



## DEVOIR SURVEILLÉ 3 – PHYSIQUE-CHIMIE

D.Malka – MPSI 2019-2020 – Lycée Jeanne d'Albret

16.11.19

Durée de l'épreuve : 3h00

L'usage de la calculatrice est autorisé.

L'énoncé de ce devoir comporte 4 pages + 2 annexes

- La numérotation des exercices doit être respectée.
- Les résultats doivent être systématiquement encadrés.
- Les pages doivent être numérotées de la façon suivante :  $n^{\circ}$  page courante / nombre total de pages.
- Il ne faudra pas hésiter à formuler des commentaires. Le barème tiendra compte de ces initiatives ainsi que des qualités de rédaction de la copie.
- Si, au cours de l'épreuve, vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, signalez le sur votre copie et poursuivez votre composition en expliquant les raisons des initiatives que vous êtes amené à prendre.

### Problème 1 – Autour de l'eau de Javel

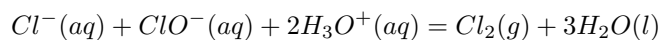
La désinfection des eaux de piscine fait encore largement appel au chlore et à ses dérivés. L'objet du problème suivant est d'aborder quelques aspects de ce traitement.

Données :

- Numéro atomique du chlore  $Z_{Cl} = 17$ .
- Équation d'état du gaz parfait :  $pV = nRT$  où  $p$  est la pression du gaz,  $V$  le volume du gaz,  $T$  la température du gaz et  $n$  la quantité de matière du gaz.
- Masses molaires :  $M_H = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M_O = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M_{Cl} = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Potentiel-Hydrogène d'une solution aqueuse :  $pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{c^\circ}\right)$  avec  $c^\circ = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  la concentration standard.

#### 1. L'eau de Javel

L'eau de Javel est une solution aqueuse équimolaire d'ions  $Cl^-$  et  $ClO^-$ . Le degré chlorométrique désigne le nombre de litres de dichlore qui peuvent être libérés par l'addition d'acide chlorhydrique en quantité non limitante à un litre d'eau de Javel dans les conditions normales de température et de pression (273 K, 1,013 bar) selon la réaction totale :



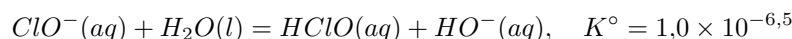
- 1.1 À quelle quantité de matière de dichlore libérable correspond un litre d'eau de Javel commerciale à 48 « degrés chlorométriques » ?
- 1.2 Déterminer alors la concentration en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en ions  $ClO^-$  de cette eau de Javel.

#### 2. Décontamination des eaux de piscine par l'eau de Javel

Les composés organiques azotés, tel que l'urée, peuvent être détruits par les ions  $ClO^-$  (dit chlore potentiel) et surtout par son acide conjugué, l'acide hypochloreux,  $HClO$  (appelé chlore actif). Pour ce faire, dans le bassin de décontamination de volume  $V_b = 60 \text{ m}^3$  d'une piscine, on introduit de l'eau de Javel commerciale à 48 degrés chlorométriques (soit  $[ClO^-] = 2,14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

- 2.1 Déterminer le volume d'eau de Javel commerciale à verser dans le bassin pour apporter 10 mg d'ions  $ClO^-$  par litre d'eau.
- 2.2 **Rapidement, 90% de cette quantité est consommée par réaction avec les déchets organiques contenus dans l'eau.** Calculer, en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , la concentration résiduelle en  $[ClO^-]_i$  ions hypochlorite .

2.3 L’ion  $\text{ClO}^-$  est une base et réagit donc avec l’eau suivant l’équation de réaction :



Déterminer la concentration molaire de chlore actif à l’équilibre à l’équilibre.

2.4 Sachant que :



Déterminer le  $pH$  de la solution à l’équilibre.

2.5 Les normes imposent de diminuer ensuite le  $pH$  jusqu’à 7,5 par ajout d’ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Qualitativement, quel est l’impact de cet ajout sur la concentration en acide hypochloreux ? Justifier rigoureusement.

## Problème 2 - Le microscope

Un microscope visuels est constitué d’un objectif et d’un oculaire qu’on assimile à deux lentilles minces convergentes. L’objectif doit donner de l’objet une image agrandie. L’oculaire rend cette image observable à l’œil nu.

On notera  $L$  les lentilles minces,  $O$  la position de leur centre optique,  $F$  celle du foyer objet,  $F'$  du foyer image et on note  $f'$  leur distance focale. On note  $AB$  les objets,  $A$  étant leur position sur l’axe optique et  $\overline{AB}$  leur taille algébrique. Ces objets sont considérés comme plans et perpendiculaires à l’axe optique.

On redonne les relations de conjugaison d’une lentille mince :

$$-\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'} \quad \text{ou} \quad \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$$

En annexe sont fournis des schémas qui seront complétés et exploités au fur et à mesure du problème, et rendus avec la copie.

### 1. Modélisation du microscope

#### 1.1 L’objectif

L’objectif est assimilé à une lentille convergente  $L_1$ , placée en  $O_1$ , de distance focale  $f'_1 = \overline{O_1F'_1}$ .

1.1.1 Construire  $A_1B_1$ , l’image de  $AB$  à travers  $L_1$ .

1.1.2 Définir puis calculer le grandissement  $\gamma_1$  de cette lentille en fonction de  $f'_1$  et  $p_1 = \overline{O_1A}$ .

1.1.3 Où doit-on placer l’objet  $AB$  par rapport à l’objectif pour que son image  $A_1B_1$  à travers  $L_1$  soit simultanément réelle et agrandie ?

#### 1.2 L’oculaire

1.2.1 Où faut-il placer l’oculaire  $L_2$  pour que l’œil puisse observer l’image finale  $A_2B_2$  à travers  $L_2$  sans accommodation ?

1.2.2 Sur l’annexe, représenter l’oculaire de distance focale  $f'_2 = 3$  cm, puis représenter l’image  $A_2B_2$  et son diamètre apparent  $\alpha_2$ .

1.2.3 Exprimer  $\alpha_2$  en fonction de  $\gamma_1$ ,  $a = \overline{AB}$  et  $f'_2$ .

### 2. Caractéristiques d’un microscope

#### 2.1 Grossissement commercial d’un instrument optique

On rappelle que le grossissement commercial d’un instrument optique est  $G_c = \frac{\alpha_2}{\alpha_{\text{ref}}}$  avec  $\alpha_{\text{ref}}$  l’angle sous lequel un observateur verrait  $AB$  placé au punctum proximum (distance  $d_{PP}$  de l’œil) et  $\alpha_2$  le diamètre apparent de l’image par l’instrument optique.

2.1.1 Exprimer le grossissement commercial de l’oculaire  $G_{c2}$  du microscope en fonction de  $f'_2$  et  $d_{PP}$ .

2.1.2 Exprimer le grossissement du microscope en fonction de  $G_{c2}$  et  $\gamma_1$ .

2.1.3 On rappelle que la puissance commerciale  $P$  d’un instrument d’optique est définie par  $P = \alpha_2/AB$ . Exprimer celle d’un microscope en fonction de  $\gamma_1$  et  $f'_2$ .

2.1.4 Quelle est la puissance nécessaire pour observer en détails une bactérie ?

#### 2.2 Latitude de mise au point

- 2.2.1 Rappeler la latitude de mise au point de l’œil c’est-à-dire la position du punctum proximum (point le plus proche que l’œil sain peut voir net en accommodant) et la position du punctum remotum (point le plus lointain que l’œil sain peut voir net).
- 2.2.2 Quel est alors l’ensemble des points objets situés sur l’axe optique du microscope que l’œil pourra voir nets ?
- 2.2.3 Pourquoi utilise-t-on alors une vis micrométrique de précision pour faire varier la distance de l’objectif du microscope à l’objet ?

### Problème 3 - Aberrations des lentilles

On appelle *aberrations* des lentilles les écarts à l’idéalité, notamment au stigmatisme et à l’aplanétisme.

On redonne les relations de conjugaison d’une lentille mince :

$$-\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'} \quad \text{ou} \quad \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$$

En annexe sont fournis des schémas qui seront complétés et exploités au fur et à mesure du problème et rendus avec la copie.

#### 1. Conditions de Gauss

Rappeler les conditions de Gauss et leurs conséquences sur les propriétés optiques des lentilles minces.

#### 2. Aberrations géométriques : distorsion

La distorsion est une déformation de l’image bien que le système soit stigmatique. Cela s’explique par une variation de la distance focale suivant l’inclinaison des rayons lumineux. Pour chacune des images fig.1 dire, en justifiant, si la distance  $f'$  de la lentille augmente ou diminue avec l’inclinaison des rayons.

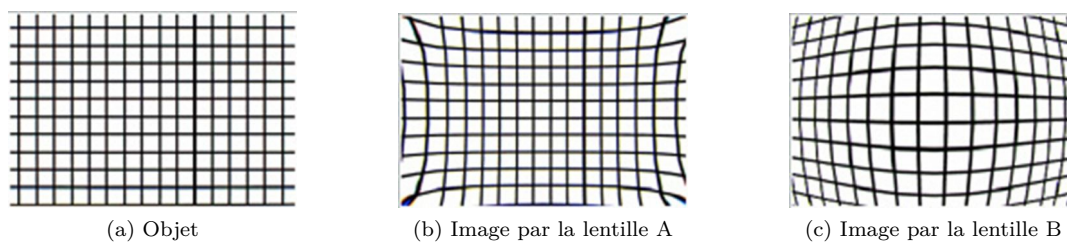


FIGURE 1 – Distorsion par une lentille

#### 3. Aberrations chromatiques

Les aberrations chromatiques résultent de la variation des propriétés d’un système optique avec la longueur d’onde de la lumière. Ainsi on considère une lentille dont la vergence  $V$  dépend de sa géométrie et de l’indice  $n$  du verre dans lequel elle est taillée selon la relation  $V = A(n - 1)$ . L’indice du verre dépend de la longueur d’onde  $\lambda$  de la lumière incidente selon la relation :

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

- 3.1 On considère un point objet à l’infini sur l’axe optique d’une lentille convergente et rayonnante de la lumière blanche. Représenter la trajectoire des rayons lumineux bleus et des rayons lumineux rouge avant et après réfraction par la lentille. Commenter.
- 3.2 Qu’observe-t-on si on place un écran au point de convergence des rayons rouges ? au point de convergence des rayons bleus ?

Pour corriger, entre autres, cette aberration, on utilise un doublet de lentilles convergentes plutôt qu’une. On étudie ici un tel doublet constitué d’une lentille  $L_1$  de vergence  $V_1 = A_1(n - 1)$ , de centre  $O_1$  et une d’une lentille  $L_2$  de vergence  $V_2 = A_2(n - 1)$ . On notera  $\overline{O_1O_2} = \Delta$ .

- 3.2.1 Déterminer graphiquement la position du foyer objet  $F$  du doublet. On complétera le schéma fig.3 en annexe.
- 3.2.2 Déterminer analytiquement la position de  $F$ .
- 3.2.3 Déterminer graphiquement la position du foyer image  $F'$  du doublet. On complétera le schéma fig.4 en en annexe.



**ANNEXE 1 A RENDRE AVEC LA COPIE**

NOM :

PRENOM :

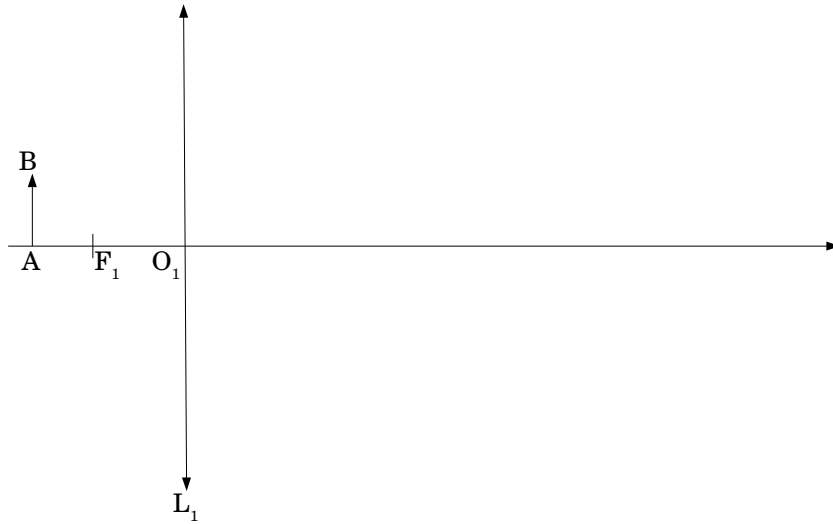


FIGURE 2 – Principe du microscope

## ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE

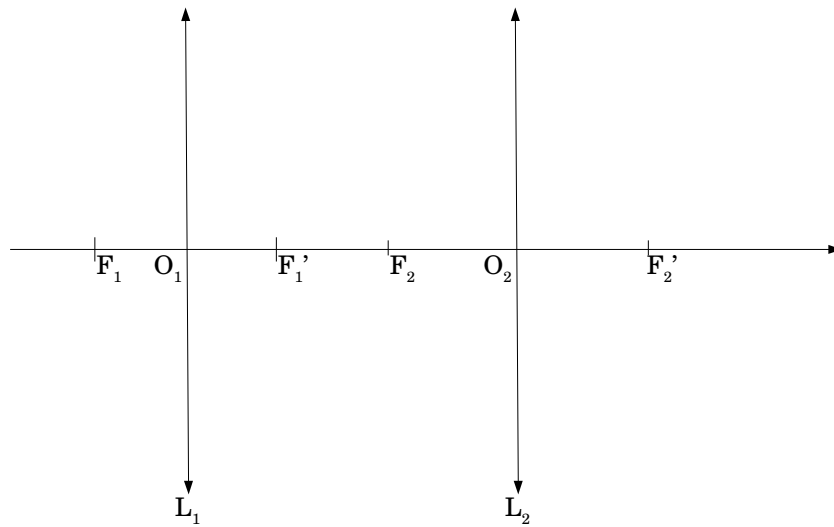


FIGURE 3 – Foyer principal objet du doublet

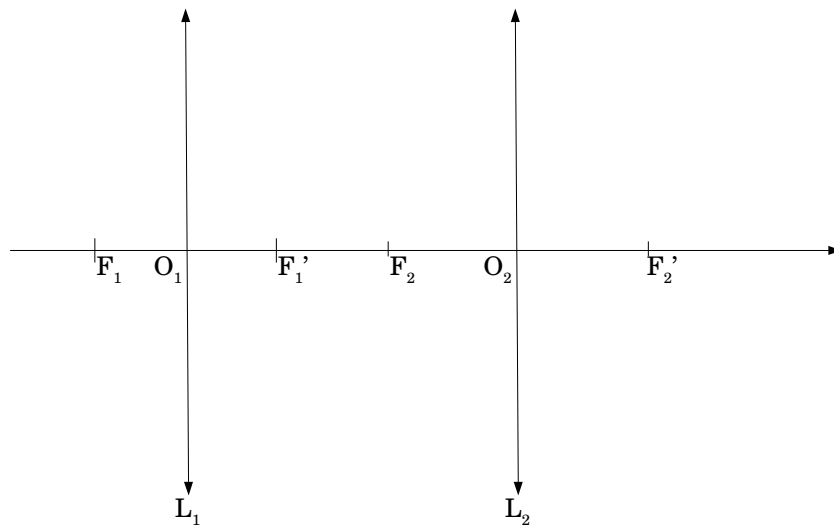


FIGURE 4 – Foyer principal image du doublet