

DS4 du 30/11 : Physique-chimie (3h)

Il sera accordé la plus grande importance au soin apporté à la copie ainsi qu'aux consignes suivantes :

- Chaque exercice sera traité sur une copie double séparée.
- Vous laisserez un espace au début de votre devoir pour la correction.
- Chaque réponse devra être formulée à l'aide d'une phrase verbale (sujet - verbe - complément).
- Les formules littérales doivent être encadrés et les applications numériques soulignées.
- La calculatrice est **autorisée**, le téléphone interdit.
- Vous veillerez à ne pas mélanger valeur numérique et expression littérale.

Exercice 1 : L'hydrazine

L'hydrazine est le premier propérol à avoir été utilisé pour la propulsion aéronautique, en particulier dans les avions fusées Messerschmitt Me 163. La formule de l'hydrazine est N_2H_4 .

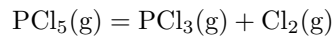
Le tableau suivant compare quelques données physico-chimiques de l'hydrazine à celles de l'eau, de l'éthanol et de l'éthane.

| | Hydrazine | Eau | Éthanol | Éthane (C_2H_6) |
|--|-----------|------|---------|---------------------|
| Température fusion ($^{\circ}C$) | 2 | 0 | -117 | -183 |
| Température ébullition ($^{\circ}C$) | 114 | 100 | -79 | -89 |
| Moment dipolaire (D) | 1,75 | 1,85 | 1,66 | 0 |

- Q.1** Donner la structure de Lewis de la molécule d'hydrazine.
- Q.2** Comment expliquer la valeur élevée des températures de fusion et d'ébullition de l'hydrazine ? D'après vous, l'hydrazine est-elle très miscible ou peu miscible dans l'eau ? Justifier.

Exercice 2 : Décomposition du pentachlorure de phosphore

On étudie l'équilibre de dissociation en phase gaz de PCl_5 selon la réaction :

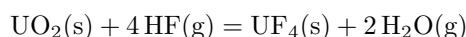


La constante d'équilibre $K = 0,45$ à $230^{\circ}C$.

- Q.1** On introduit dans une enceinte thermostatée à $230^{\circ}C$ et initialement vide, $n_0 = 0,10$ mol de $PCl_5(g)$. Déterminer la composition de la phase gazeuse présente dans l'enceinte lorsque l'équilibre chimique s'établit sachant que la pression totale est fixée à $p = p^{\circ}$.
- Q.2** L'équilibre de la question 1 étant établi, on augmente la pression totale jusqu'à $p' = 5p^{\circ}$ à température constante. Observe-t-on une évolution de la composition de l'enceinte ? Si oui, indiquer le sens d'évolution des quantités de matière des différents constituants.
- Q.3** L'équilibre de la question 1. étant établi, on ajoute du diazote gazeux (gaz inerte) à température et pression totale constantes. Observe-t-on une évolution de la composition de l'enceinte ? Si oui, indiquer le sens d'évolution des quantités de matière des différents constituants.

Exercice 3 : Formation du tétrafluorure d'uranium

On considère la réaction :

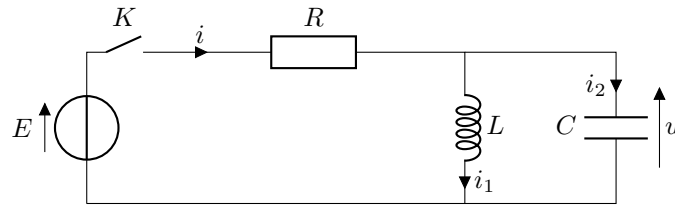


On maintient la température égale à 700 K et la pression totale à $1,0\text{ bar}$. La constante d'équilibre à 700 K est égale à $K^{\circ} = 6,8 \times 10^4$.

- Q.1** On part de $1,0$ mol de dioxyde d'uranium UO_2 et de $1,0$ mol de fluorure d'hydrogène HF . Quelle est la composition finale du système ?
- Q.2** On part de $0,10$ mol de dioxyde d'uranium UO_2 et de $1,0$ mol de fluorure d'hydrogène HF . Quelle est la composition finale du système ? Commenter.

Exercice 4 : Étude d'un circuit *RLC*

Soit un circuit le circuit suivant :



On laisse l'interrupteur ouvert dans un premier temps, et à $t = 0$ on a initialement le condensateur qui est déchargé et la bobine est initialement déchargée.

- Q.1** Donner les valeurs de $i_1(t = 0^+)$, $i_2(t = 0^+)$ et $u(t = 0^+)$.
- Q.2** Donner les valeurs en régime permanent de : $i_{1\infty}$, $i_{2\infty}$ et u_∞ .
- Q.3** Établir l'équation différentielle vérifiée par $i_1(t)$.
- Q.4** Mettre l'équation différentielle sous forme canonique. Identifier Q et ω_0 .
- Q.5** Donner une relation entre R , L et C pour que le régime soit critique.
- Q.6** Déterminer $i_1(t)$.

Exercice 5 : Optique de l'appareil photo

La date conventionnelle de l'invention de la photographie a été fixée au 7 janvier 1839, date à laquelle Arago présenta à l'Académie des Sciences l'invention de Daguerre : le daguerréotype. Mais l'histoire de la photographie commence bien avant notamment avec la camera obscura (chambre noire) qui est utilisée dès le XVI^e siècle pour des travaux topographiques. Les historiens de l'at ont également montré qu'elle était utilisée par des peintres, comme Vermeer ou les frères Van Eyck.

Le fonctionnement de cet ancêtre de l'appareil photo repose sur les propriétés des lentilles.

1 Objet et image

On modélise un appareil photo (**figure 1**) par l'association d'une lentille mince (L) de focale $f' = \overline{OF'}$ appelée "objectif", d'un capteur (C) sur lequel on souhaite récupérer l'image et d'un diaphragme (D) placé devant la lentille.

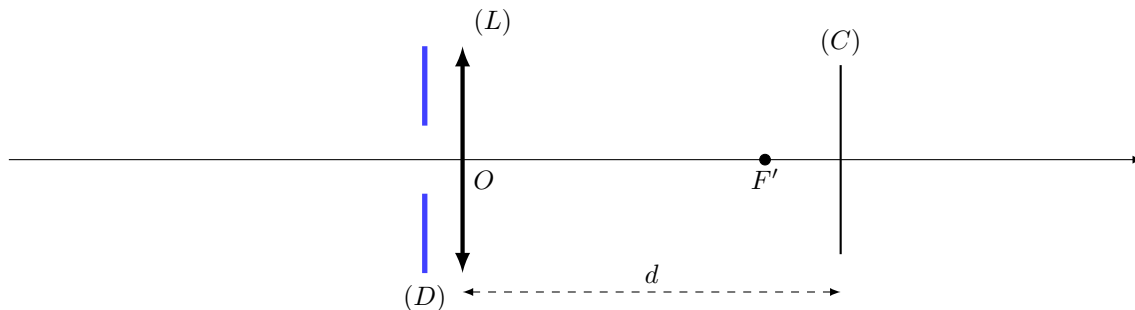


Figure 1 - Modélisation d'un appareil photo

La distance d entre la lentille (L) et le capteur (C) est réglable, grâce à un mécanisme lisé à l'objectif ; elle est comprise entre d_{\min} et d_{\max} .

À l'aide de cet appareil, on souhaite former sur le capteur l'image d'un arbre de hauteur h situé à une distance L devant l'objectif.

- Q.1** a) La lentille mince est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi elles consistent.
b) Quelle partie de l'appareil permet d'assurer que ces conditions sont remplies ?
- Q.2** a) Faire un schéma soigné de la situation en notant AB l'objet et $A'B'$ son image sur le capteur (A est sur l'axe et AB appartient à un plan orthogonal à l'axe). Positionner les foyers principaux et tracer au moins deux rayons lumineux issus de B pour justifier la position de l'image $A'B'$.
b) Exprimer la taille $\overline{A'B'}$ de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction de h , f' et L . Calculer cette taille avec $f' = 50$ mm, $h = 5$ m et $L = 20$ m.

Rappel : l'objet AB et l'image $A'B'$ donnée par la lentille mince de centre O et de foyers principaux F (objet) et F' (image) dans les conditions de Gauss sont liés par les relations :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad ; \quad \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad ; \quad \overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = -(\overline{OF'})^2 \quad ; \quad \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$$

- Q.3** a) Quelle est la valeur de d lorsque l'objet est à l'infini ?

- b) Montrer qu'il existe une distance limite notée L_{\min} en dessous de laquelle il ne sera pas possible d'obtenir une image sur le capteur, alors que ce serait toujours possible pour des valeurs supérieures à L_{\min} .
- c) Exprimer L_{\min} en fonction de f' et d_{\max} .
- d) Calculer L_{\min} pour $f' = 50$ mm et $d_{\max} = 55$ mm.

2 Influence de la focale

On souhaite obtenir une image de l'arbre sur le capteur plus grande sans changer de place (donc en gardant la même valeur pour L). On change donc l'objectif et on le remplace par un objectif de focale $f'_1 = 100$ mm. La distance d est toujours réglable mais les valeurs d_{\min} et d_{\max} sont différentes des valeurs de **Q.3**.

- Q.4**
- a) Quelle sera la taille de l'image de l'arbre sur le capteur ?
 - b) Si on suppose que le capteur a pour dimensions : $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$, sera-t-il possible de voir l'arbre en entier sur la photo obtenue ?

Remarque : pour **Q.5** et **Q.6**, des approximations justifiées seront à faire.

- Q.5** L'objectif utilisé est appelé "téléobjectif" ou "objectif de longue focale". Sur un site internet dédié à la photographie, on peut lire que ce genre d'objectif "rapproche les objets". Commenter cette phrase en indiquant la part de vérité ou d'inexactitude qu'elle contient. Un raisonnement et un calcul numérique sont attendus (en utilisant une approximation justifiée).

On souhaite maintenant réaliser un téléobjectif en utilisant deux lentilles : une lentille (L_1) convergente et une lentille (L_2) divergente, séparées par une distance e . La distance L entre (L_1) et l'arbre n'a pas changé.

- Q.6** La lentille (L_1), de focale f'_1 , donne de l'arbre AB une image intermédiaire A_1B_1 qui joue le rôle d'objet pour la lentille (L_2), de focale f'_2 qui en donne une image finale $A'B'$.
- a) Exprimer la distance $\overline{O_2A_1}$ en fonction de f'_1 et e (en utilisant une approximation justifiée).
 - b) L'image $A'B'$ doit être réelle. En déduire que la distance e entre les centres des deux lentilles doit être située dans une plage de valeurs bien précise. Exprimer cette condition sur e sous la forme d'une double inégalité sur e , f'_1 et f'_2 (en utilisant une approximation justifiée).
 - c) Vérifier que cette condition est réalisée avec $f'_1 = 10$ cm, $f'_2 = -5$ cm et $e = 8$ cm.

Q.7 Avec les valeurs numériques de **Q6c** :

- a) Calculer la distance d .
- b) Calculer la taille de l'image $\overline{A'B'}$ de l'arbre sur le capteur.
- c) Indiquer si ce téléobjectif est équivalent à l'objectif de **Q4**.

. . . **FIN** . . .