

**BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CHIMISTE**

PHYSIQUE

**Durée : 2 heures
Coefficient : 3**

Matériel autorisé :

Calculatrice de poche à fonctionnement autonome, sans imprimante et sans dispositif de communication externe (circulaire n° 99-186 du 16/11/99).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1 à 8.

Les annexes 2, 3 et 4 sont à rendre avec la copie.

Code sujet : CHPHY-P/10

Exercice I : Étude de quelques composants d'un spectrophotomètre

Dans cet exercice nous allons étudier le fonctionnement de deux composants d'un spectrophotomètre : la lampe à incandescence et la photodiode.

A. Généralités

A.1. Le document 1 de l'annexe 2 à rendre avec la copie présente la chaîne de mesure simplifiée d'un spectrophotomètre en figurant par un rectangle chacun des principaux composants de l'appareil. Compléter ce schéma.

A.2. Dans quels domaines de longueurs d'onde de la lumière utilise-t-on un spectrophotomètre ? A quel domaine correspond le choix d'une lampe à incandescence comme source lumineuse ?

B. Etude de la lampe à incandescence

B.1. Relation température – résistance du filament

Dans cette partie on se propose d'utiliser un modèle expérimental de la variation de la résistance d'un filament d'ampoule électrique en tungstène en fonction de sa température. Des mesures expérimentales de la variation de la résistivité ρ du tungstène ont été faites par Jones et Langmuir.

Le comportement $\rho = \rho(T)$ est donné par le graphe du **document 2 (annexe 1)**. Ce graphe peut être modélisé par la fonction $\rho = aT + b$. La modélisation effectuée avec un tableur donne :

- $a = 2,54 \cdot 10^{-14}$ SI
- $b = 2,30 \cdot 10^{-10}$ SI

B.1.1. Calculer la résistivité ρ à 300 K et à 2400 K à l'aide du modèle choisi. Par quel facteur est multipliée cette résistivité entre ces deux températures ?

B.1.2. La résistivité est une grandeur intrinsèque du matériau utilisé, alors que la résistance dépend aussi de sa géométrie. On rappelle que pour un conducteur cylindrique de section s et de longueur l , la résistance R se calcule par la relation : $R = \frac{\rho \cdot l}{s}$. L'intérêt

d'utiliser R plutôt que ρ réside dans sa facilité de mesure.

Le fabricant d'ampoule électrique prévoit une température du filament de 2400 K dans les conditions normales de fonctionnement (à savoir 6,0 V et 0,55 A en continu). Le rayon du filament est $r = 0,03$ mm. Déterminer R ; en déduire sa longueur l .

B.1.3. A partir de la connaissance de R , on va montrer que l'on peut déterminer la température du filament de l'ampoule.

B.1.3.1. A partir du modèle précédemment choisi pour $\rho(T)$, montrer que la température T

du filament peut s'exprimer sous la forme : $T = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4aR}}{2a}$ où K est une constante

égale $\frac{R(T_0)}{\rho(T_0)}$. On supposera que les dimensions du filament sont invariables.

B.1.3.2. Comment procéder pour connaître la température du filament ?

B.2. Relation température – couleur du filament

Dans le cas de la lampe électrique, l'échauffement est provoqué par les nombreuses collisions entre les électrons de conduction et les atomes du métal constituant le filament. Celui-ci va alors perdre une partie de cette énergie sous forme de rayonnement électromagnétique polychromatique, dont la répartition spectrale est fonction de la température. Ce phénomène est valable pour tout corps porté à une certaine température ; on parle du rayonnement du « corps noir ».

La répartition spectrale $u_\lambda(\lambda)$ de l'énergie émise par un corps noir est donnée sur le **document 3 (annexe 1)** pour quelques températures.

Pour différentes valeurs de T , on obtient des courbes présentant chacune un maximum. La longueur d'onde λ_M pour laquelle se produit ce maximum est donnée par la loi du déplacement de Wien sous la forme :

$$\lambda_M \times T = 2898 \text{ } \mu\text{m.K}$$

B.2.1. Déterminer λ_M à la température normale de fonctionnement du filament.

B.2.2. Dans quel domaine spectral est située cette valeur ?

B.2.3. Pourquoi le filament nous semble-t-il cependant blanc ?

B.2.4. Comparaison avec le Soleil. La température de surface du Soleil est 6000 K. Quelle est la longueur d'onde correspondant au maximum de la répartition spectrale de l'énergie émise ? Quel est le domaine spectral correspondant ?

C. Etude de la photodiode

Une photodiode est une diode à jonction P-N dont les caractéristiques électriques dépendent du flux lumineux reçu par cette jonction. Avec les conventions d'orientation pour l'intensité I et la tension U indiquées **sur le document 4 (annexe 3)**, l'intensité du courant « inverse » est fonction de l'éclairement reçu ϕ et indépendant de la tension U .

C.1. Préciser le branchement du voltmètre et de l'ampèremètre sur le montage afin de construire la caractéristique I en fonction de U de ce composant.

C.2. On a relevé la caractéristique **reproduite en annexe 3 (document 5)**. Indiquer sur le document la partie de la caractéristique correspondant au fonctionnement en photodiode.

C.3. On a ainsi mesuré la valeur de l'intensité I du palier pour différentes valeurs de l'éclairement ϕ . On obtient les résultats suivants :

ϕ (W.m ⁻²)	50	100	150	200	250
I (mA)	- 0,45	- 0,90	- 1,35	- 1,80	- 2,25

Vérifier que les résultats répondent à la relation $I = \beta \times \phi$. Préciser la valeur de β .

Exercice II : Etude du cycle de Beau de Rochas

Le fonctionnement du moteur à explosion peut être modélisé par le cycle théorique de Beau de Rochas. Ce cycle représenté, dans un diagramme de Clapeyron, peut se décomposer en quatre étapes:

- la première étape est une compression adiabatique réversible AB du mélange combustible avec un rapport volumique $a = V_A/V_B$.
- la deuxième étape est un échauffement isochore BC, résultant de la combustion du mélange.
- la troisième étape est une détente adiabatique réversible selon CD. En D, le piston est au point mort bas : $V_D = V_A$.
- la quatrième étape est un refroidissement isochore DA.

La quantité de carburant injecté étant peu importante par rapport à celle de l'air aspiré, on la négligera devant cette dernière.

Le cycle est étudié pour une mole d'air assimilé à un gaz parfait.

1. Compléter l'allure du cycle **sur le document-réponse donné en annexe 4**.
2. Déterminer la valeur des volumes V_A et V_B aux points A et B.
3. Déterminer la pression P_B et la température T_B au point B.
4. Exprimer, en fonction des températures aux extrémités du cycle, les énergies thermiques Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} , Q_{DA} , échangées avec le milieu extérieur au cours de chacune des quatre phases. Déterminer leurs valeurs numériques.
5. En déduire, par application du premier principe, la valeur algébrique W du travail échangé avec l'extérieur au cours du cycle. Commenter son signe.

6. Le rendement du cycle s'exprime par : $\eta = \frac{W}{Q_{BC}}$.

Déterminer sa valeur numérique.

7. Comparer ce résultat au rendement théorique du cycle réversible de Carnot, que l'on rappelle :

$\eta = 1 - \frac{T_{\text{source}}}{T_{\text{source}}}$. Commenter.

Données :

Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Capacité thermique molaire de l'air à pression constante : $C_P = 29 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Capacité thermique molaire de l'air à volume constant : C_V

Valeur du rapport $\gamma = C_P/C_V$; $\gamma = 1,40$

Valeur du rapport volumique $a = V_A/V_B$; $a = 7$

Valeurs de la pression et de la température aux extrémités du cycle :

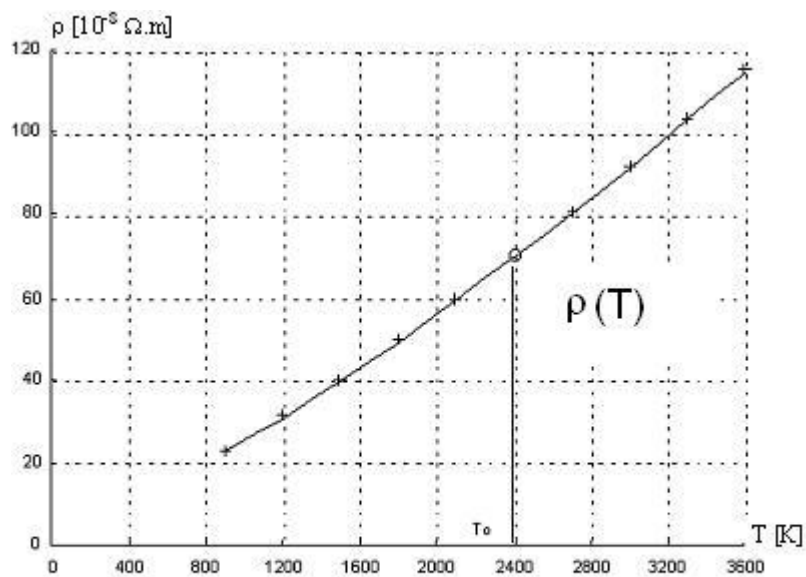
$P_A = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$; $P_C = 62 \times 10^5 \text{ Pa}$; $P_D = 4,1 \times 10^5 \text{ Pa}$;

$T_A = 300 \text{ K}$; $T_C = 2,65 \times 10^3 \text{ K}$; $T_D = 1,21 \times 10^3 \text{ K}$.

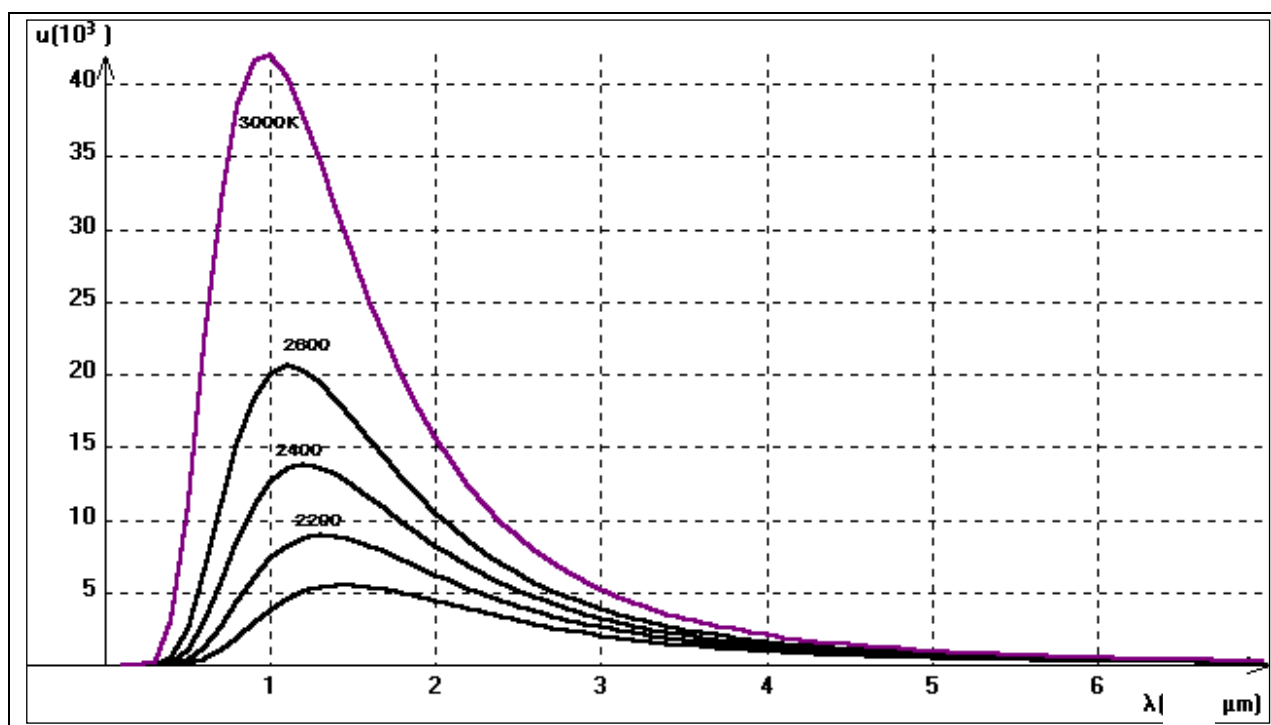
ANNEXE 1

Exercice 1

Document 2 : Graphique de la résistivité en fonction de la température
B.1.



Document 3 : Répartition spectrale
B.2.

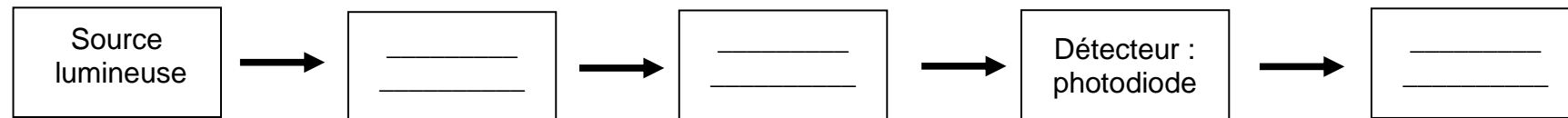


ANNEXE 2 : A RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1

Document 1 : Chaîne de mesure d'un spectrophotomètre
A.1.

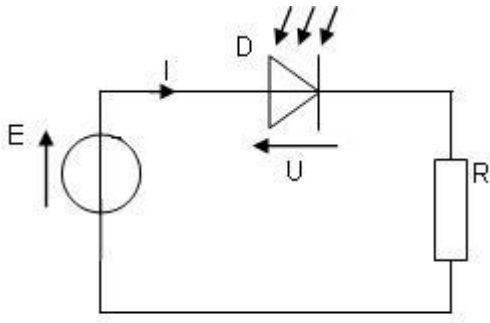
Chaîne de mesure d'un spectrophotomètre



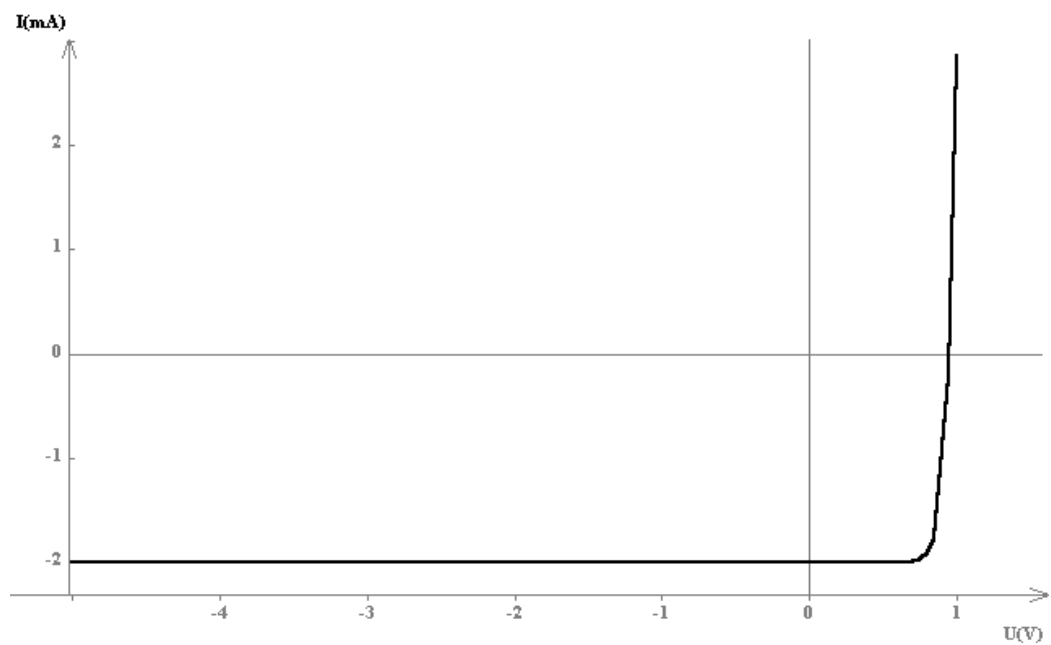
ANNEXE 3 : A RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1

Document 4 : Relevé de la caractéristique de la photodiode
C.1.



Document 5 : Caractéristique de la photodiode à flux lumineux constant
C.2.



ANNEXE 4 : A RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2

