*Calculatrice autorisée*

## Exercice 1 : Teneur en cuivre d'une solution bleue

**5 points**

On cherche à connaître la concentration en ions cuivre(II) $\mathrm{Cu^{2+}(aq)}$ d'une solution bleue, notée $\mathrm{S_1}$, par une mesure d'absorbance. La couleur bleue des solutions de sulfate de cuivre(II) $(\mathrm{Cu^{2+}(aq) + SO_4{}^{2-}(aq)})$ est due aux seuls ions $\mathrm{Cu^{2+}(aq)}$.

Une solution mère $\mathrm{S_m}$ de sulfate de cuivre(II), de concentration en ions cuivre(II) $c_\mathrm{m} = 0{,}200\,\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$, sert à fabriquer une gamme de solutions étalons :

| Solution | $\mathrm{S_m}$ | $\mathrm{S'_1}$ | $\mathrm{S'_2}$ | $\mathrm{S'_3}$ | $\mathrm{S'_4}$ | $\mathrm{S'_5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $[\mathrm{Cu^{2+}}]\ (\mathrm{mol{\cdot}L^{-1}})$ | 0,200 | 0,160 | 0,120 | 0,080 | 0,040 | 0,020 |

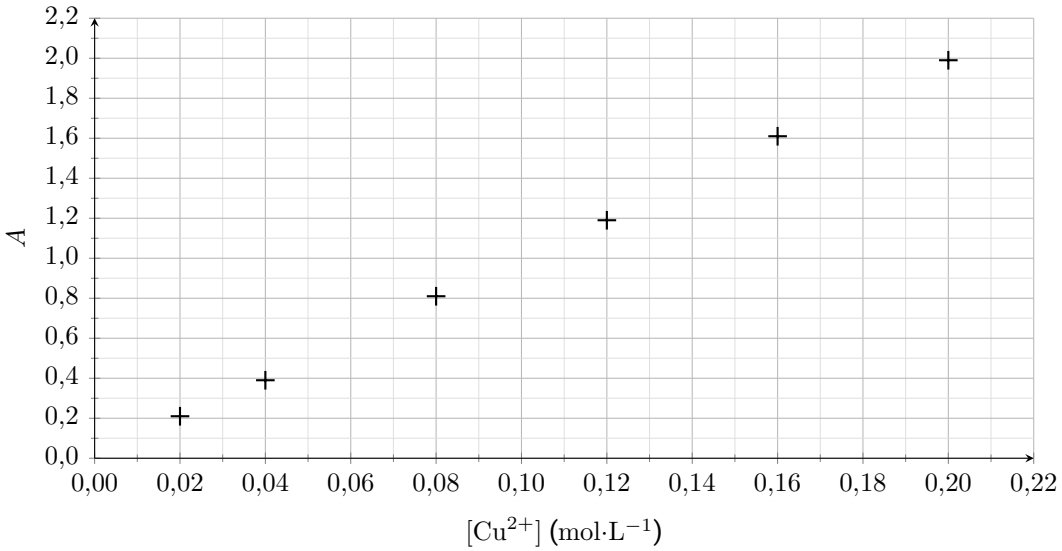
**1)** On veut préparer $50{,}0\,\mathrm{mL}$ de la solution $\mathrm{S'_4}$ par dilution de $\mathrm{S_m}$. Le matériel disponible est le suivant :

- fioles jaugées de 25,0 mL, 50,0 mL et 100,0 mL ; pipettes jaugées de 10,0 mL, 20,0 mL et 25,0 mL ;
- éprouvettes graduées (20 mL, 50 mL) ; béchers (50 mL, 100 mL).

Calculer le volume de solution mère à prélever, choisir la verrerie adaptée et rédiger le protocole de cette dilution.

**2)** Avant les mesures, on place dans le spectrophotomètre une cuve remplie d'eau distillée et l'on règle l'appareil pour qu'il affiche une absorbance nulle. Quel est le but de ce réglage ?

On mesure ensuite l'absorbance $A$ de chaque solution étalon, à une longueur d'onde fixée. Les mesures sont reportées sur le graphique ci-dessous.




**3)** Tracer la courbe qui modélise ces mesures *(à compléter sur le sujet)*. Ces mesures sont-elles conformes à la loi de Beer-Lambert ? Justifier.

**4)** Un volume de $10{,}0\,\text{mL}$ de $S_1$ est versé dans une fiole jaugée de $50{,}0\,\text{mL}$, puis la fiole est complétée au trait de jauge avec de l'eau distillée. Dans les mêmes conditions, la solution $S_2$ ainsi obtenue a une absorbance $A_2 = 0{,}60$. Lire sur le graphique la concentration en ions cuivre(II) de $S_2$ et en déduire celle de $S_1$.

La solution $S_1$ avait été préparée à partir de cristaux bleus de sulfate de cuivre(II) hydraté, de formule $\text{CuSO}_4 \cdot 5\,\text{H}_2\text{O}$ : on en a dissous $m = 7{,}49\,\text{g}$ dans de l'eau distillée, pour un volume final de $100{,}0\,\text{mL}$.
Donnée : masse molaire du sulfate de cuivre(II) pentahydraté : $M = 249{,}6\,\text{g·mol}^{-1}$.

**5)** Calculer la concentration en ions cuivre(II) de la solution $S_1$ attendue d'après cette préparation.

**6)** Sans nouveau calcul, dire si le dosage spectrophotométrique est validé. Justifier.

On se demande enfin si la même gamme d'étalons aurait permis un dosage par conductimétrie.

**7)** Donner un argument favorable à un dosage conductimétrique par étalonnage de la solution $S_1$.

**8)** Donner un argument défavorable à ce dosage avec cette gamme.

## Exercice 2 : Le vinaigre à la cuisine

**6 points**

Le vinaigre renferme de l'eau et, entre autres espèces, de l'acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$. On étudie deux de ses usages domestiques : faire disparaître l'odeur d'un poisson et gonfler un ballon.

**Données** :

- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\,\text{J·mol}^{-1}\text{·K}^{-1}$ ; $\quad T(\text{K}) = \theta(°\text{C}) + 273{,}15$ ;
- masse molaire de l'hydrogénocarbonate de sodium : $M(\text{NaHCO}_3) = 84{,}0\,\text{g·mol}^{-1}$ ;
- concentration standard : $c^\circ = 1\,\text{mol·L}^{-1}$ ;
- deuxième ligne (période) de la classification périodique :

| Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

### Partie A : Une odeur de poisson

Un poisson qui n'est plus frais sent mauvais. Après la mort de l'animal, des bactéries dégradent ses protéines et libèrent des amines, composés azotés à l'odeur forte ; la principale est la triméthylamine $(\text{CH}_3)_3\text{N}$. Pour chasser cette odeur, l'usage est d'ajouter un peu de citron ou de vinaigre à la cuisson ou de s'en frotter les mains.
La triméthylamine est une base au sens de Brønsted.

**1)** Qu'appelle-t-on une base au sens de Brønsted ?

**2)** La réaction de la triméthylamine avec l'eau n'est pas totale. Écrire son équation.

Le vinaigre utilisé a un pH égal à $2{,}8$.

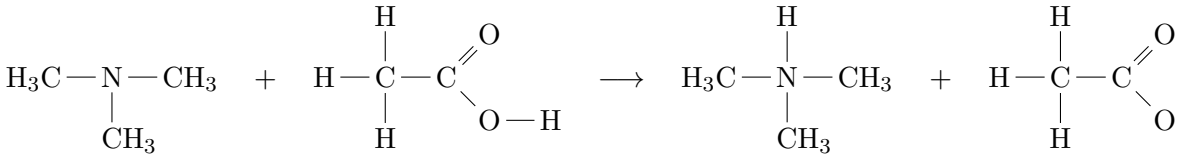
**3)** Quelle grandeur la mesure du pH permet-elle de calculer ? Effectuer ce calcul pour le vinaigre utilisé.

La triméthylamine réagit avec l'acide éthanoïque selon l'équation suivante, dont les deux produits sont sans odeur :

$$(\text{CH}_3)_3\text{N}\,(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}\,(\text{aq}) \longrightarrow (\text{CH}_3)_3\text{NH}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{CO}_2{}^-(\text{aq})$$

**4)** Justifier que cette transformation est une réaction acide-base et écrire les deux couples acide-base qui y participent.

**5)** Compléter les schémas de Lewis ci-dessous en ajoutant les doublets non liants et les charges électriques *(à compléter sur le sujet)*.



**6)** Un livre de cuisine affirme que le vinaigre « couvre » l'odeur du poisson. Rectifier cette affirmation en termes scientifiques.

### Partie B : Un ballon qui se gonfle tout seul

La levure chimique est une poudre formée surtout d'hydrogénocarbonate de sodium $\mathrm{NaHCO_3}$, souvent appelé à tort « bicarbonate ». On introduit de la levure dans un ballon de baudruche, on fixe ce ballon sur le goulot d'une bouteille contenant du vinaigre, puis on le redresse : la poudre tombe dans le vinaigre, un gaz se dégage et le ballon se gonfle. La transformation est modélisée par l'équation :

$$\mathrm{NaHCO_3(s) + CH_3CO_2H\,(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + CH_3CO_2{}^-(aq) + CO_2(g) + H_2O\,(l)}$$

**7)** On utilise $6{,}3\,\mathrm{g}$ de levure chimique, assimilée à de l'hydrogénocarbonate de sodium pur ; l'acide éthanoïque est en excès. Le dioxyde de carbone, à la pression $p = 1\,013\,\mathrm{hPa}$ et à la température $\theta = 25\,^\circ\mathrm{C}$, se comporte comme un gaz parfait. Calculer le volume de dioxyde de carbone, en litres, que l'on peut espérer recueillir.

**8)** Le volume de gaz mesuré est nettement plus faible que cette valeur. Proposer au moins une explication.

**9)** L'ion hydrogénocarbonate $\mathrm{HCO_3{}^-}$, libéré quand l'hydrogénocarbonate de sodium se dissout, est une espèce amphotère. Définir ce terme et écrire les couples acide-base auxquels appartient cet ion.

## Exercice 3 : Contrôler un tamis avec un laser

**3,5 points**

**Donnée** : célérité de la lumière, la même dans l'air que dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$.

Pour vérifier la taille des mailles d'un tamis (grille de laboratoire aux mailles carrées de côté $a$), on l'éclaire avec un laser monochromatique qui émet à $\lambda = 635\,\mathrm{nm}$. Sur un écran apparaît la figure schématisée ci-contre ; sa tache centrale, carrée, a pour côté $L = 3{,}81\,\mathrm{cm}$.

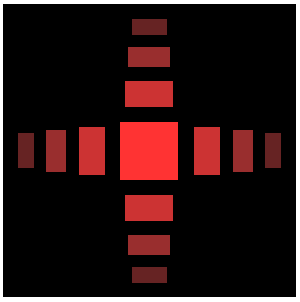


Figure observée sur l'écran

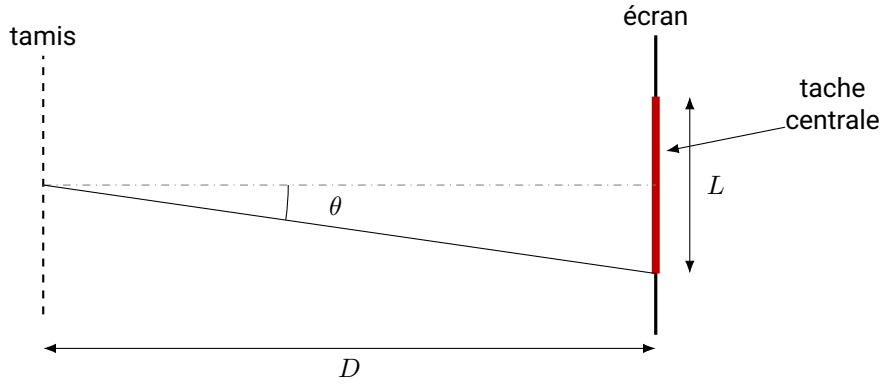
**1)** Quelle propriété de la lumière l'existence de cette figure de diffraction révèle-t-elle ?

**2)** À quelle condition sur les dimensions de l'ouverture la diffraction se manifeste-t-elle nettement ? Donner une réponse chiffrée.

**3)** Une onde lumineuse monochromatique est périodique dans l'espace et dans le temps. Donner le nom de la grandeur qui caractérise chacune de ces deux périodicités, ainsi que son unité.

**4)** Écrire la relation liant $\lambda$, la célérité $c$ de la lumière et la période $T$ de l'onde. En déduire l'expression de la fréquence $\nu$ du laser, puis calculer sa valeur.

Le laser est à $50\,\text{cm}$ du tamis et l'écran est placé à la distance $D = 1{,}80\,\text{m}$ du tamis. Du point de vue de la diffraction, une maille carrée se comporte comme deux fentes fines de même largeur $a$ croisées à angle droit : dans chaque direction, l'écart angulaire $\theta$ entre le centre de la tache centrale et son bord est celui d'une fente de largeur $a$.




Vue de dessus (échelle non respectée)

**5)** À l'aide du schéma, établir que $\theta = \dfrac{L}{2D}$, en utilisant l'approximation des petits angles : $\tan\theta \approx \theta$, $\theta$ en radian.

**6)** Rappeler la relation entre l'écart angulaire $\theta$, la longueur d'onde $\lambda$ et la largeur $a$.

**7)** Établir l'expression du côté $a$ d'une maille en fonction de $\lambda$, $D$ et $L$, puis calculer sa valeur.

## Exercice 4 : Une émission de radio en ligne

**5,5 points**

Un animateur diffuse une émission de radio par Internet depuis une pièce munie d'une fenêtre, avec un ordinateur relié à un microphone. On veut savoir si des bruits extérieurs ou intérieurs risquent de perturber l'émission.

Quand l'animateur parle normalement, le niveau d'intensité sonore moyen reçu par le microphone, placé à $40\,\text{cm}$ de sa bouche, est $L_{\text{moy}} = 60\,\text{dB}$. On suppose que la voix se répartit uniformément sur des sphères centrées sur la bouche de l'animateur. Dans un premier temps, le microphone est omnidirectionnel : il capte de la même façon les sons venus de toutes les directions.

**Données** :

- aire d'une sphère de rayon $R$ : $S = 4\pi R^2$ ;
- intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\,\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ;
- rappels sur le logarithme décimal : $\log(a \times b) = \log a + \log b$ ; $\log(10^x) = x$ ; $10^{\log x} = x$ ; $\log\dfrac{1}{x} = -\log x$.

**1)** Calculer l'intensité sonore moyenne $I_{\text{moy}}$ reçue par le microphone.

**2)** En déduire la puissance sonore moyenne $P_{\text{moy}}$ de la voix de l'animateur.

Un avion à réaction, dont la puissance sonore est $P = 2{,}0 \times 10^5\,\text{W}$, décolle à $5{,}0\,\text{km}$ de la pièce.

**3)** En l'absence de tout obstacle entre l'avion et le microphone, calculer l'intensité sonore $I_{\text{avion}}$ et le niveau d'intensité sonore $L_{\text{avion}}$ dus à l'avion au niveau du microphone.

La vitre de la fenêtre apporte une atténuation acoustique de $24\,\text{dB}$.

**4)** De quel type d'atténuation s'agit-il ? Expliquer.

**5)** En comparant au niveau de la voix de l'animateur, dire si le décollage de l'avion gêne l'émission.

**6)** Par quel facteur $k$ la vitre divise-t-elle l'intensité sonore ?

Pour que des techniciens puissent parler dans la pièce pendant l'émission, on remplace le microphone par un modèle cardioïde : il capte surtout les sons venant de la direction vers laquelle il est tourné, et atténue les autres, quelle que soit leur fréquence. Son diagramme polaire (figure 1) donne l'atténuation du son capté selon l'angle entre la direction de la source et l'axe du microphone.

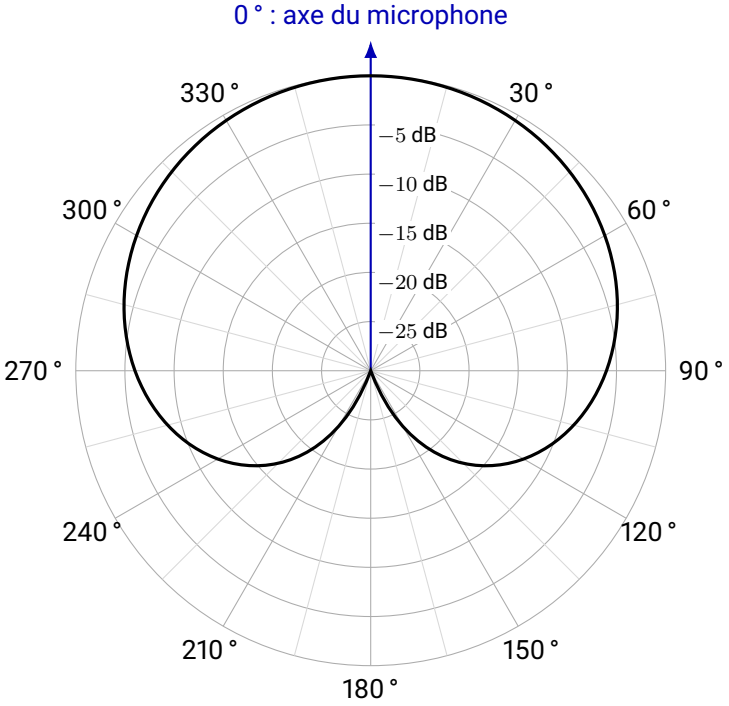



**Figure 1** – Diagramme polaire du microphone cardioïde

**Lecture du diagramme** : on trace la demi-droite issue du centre dans la direction de la source ; elle coupe la courbe en un point M. Le cercle qui passe par M donne l'atténuation. Par exemple, pour une source à $90°$, l'atténuation vaut environ $6\,\text{dB}$.

On admet que des conversations ne gênent pas l'émission si le niveau sonore capté par le microphone reste inférieur à $30\,\text{dB}$. Le niveau d'intensité sonore des conversations des techniciens, à l'emplacement du microphone, est de $45\,\text{dB}$, sans tenir compte de la directivité du microphone.

**7)** Dans quelles directions (donner les angles) les techniciens peuvent-ils converser sans gêner l'émission ?