau$ .
- 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  $\gamma$ .
- 2.4** - Exprimer la chaleur échangée lors de la transformation BC en fonction de  $n$ ,  $R$ ,  $\gamma$ ,  $T_B$  et  $T_C$ .  
De même, exprimer la chaleur échangée lors de la transformation DA en fonction de  $n$ ,  $R$ ,  $\gamma$ ,  $T_A$  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 :  $\eta = 1 - \tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ .
- 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 ?

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

Le schéma fonctionnel est présenté figure 4 :

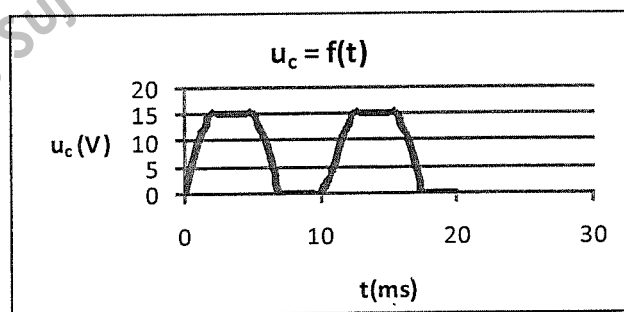


Dans ce sujet, tous les éléments de ce schéma ne sont pas étudiés.

**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.



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

## Partie 2 : La mise en forme du signal

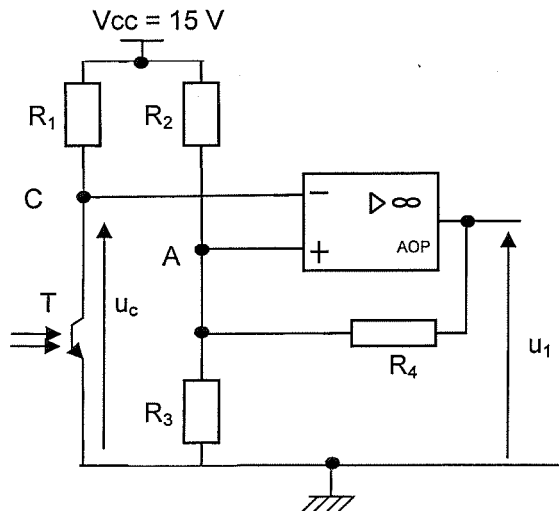


Figure 6

L'amplificateur opérationnel est considéré comme parfait (noté AOP) et est alimenté entre 0 V et  $V_{CC} = +15$  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 :  $v_A = \frac{V_{CC} + u_1}{3}$ .

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.

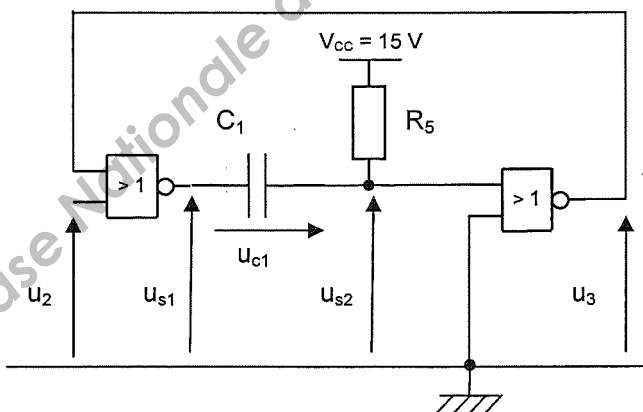


Figure 7

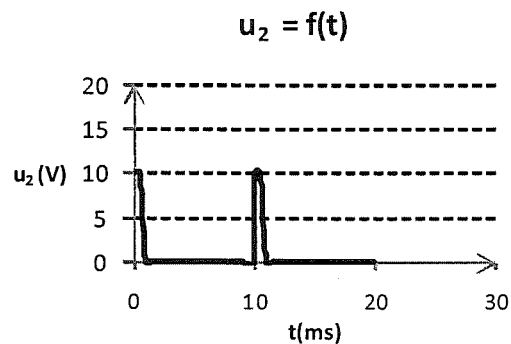
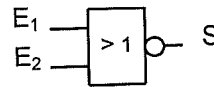


Figure 8



La tension de basculement des entrées est  $V_{CC}/2 = 7,5 \text{ V}$ .  
 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 :  $T_0 = 0,69 R_5 \cdot C_1$ .  
 On donne  $C_1 = 47 \text{ nF}$ .

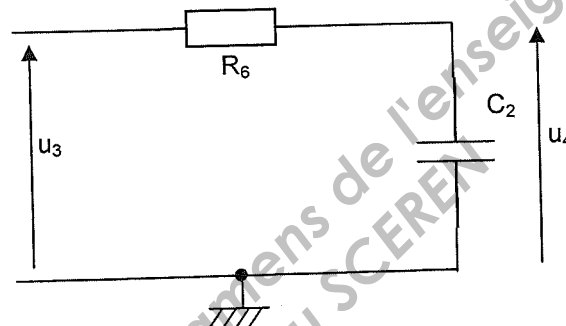
**3.1** - Calculer la valeur de  $R_5$  pour avoir  $T_0 = 2 \text{ ms}$ .

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

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

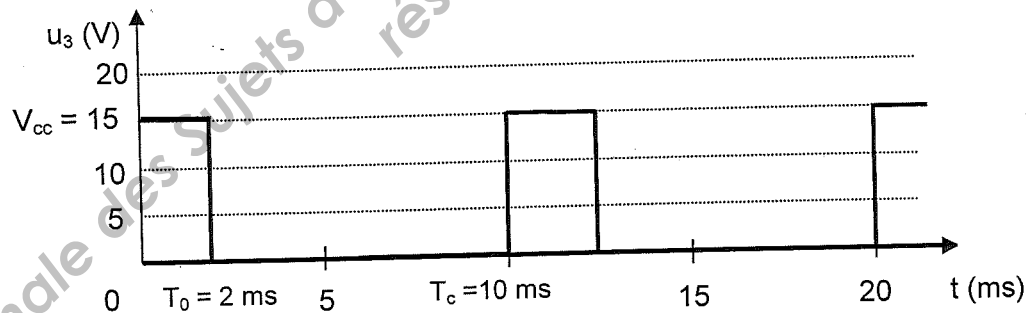
### Partie 4 : LE FILTRAGE

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  $\underline{A} = \frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_3}$  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  $\omega \rightarrow \infty$ . En déduire la nature du filtre.

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

**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  $R_6 = 33$  k $\Omega$ .

**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  $u_3$  issu 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<sup>-1</sup>. La vitesse de rotation N du moteur a pour valeur maximale  $N_{max} = 3000$  tr.min<sup>-1</sup>.

**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<sup>-1</sup> et en vous aidant de l'expression de  $u_4$ , de la question **4.2.2.**, déterminer le quantum q du CAN ?

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)

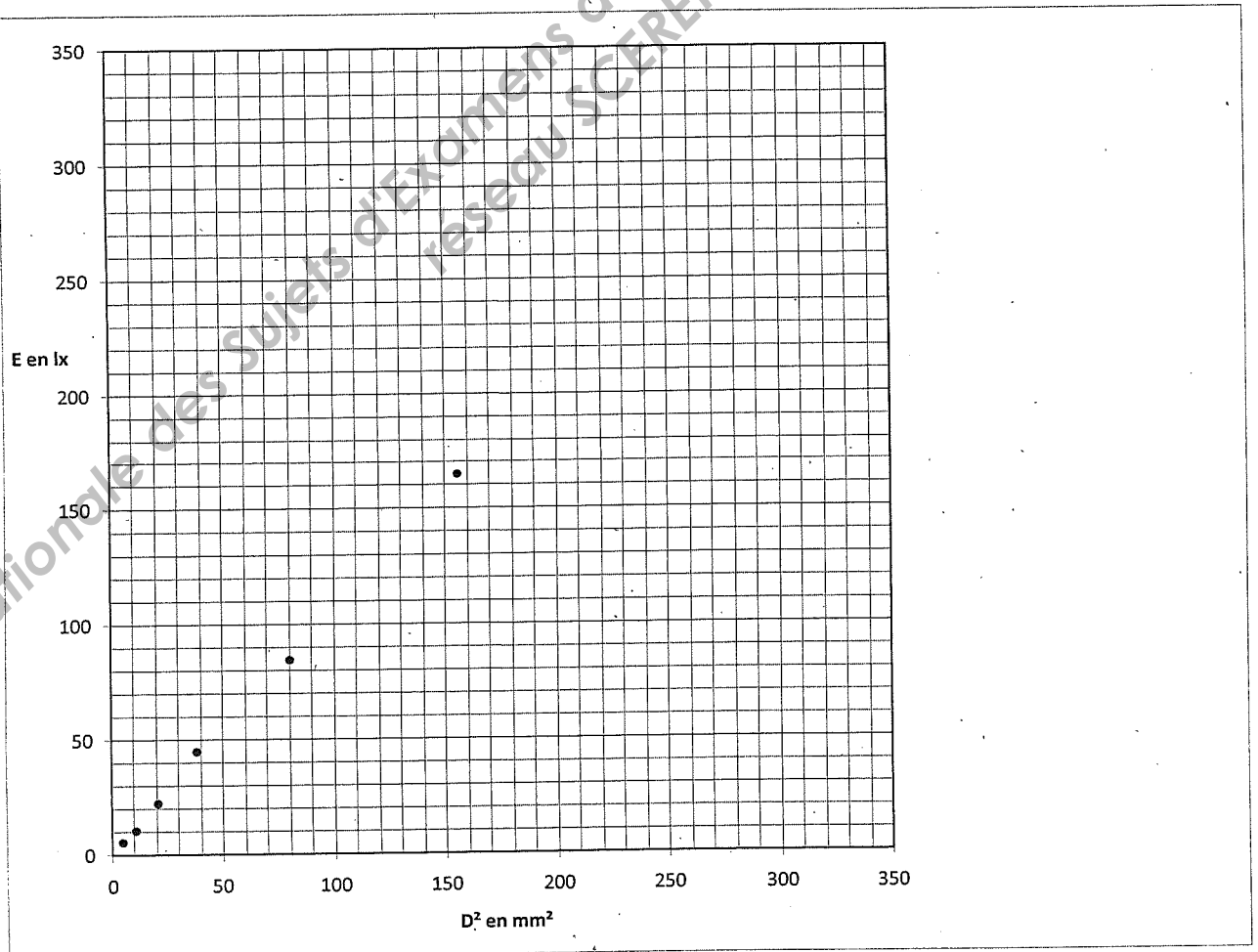
NE RIEN ÉCRIRE

\* Uniquement s'il s'agit 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 <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> ) Carré du diamètre du diaphragme		156	80	39	21	9,8	5,2
Rapport des éclairagements				1,9		2,0	2,0



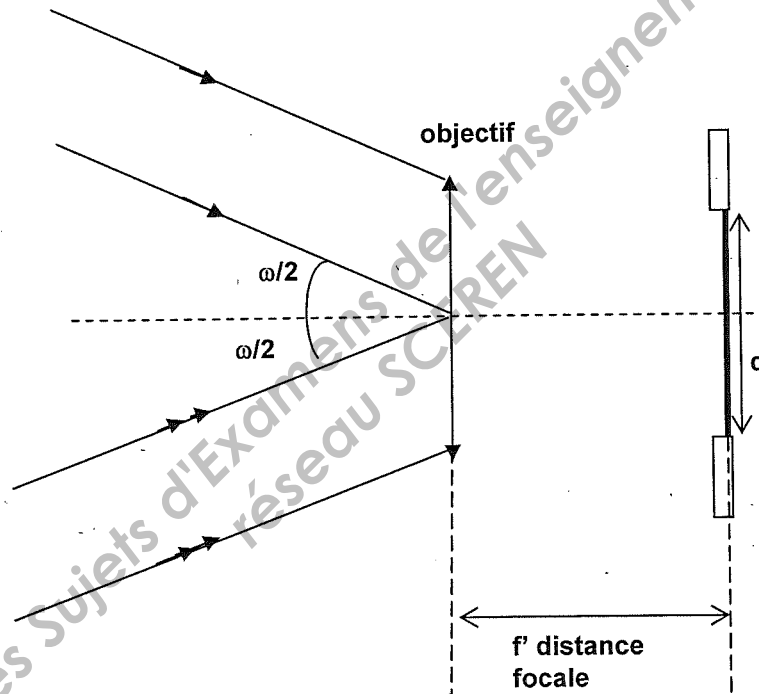
DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

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 RÉPONSE N° 2**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**



DANS CE CADRE

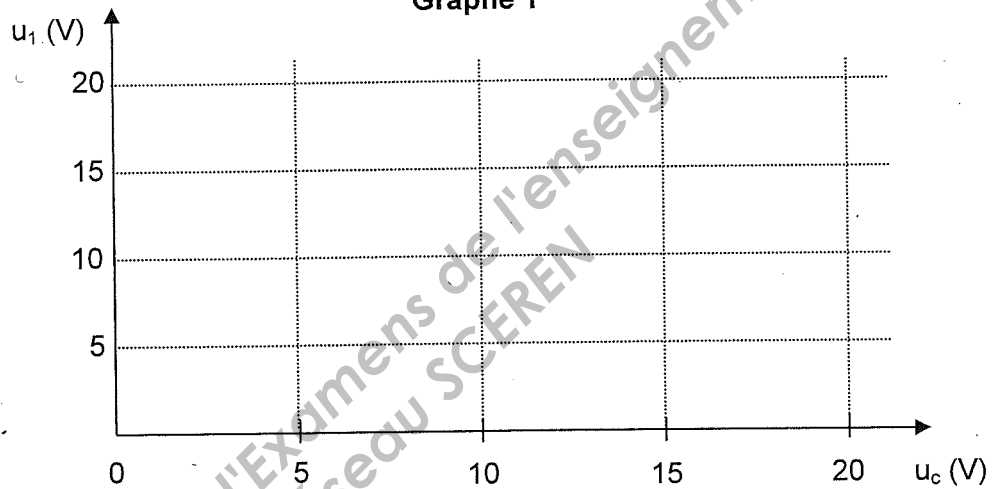
NE RIEN ÉCRIRE

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 RÉPONSE N° 3 À RENDRE AVEC LA COPIE

Graphe 1



Graphe 2

