

Lycée Général et lycée des Métiers de Chamalières

Exercices corrigés de Spécialité Physique-Chimie Terminale S

Pierre-Marie C
Professeur Agrégé de Physique

Année scolaire 2006-2007



Préface

Ce livre regroupe l'ensemble des exercices donnés à mes élèves de Terminale S spécialité, en Physique-Chimie, lors de l'année scolaire 2006-2007. La présentation d'origine des exercices, axée sur une utilisation maximale de la feuille de papier, a été maintenue. Les exercices dont seul le numéro est précisé peuvent être trouvés dans le livre de l'élève *Spécialité Physique-Chimie Terminale S*, éditeur Bordas, 2002.

En plus des exercices et de leurs corrigés, on trouvera ici les devoirs maisons, les devoirs surveillés et les bac blancs. Ce livre est ainsi un outil de travail complet. Un tel document existe aussi en Physique Terminale S et en Chimie Terminale S.

Résoudre tous les exercices Les exercices sont destinés à être tous résolus. Ils sont d'un niveau facile à moyen. Il ne m'a pas été possible pour l'instant d'intégrer des exercices d'un niveau plus élevé. Il ne s'agit donc pas d'un ouvrage uniquement accessible aux meilleurs, bien au contraire : les bons élèves doivent se tourner vers d'autres références plus complètes, et les plus faibles se mettre au travail dès maintenant avec les exercices que je propose sans chercher plus loin.

Des questions Les questions, généralement aussi au nombre de sept par chapitre, sont là uniquement en guise de simple détente ou pour relever un peu le débat, quand il ne s'agit pas de simples rappels de cours.

Je souhaite à tous mes lecteurs une brillante réussite dans leurs projets. Je serais heureux de recevoir de votre part des commentaires et des signalements d'erreurs.

M. C

Table des matières

I	Énoncés	1
II	Corrigés	35
III	Devoirs à la maison	67
IV	Devoirs surveillés	79
V	Bacs blancs	109

Première partie

Énoncés

Chapitre 1

Lentilles convergentes

Les exercices dont le numéro est grisé sont pour le 12 septembre.

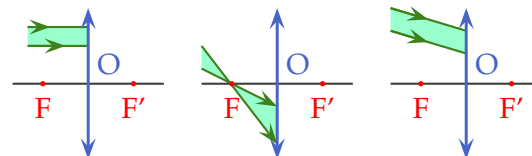
A

1.1 Appliquer les formules de conjugaison

- Où doit-on placer un écran pour observer une image nette d'un objet situé à 80 cm d'une lentille de distance focale 12,5 cm ?
- Un objet est à 50 cm d'une lentille et forme une image nette sur un écran placé à 25 cm après la lentille. Calculez la vergence de cette lentille et en déduire la distance focale.
- À quelle distance de la lentille est placé un objet de 20 cm de hauteur, formant une image sur un écran à 3 mètres de la lentille, sachant que l'image obtenue a une taille de 2,5 mètres ? Quelle est alors la distance focale et la vergence de la lentille ?

1.2 Constructions

Reproduire et compléter les schémas en traçant les faisceaux émergents.



1.3 Appareil photographique

L'objectif d'un appareil photographique est modélisé par une lentille de distance focale $f = 10$ cm. L'appareil est mis au point sur un élève qui se tient perpendiculairement à l'axe optique de l'objectif à une distance de 2,5 m.

Quelle est alors la distance entre la pellicule et la lentille ?

La taille de l'élève est de 1,65 m ; quelle est la dimension de son image sur la pellicule ?

E

1.4 N°14 p. 15 : Lentille convergente

1.5 La loupe

À l'aide d'une lentille convergente de vergence

$$C = +20 \text{ } \delta$$

on observe un objet de 1 cm de hauteur et situé à 3 cm de la lentille.

- Par application de la formule de conjugaison, déterminer la position de l'image.
- Retrouver ce résultat à l'aide d'une construction graphique à l'échelle 1. Comparer l'image obtenue à l'objet observé (grandeur et sens).
- Dans ces conditions, la lentille constitue une loupe. Pourquoi ?

B

1.6 Méthode de Silbermann

Une lentille mince convergente donne d'un objet AB une image renversée de même taille que l'objet.

- Quelle est la valeur du grandissement ?
- Montrer que, dans ce cas, la distance entre l'objet et

l'image est telle que $AA' = 4f'$.

- Réaliser un schéma pour illustrer ce cas.
- Proposer un protocole utilisant cette situation pour mesurer la distance focale d'une lentille.

1.7 N°2 p. 13 : Deux lentilles



Chapitre 2

Miroirs sphériques

A

2.1 Modèle et schématisation

Un miroir sphérique convergent a pour rayon :

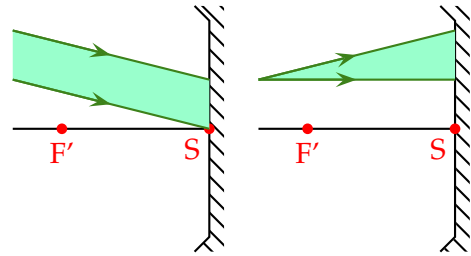
$$R = 50,0 \text{ cm}$$

- Définir sa distance focale. Calculer sa valeur.
- Schématiser le miroir en indiquant les points caractéristiques : centre, sommet et foyers.
- Énoncer les conditions qui doivent être réalisées pour que le modèle soit valide.

2.2 N°10 p. 15 : Réelle ou virtuelle

2.3 Tracé de faisceaux

Reproduire et compléter les schémas suivants.



2.4 Image à l'infini

Quelle doit être la position de l'objet pour que l'image donnée par un miroir sphérique convergent soit à l'infini ?

Justifier la réponse par une construction graphique soignée.

E

2.5 Position de l'image

Un objet AB est placé à 1,00 m du sommet d'un miroir sphérique convergent de rayon $R = 40,0 \text{ cm}$.

- Déterminer graphiquement le sens et la position de l'image $A'B'$. Comparer la taille de l'image à celle de l'objet.
- Pour obtenir une image renversée plus grande que l'objet, faut-il rapprocher ou éloigner l'objet du miroir ?

2.6 N°12 p. 15 : Dans un plan frontal

2.7 Mesure de distance focale

Un miroir sphérique convergent est placé sur le banc d'optique. Il reçoit un faisceau lumineux incident parallèle à son axe optique. Un demi-écran est placé au point de convergence du faisceau réfléchi.

- Comment peut-on obtenir un faisceau lumineux parallèle à l'aide d'une lentille convergente ?
- Réaliser un schéma illustrant cette expérience.
- La présence du demi-écran modifie-t-elle l'image qu'il reçoit ?
- Montrer que cette expérience permet de mesurer la distance focale du miroir.

2.8 Loupe

Un objet AB de taille 5,0 mm est placé à 10,0 cm d'une lentille convergente de vergence $+10 \delta$ et de diamètre 4 cm.

- Calculer le diamètre apparent α de l'objet AB, observé à l'œil nu à $d = 25 \text{ cm}$ de distance.
Remarque : cette distance correspond au *Punctum Proximum* pour un œil normal, distance minimale de vision nette.
- Déterminer graphiquement les caractéristiques de $A'B'$, image de AB par la lentille dont il est question dans l'énoncé.
- Tracer le *faisceau* lumineux issu de B et s'appuyant sur le bord de la lentille. Faire de même avec le faisceau issu de A. Indiquer la zone où l'œil de l'observateur peut se placer pour voir l'image de l'objet.
- Pour une observation sans fatigue, on conseille d'observer un objet $A'B'$ à l'infini, afin que l'œil n'est pas à fournir d'effort d'accommodation. Est-on dans ce cas ici ?
- Calculer le diamètre apparent α' de l'image $A'B'$, à partir de la construction géométrique de la question b.
- Le grossissement G d'un instrument d'optique est défini par le rapport :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Calculer ce rapport dans le cas présent. Justifiez l'utilisation en tant que loupe de cette lentille.

Chapitre 3

Le microscope

E

3.1 N°1 p. 24 : Modélisation d'un microscope

3.2 Pouvoir séparateur

On veut observer une cellule dont les détails ont une taille d'environ $0,2 \mu\text{m}$.

- Sous quel angle voit-on ces détails lorsqu'on les observe à l'œil nu à 25 cm ?
- Deux points sont séparés par l'œil s'ils sont vus sous un angle supérieur à $3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$.
Peut-on observer les détails d'une cellule à l'œil nu ?
- Pour observer ces détails, on utilise un microscope. Quel est le grossissement minimal qui permet de les observer ?
- Le microscope utilisé possède trois objectifs de grossissements γ (lettre grecque « gamma ») $\times 10$, $\times 40$ et $\times 100$, et trois oculaires de grossissement G $\times 5$, $\times 10$ et $\times 15$.

Sachant que le grossissement du microscope est donné par la relation :

$$G = |\gamma_{\text{ob}}| G_{\text{oc}}$$

proposez une association possible.

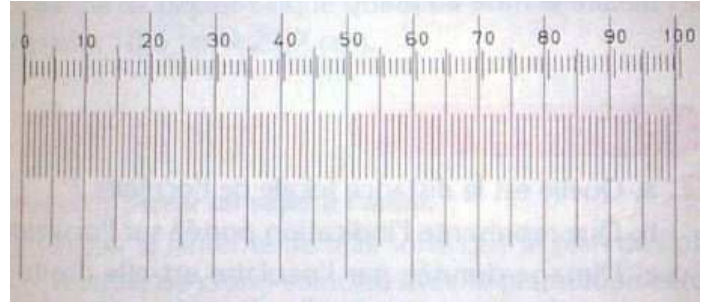
3.3 Mesure du diamètre d'un fil

Pour mesurer le diamètre d'un fil de pêche, on utilise un microscope muni d'un micromètre oculaire au $1/10^{\text{e}}$ de mm. Un tel oculaire possède dans son plan focal objet une plaque de verre graduée au $1/10^{\text{e}}$ de mm.

On utilise ce microscope avec un micromètre objectif au $1/100^{\text{e}}$ de mm. Un micromètre objectif est une plaque de verre graduée au $1/100^{\text{e}}$ de mm, que l'on place sur la platine du microscope. Cette plaque de verre graduée remplace alors la plaque de verre rectangulaire habituelle.

On observe ce micromètre objectif à travers le microscope muni du micromètre oculaire. La photographie

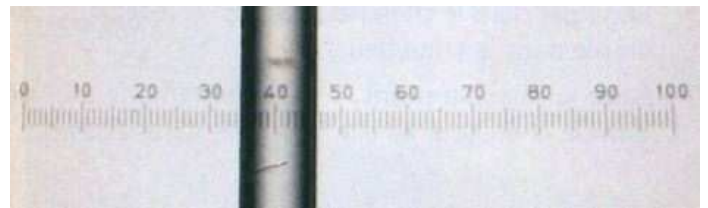
ci-dessous représente ce qui est vu lorsque la mise au point est faite.



La micromètre au $1/100^{\text{e}}$ de mm correspond aux graduations du bas (grandes graduations). Le micromètre oculaire correspond aux graduations du haut (petites graduations numérotées).

- Donner la taille, en mm, des 100 graduations du micromètre objectif gradué au $1/100^{\text{e}}$ de mm. Peut-on faire la différence, à l'œil nu, entre une plaque de verre normale et une plaque micromètre objectif ?
- À combien de graduations du micromètre oculaire correspondent les 100 graduations du micromètre objectif ?

Dans un deuxième temps, on remplace le micromètre objectif au $1/100^{\text{e}}$ par le fil de pêche qu'on observe sans changer aucun réglage, tel que le montre la photographie ci-dessous.



- À combien de graduations du micromètre oculaire correspond le diamètre du fil ?
- En déduire la diamètre du fil.

B

3.4 Modélisation d'un microscope

On modélise un microscope à l'aide de deux lentilles minces convergentes :

- l'objectif L_1 , de centre optique O_1 , de foyer objet F_1 , de foyer image F_1' , de distance focale $f_1' = 2,0 \text{ cm}$;
- l'objectif L_2 , de centre optique O_2 , de foyer objet F_2 , de foyer image F_2' , de distance focale $f_2' = 4,0 \text{ cm}$;

Les deux lentilles ont même axe optique, et :

$$O_1O_2 = 14,0 \text{ cm}$$

Un objet plan AB , perpendiculaire en A à l'axe optique, est placé devant la lentille L_1 . Celle-ci donne une image A_1B_1 de l'objet AB .

La lentille L_2 permet d'obtenir l'image définitive A_2B_2 .

I - Rôle de l'oculaire

- Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour la lentille L_2 ?
- Pour ne pas fatiguer l'œil, l'image définitive A_2B_2 doit se former à l'infini. Justifier, à partir d'une relation de conjugaison, le fait que l'image intermédiaire A_1B_1 se forme nécessairement au niveau du foyer objet de l'oculaire L_2 .
- Sur la figure 1 de l'annexe, sont représentés l'oculaire L_2 , ainsi que l'image intermédiaire A_1B_1 . La figure est réalisée à l'échelle 1/1, sauf pour A_1B_1 qui est représentée sans souci d'échelle. Placer les foyers F_2 et F'_2 , et construire la marche du faisceau lumineux délimité par les deux rayons lumineux tracés sur la figure 1. En déduire l'image définitive A_2B_2 .

II - Rôle de l'objectif

- Sur la figure 2 de l'annexe, sont représentés l'objectif L_1 , ainsi que l'image intermédiaire A_1B_1 . La figure est réalisée à l'échelle 1/1, sauf pour A_1B_1 qui est représentée sans souci d'échelle. Placer les foyers F_1 et F'_1 , et construire l'objet AB.
- Définir le grandissement γ_1 de l'objectif. Montrer, en utilisant la construction graphique, qu'il est de l'ordre de -4.

III - Grossissement du microscope

- Les cellules d'épiderme d'oignon ont des dimensions de l'ordre de $80 \mu\text{m}$. Une cellule est observée à l'œil nu sous un diamètre apparent $\alpha = 3,2 \cdot 10^{-4}$ rad. Calculer le diamètre apparent α' pour une cellule d'épiderme d'oignon observée à travers le microscope modélisé, qui a un grossissement $G = 25$.
- Deux points d'un objet sont discernables à l'œil nu si ils sont observés sous un diamètre apparent supérieur ou égal à $4 \cdot 10^{-3}$ rad. Le microscope modélisé est-il assez puissant pour permettre cette observation ?

3.5 Cercle oculaire

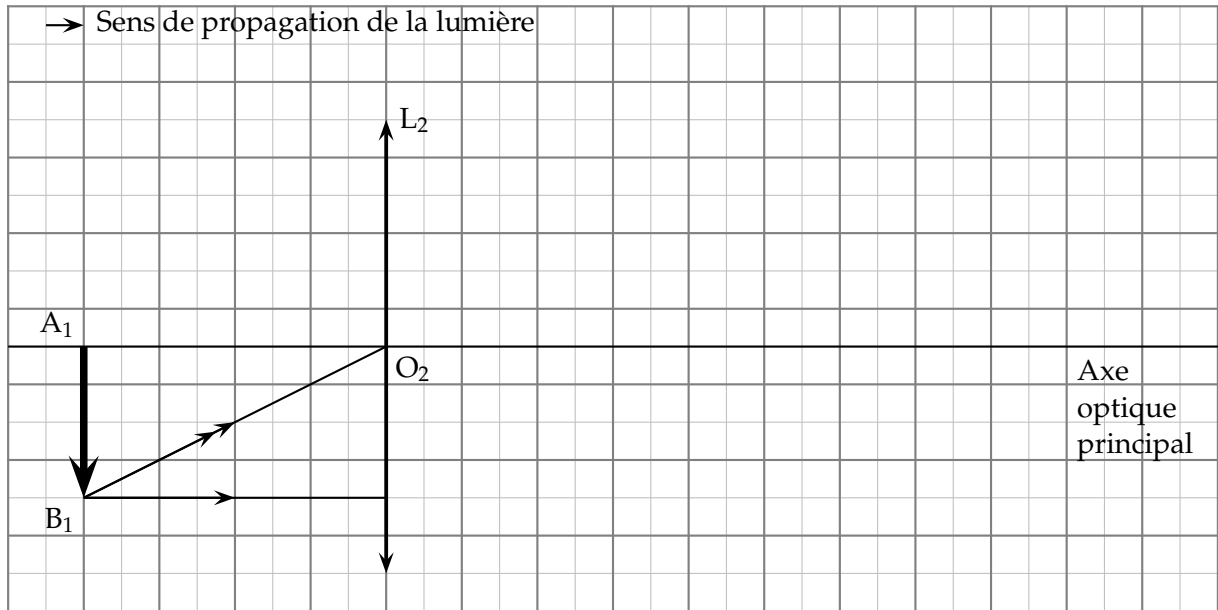
L'objectif d'un microscope a une distance focale de 1,6 cm et un diamètre de 4,0 mm. Il est utilisé en TP avec un oculaire de 4,0 cm de distance focale. L'intervalle optique de ce microscope est $\Delta = 16,0$ cm.

- Calculer la distance séparant l'objectif de l'oculaire.
- Rappeler la définition du cercle oculaire, puis calculer sa position.
- Calculer le grandissement de l'oculaire, et en déduire le diamètre du cercle oculaire.
- Le diamètre de la pupille varie entre 2 mm et 8 mm suivant l'éclairement. Le comparer au diamètre du cercle oculaire. Quel est l'intérêt de placer son œil au niveau du cercle oculaire ?

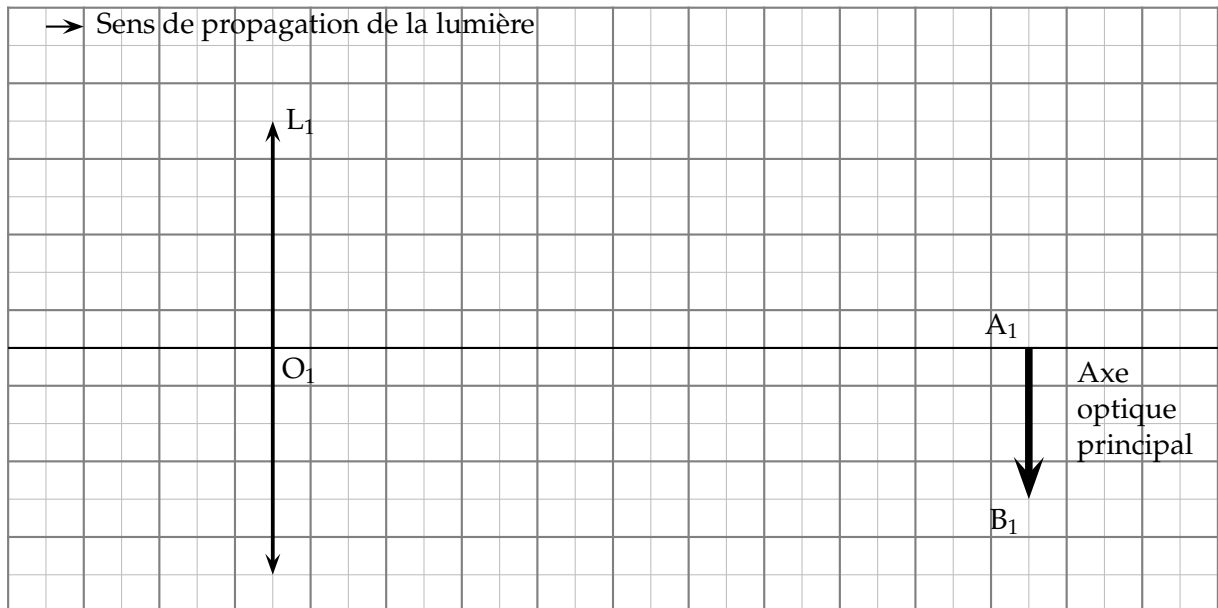
3.6 N°17 p. 16 : Modélisation d'un œil hypermétrope

★★
★

Annexe de l'énoncé de Spécialité n°3



F . 3.1 – Rôle de l'oculaire.



F . 3.2 – Rôle de l'objectif.

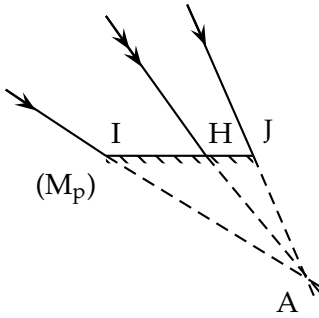
Chapitre 4

Lunette astronomique et télescope

E

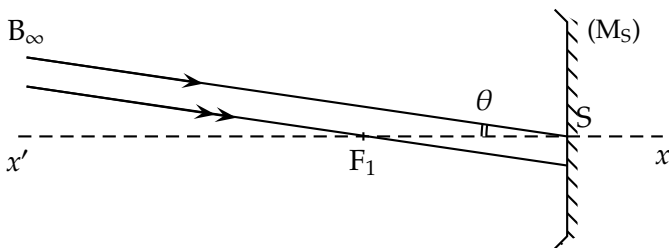
4.1 Propriétés des miroirs

On coupe un faisceau lumineux convergent par un miroir plan (M_p) :



- a. Représenter les rayons réfléchis correspondant aux rayons incidents extrêmes passant par I et J ainsi qu'au rayon intermédiaire passant par H.

On utilise maintenant un miroir sphérique concave (M_s), qui a pour axe optique $x'x$, pour foyer F_1 et pour sommet S :



Un objet B à l'infini émet des rayons inclinés d'un angle θ faible sur l'axe $x'x$.

- b. Tracer ce que deviennent après réflexion sur le miroir les rayons issus de B et passant respectivement par F_1 et S.
c. Préciser sur la figure où se trouve l'image B_1 de B.

4.2 Lunette astronomique

Une lunette astronomique peut être modélisée par un ensemble de deux lentilles convergentes de même axe.

- a. Expliquez comment il faut positionner l'oculaire L_2 par rapport à l'objectif L_1 pour obtenir une lunette afocale.
b. Pour un objet AB à l'infini, construire soigneusement l'image A_1B_1 donnée par l'objectif, puis l'image définitive $A'B'$ formée par l'oculaire. Bien tenir compte sur le schéma que $f_1 > f_2$.
c. Le grossissement d'une lunette afocale est :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

Expliquez la signification des angles θ et θ' , et les faire figurer sur le schéma précédent.

- d. Montrez alors que :

$$G = \frac{f_1}{f_2}$$

- e. Discutez de l'intérêt d'avoir $f_1 \gg f_2$.
f. De quoi le cercle oculaire est-il l'image ? Construire cette image sur un beau schéma tout neuf.

4.3 Télescope de Newton

- a. Proposez une modélisation du télescope de Newton. Précisez la nature (concave, convexe ou plan) des miroirs utilisés. On notera d'un indice 1 l'objectif et d'un indice 2 l'oculaire.
b. Pour un objet AB à l'infini, construire soigneusement l'image A_1B_1 donnée par l'objectif, puis l'image A_2B_2 donnée par le miroir secondaire, et enfin définitive $A'B'$ formée par l'oculaire. Bien tenir compte sur le schéma que $f_1 > f_2$.
c. Le grossissement d'un télescope afocal est :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

Expliquez la signification des angles θ et θ' , et les faire figurer sur le schéma précédent.

- d. Montrez alors que :

$$G = \frac{f_1}{f_2}$$

- e. Discutez de l'intérêt d'avoir $f_1 \gg f_2$.
f. De quoi le cercle oculaire est-il l'image ? Construire cette image sur un beau schéma tout neuf.

4.4 Le télescope, collecteur de lumière

Un astronome observe le ciel à l'aide d'un télescope dont le miroir principal a un diamètre de 10 cm. Le dispositif qui maintient en place le miroir secondaire a un diamètre de 2,5 cm.

- a. Calculez la surface par laquelle la lumière pénètre dans le télescope.
b. Le grossissement utilisé est tel que le diamètre du cercle oculaire est inférieur à celui de la pupille, de diamètre estimé à 6 mm : toute la lumière rentre dans l'œil.

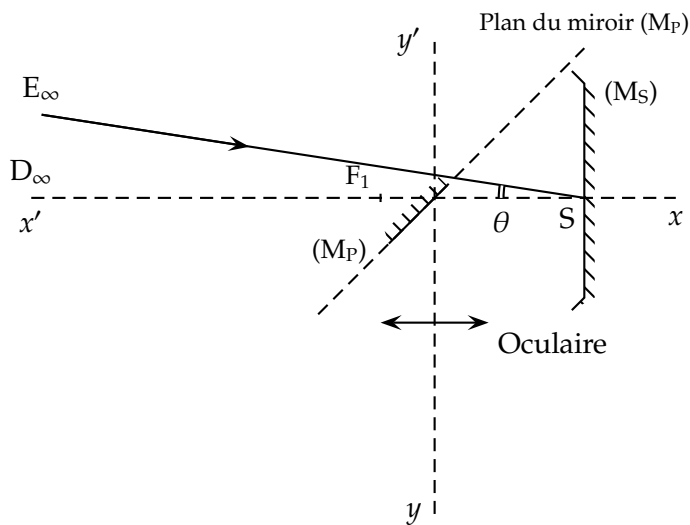
Montrez que l'astronome reçoit à chaque instant environ 250 fois plus de lumière lorsqu'il observe une étoile à travers le télescope en plaçant l'œil au niveau du cercle oculaire.

- c. Expliquez pourquoi il peut observer, avec son télescope, des étoiles invisibles à l'œil nu.
d. Pourquoi est-il formellement interdit d'observer directement le Soleil, même avec les meilleurs filtres disponibles ?

4.5 Observation de la Lune

Un astronome observe la Lune avec un télescope de Newton. Le télescope est formé principalement :

- d'un miroir sphérique ou objectif (M_S) de distance focale $F_1S = f_1$.
- d'un petit miroir plan (M_P) incliné à 45° par rapport à l'axe optique du miroir principal et placé entre celui-ci et son foyer, les surfaces réfléchissantes des deux miroirs étant face à face.
- d'un oculaire d'axe $y'y$ perpendiculaire à $x'x$, assimilable à une lentille convergente de distance focale f'_2 .



L'astronome oriente l'axe du télescope vers le centre de la Lune D supposé situé à une distance infinie et veut observer un détail ponctuel E à la surface du sol lunaire. Les rayons issus de E font l'angle θ faible avec l'axe optique.

Le miroir principal (M_S) donne de D et E les images respectives D_1 et E_1 .

D_1E_1 sert d'objet pour le miroir plan (M_P) qui en donne une image D_2E_2 .

D_2E_2 sert d'objet pour l'oculaire qui en donne l'image définitive D_3E_3 .

- Tracer les rayons lumineux permettant d'obtenir l'image D_1E_1 . Préciser la position de D_2E_2 et comparer les dimensions de D_1E_1 et D_2E_2 .
- L'astronome, dont la vue est supposée normale, règle l'oculaire de telle façon que D_2E_2 soit dans le plan focal objet de l'oculaire. Où l'image définitive D_3E_3 se trouve-t-elle ? Tracer les rayons lumineux à la sortie de l'oculaire et indiquer l'angle θ' sous lequel l'astronome voit DE dans le télescope.

Pourquoi ce réglage de l'appareil est-il adopté ?

4.6 N°1 p. 36 : Grossissement d'une lunette

4.7 Lunette de Scheiner

La première lunette fut réalisée par l'opticien hollandais L. en 1608. Elle possédait un objectif convergent, mais un oculaire divergent. C'est avec une lunette de ce type que G. a découvert, en 1610, les satellites de Jupiter et les phases de Vénus. Quelques idiots s'effrayèrent de l'utilisation comme lunette terrestre, puisqu'un tel instrument permet d'observer des personnes lointaines à leur insu, ce qui peut apparaître comme un privilège divin. Le Pape avait cependant réussi à protéger son ami G. contre ces premières attaques obscurantistes.

La première véritable lunette astronomique, avec oculaire convergent, fut imaginée par K. et réalisée par S. en 1630. On peut réaliser une telle lunette avec un tube rigide, comportant à ses deux extrémités deux lentilles convergentes de 3,0 cm de diamètre et de distances focales $f'_1 = 40$ cm et $f'_2 = 10$ cm.

- Quelle lentille faut-il utiliser comme objectif ? Justifier.
- Indiquez la longueur qu'il faut donner au tube pour

obtenir une lunette afocale. Quel est l'avantage d'un tel montage pour les observations astronomiques ?

- Calculez la position et le diamètre du cercle oculaire. En déduire si la lunette est bien adaptée à une observation à l'œil nu, dont la pupille a un diamètre maximum de 8 mm dans l'obscurité.

4.8 Grande lunette de Meudon

La grande lunette de l'observatoire de Meudon (banlieue parisienne) a un objectif de 83 cm de diamètre et de 16,2 m de distance focale.

À cause du phénomène de diffraction, l'image d'un point dans un instrument optique est une tache circulaire d'autant plus grande que le diamètre de l'objectif est petit. Si on utilise un grossissement trop fort, ces taches deviennent visibles et l'image est floue. On montre que le grossissement maximal utilisable est égal à 2,5 fois le diamètre de l'objectif exprimé en mm.

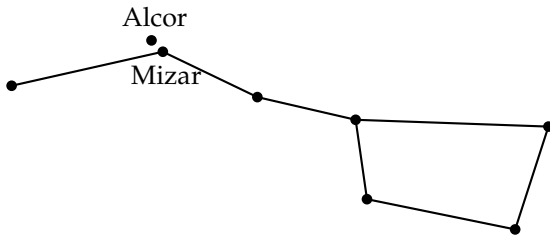
Calculer le grossissement maximal de la grande lunette de Meudon.

4.9 N°6 p. 37 : Le télescope de Newton

4.10 Étoiles doubles

Deux étoiles doubles sont vues séparées par l'œil si la distance angulaire qui les sépare est supérieure à $3,0 \cdot 10^{-4}$ rad.

Alcor et Mizar par exemple constituent un couple d'étoiles visibles à l'œil nu dans la constellation de la Grande Ourse.



Mais Mizar elle-même est une étoile double invisible à l'œil nu car les deux composantes sont trop proches l'une de l'autre : elles ne sont distantes que de $14,5''$ (avec $1''$ d'arc qui vaut $1/3600^\circ$). Cette étoile double a été découverte par Galilée en 1620.

- Exprimer en radian la distance angulaire entre les deux composantes de l'étoile..
- En déduire le grossissement minimal de la lunette qui a permis à Galilée d'observer cette étoile double.
- Peut-on la voir en construisant une lunette à l'aide de deux lentilles de 20δ et 5δ de vergence ?



Chapitre 5

Extraire et identifier

R

Où est le cours ? Il n'y aura qu'un résumé de cours sur ce chapitre. En effet le but du chapitre est l'extraction à partir d'un produit naturel, thème largement développé en seconde.

Attention, absence de cours ne signifie pas absence de connaissances requises !

Importance du TP Les énoncés des travaux pratiques et les réponses aux questions posées en fin de TP contiennent beaucoup d'information importantes !

Seconde Réviser les points suivants du programme de Seconde :

- Les techniques d'extraction à partir d'un produit naturel ;
- Les critères de choix d'un solvant pour une extraction par solvant ;
- La chromatographie sur couche mince ;
- Calculs de densités et masses volumiques.

M

Hydrodistillation

Chromatographie

Phase mobile

Rapport frontal

Relargage

Éluant

Migration

Densité

Extraction par solvant

Phase fixe

Chromatogramme

Masse volumique

Q

Q1 Donner une définition pour chacun des mots clés ci-dessus.

Q2 Une ampoule à décanter contient deux phases, dont l'une est aqueuse. La densité de l'autre phase est inconnue. Proposer une méthode pour identifier la phase aqueuse.

Q3 Un professeur de spécialité physique-chimie désire que ses élèves extraient les colorants contenus dans des feuilles d'épinard. Ces colorants sont solubles dans

la propanone. Imaginer le protocole que devra fournir ce professeur.

Q4 Pour enlever des taches de goudron sur du coton, il vaut mieux utiliser du *White spirit* que de l'eau. Pourquoi ?

Q5 L'usage du *White spirit* pour enlever une tache de goudron sur une peinture ou un vernis est déconseillé. Pourquoi ?

E

Densité & masse volumique

5.1 Calculs de densités

On donne la masse de divers volumes d'espèces chimiques :

Espèce chimique	Volume (mL)	Masse (g)
Éthanol	60	49
Acétaldéhyde	50	40
Acide nitrique	30	42

- Donner la formule de la densité d'un liquide par rapport à l'eau (préciser les unités).
- Déterminer la densité de chaque espèce chimique, dans les conditions telles que 1 g d'eau occupe un volume de 1 mL.

5.2 Mesure de la densité de l'heptane

L'heptane est un solvant. Pour déterminer sa densité, on verse 50,0 mL d'heptane dans une éprouvette graduée, que l'on pèse sur une balance de précision ; la masse mesurée est de 94,35 g (l'éprouvette graduée avait aussi été pesée vide, on avait trouvé 60,35 g).

- Calculer la masse d'heptane contenue dans l'éprouvette graduée.
- Calculer la masse volumique de l'heptane.
- En déduire la densité de l'heptane.

5.3 Densités & masse volumique

- L'acétate d'éthyle est un solvant organique de masse volumique $\mu = 0,9 \text{ g.cm}^{-3}$. Quelle est sa densité ?
- La densité du lait est $d = 1,033$. Calculer sa masse volumique, en kg/L et en kg/m^3 .

Extractions

5.4 Extraction de la caféine du Coca-Cola

La caféine est un des constituants du Coca-Cola, dans lequel elle est en solution. On désire mener à bien l'extraction de la caféine.

- Avant toute chose, il faut dégazéifier le Coca-Cola. Proposer une méthode expérimentale.
- À l'aide des tableaux ci-dessous, choisir le solvant le mieux adapté à cette extraction. Justifie ton choix par 4 arguments clefs.

Solvant	Solubilité de la caféine	Miscibilité avec l'eau
Eau	+	oui
Éthanol	+	oui
Acétone	+	non
Cyclohexane	++	non
Dichlorométhane	++	non
Éther	++	non

Solvant	Temp. d'ébull.	Risques	Dens. d
Eau	100 °C		1,000
Éthanol	80 °C	F	0,81
Acétone		F	0,79
Cyclohexane	80,7 °C	F	0,78
Dichlorométhane	40 °C	Xn	1,325
Éther	34 °C	F+	0,71

- Représenter l'ampoule à décanter et les deux phases qui apparaissent après décanter. Indiquer le nom de chaque phase.

5.5 Extraction de l'essence de lavande

Par hydrodistillation de fleurs de lavande, on obtient un distillat parfumé, qui ne permet cependant pas de récupérer l'huile essentielle par simple décanter. Il faut réaliser une extraction par solvant de l'huile essentielle contenue dans le distillat.

- Le distillat obtenu a un aspect trouble et blanchâtre. Expliquer pourquoi, et expliquer alors pourquoi il est nécessaire de procéder à une seconde extraction, par solvant.
- À l'aide des tableaux ci-dessous, choisir le solvant le mieux adapté à cette extraction. Justifie le choix par quatre arguments clés.

Solvant	Solubilité de l'huile essentielle	Miscibilité avec l'eau
Eau	-	oui
Eau salée	-	oui
Éthanol	++	oui
Acétone	+	non
Cyclohexane	+++	non
Dichlorométhane	++	non
Éther	+++	non

Solvant	Temp. d'ébull.	Risques	Dens. d
Eau	100 °C		1,000
Eau salée	94 °C		1,1
Éthanol	80 °C	F	0,81
Acétone		F	0,79
Cyclohexane	80,7 °C	F	0,78
Dichlorométhane	40 °C	Xn	1,325
Éther	34 °C	F+	0,71

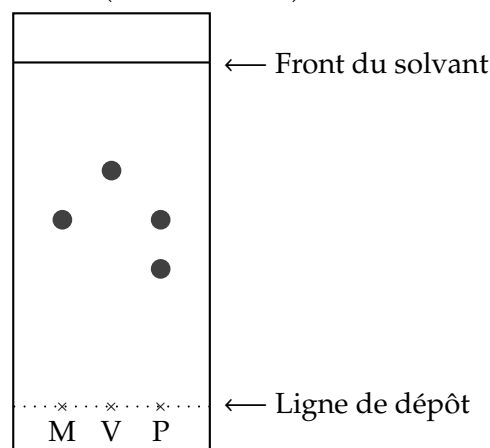
- Représenter les 2 phases qui apparaissent après décanter dans l'ampoule à décanter. Indiquer le nom de chaque phase.

Chromatographies

5.6 Chromatographie comparative

On désire identifier les constituants d'un additif alimentaire utilisé comme arôme dans les sucreries. On procède à une chromatographie sur couche mince avec un éluant approprié. Sur la ligne de dépôt, on dépose :

- une goutte menthol : M ;
 - une goutte de vanilline : V ;
 - une goutte du produit à étudier : P.
- Définir les termes : *chromatographie*, *éluant*, *ligne de dépôt*, *front du solvant*.
 - Après élution, il apparaît des taches caractéristiques des constituants séparés. Le chromatogramme obtenu est présenté (en taille réelle) ci-dessous.



Combien y-a-t-il de constituants dans le produit testé ?

- c. Quel sont ceux que l'on peut identifier ?
 d. Donner la définition du rapport frontal R_f . Calculer le rapport frontal du menthol (faites les mesures sur les schémas, la réduction lors de la photocopie est sans effet sur les valeurs des rapports frontaux).

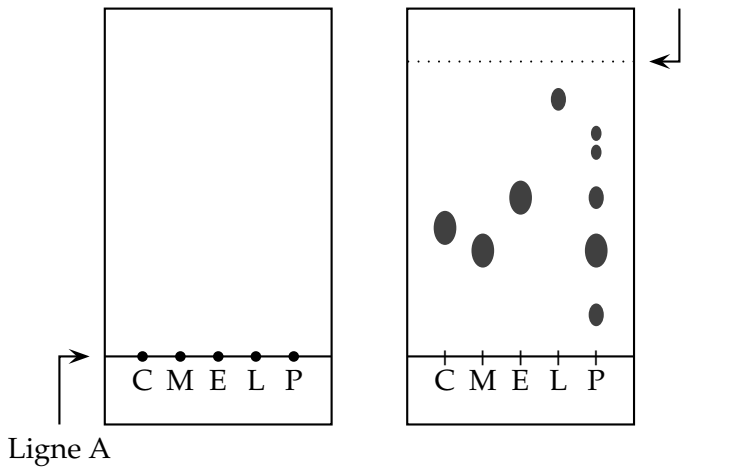
5.7 Pastille pour la toux

On se propose d'extraire et d'identifier quelques constituants d'une pastille pour la toux. Cette pastille est broyée, puis dissoute dans 20 mL d'eau; On ajoute 5 mL de cyclohexane, solvant dans lequel les constituants recherchés sont beaucoup plus solubles que dans l'eau.

En utilisant une ampoule à décanter, on récupère la phase organique, notée P par la suite. On réalise alors une chromatographie sur couche mince. Sur la ligne A, on dispose, de droite à gauche :

- une goutte de citral C ;
- une goutte de menthol M ;
- une goutte d'eucalyptol E ;
- une goutte de limonène L ;
- une goutte du produit à analyser P.

Après élution et révélation, on obtient l'aspect de la plaque de droite.



- a. Dessiner l'ampoule à décanter en précisant la position des deux phases.
 b. Quels sont les noms des lignes A et B ?
 c. Quelle précaution expérimentale doit-on prendre à propos du volume d'éluant à introduire dans la cuve à chromatographie ?
 d. Les constituants analysés sont tous incolores; Quelles techniques peut-on utiliser pour les révéler sur le chromatogramme ?
 e. Quels constituants la pastille étudiée semble-t-elle contenir ?
 f. Déterminer le rapport frontal R_f du menthol (l'échelle de la figure est sans effet sur les valeurs des rapports frontaux).

Donnée : Masse volumique du cyclohexane : $0,78 \text{ g.cm}^{-3}$.

★★★

Chapitre 6

Fabrication & analyse d'un produit fini

R'

Formulation Un produit commercial, manufacturé, est constitué d'un mélange d'espèces chimiques. Cette préparation s'appelle formulation.

Manufacturé Dans le TP n°8 sur la fabrication d'une colle, on s'est attaché à respecter une formulation pour obtenir un produit fini à partir des matières premières. La synthèse d'une espèce proprement dite sera vue plus tard.

Analyse Dans le TP n°9 sur l'analyse des fraises Tagada, on s'est attaché à vérifier la formulation d'un produit fini. Un tel travail combine une extraction et une analyse de l'extrait.

Solvant Un solvant est une espèce chimique qui a la propriété de dissoudre d'autres espèces.

Soluté Un soluté est une espèce chimique dissoute dans un solvant. Pour savoir qui dissout qui, il faut garder à l'esprit que le soluté est minoritaire par rapport au solvant, majoritaire.

Solubilité La solubilité d'une espèce chimique dans un solvant est égale à la concentration de la solution saturée de cette espèce dans ce solvant. En général, par commodité, on l'exprime en g.L^{-1} .

Exemple : la solubilité du chlorure de sodium NaCl vaut :

$$s = 359 \text{ g.L}^{-1}$$

Tensioactifs Un tensionactif est une molécule dotée à la fois d'une partie polaire ou ionique, hydrophile, et d'une partie apolaire, hydrophobe. Un

tensioactif ne rends pas miscible l'huile et l'eau, mais permet la formation de micelles.

Émulsion Une émulsion est un mélange de gouttelettes d'huile dispersées dans l'eau (cas E/H) ou de gouttelettes d'eau dispersées dans l'huile (cas H/E).

Charges Selon les cas, les matières de charge permettent de :

- Jouer un rôle de tensioactif ;
- Contrôler la viscosité de la préparation ;
- Permettre une meilleure dispersion des autres molécules ;
- Éviter la déshydratation du produit...

Galénique En pharmacie, l'objectif de la formulation est d'administrer une molécule appelée *principe actif* avec le maximum d'efficacité. La formulation prends donc en compte les propriétés de la molécules ainsi que celles de la partie de l'organisme à atteindre.

Dans une formulation, on distingue alors :

- Le principe actif ;
- Les adjuvants, améliorant l'efficacité du principe actif ;
- Les colorants et les arômes, destinés à l'agrément ;
- Les excipients, sans rôle autre qu'obtenir un certain volume.

M

Solvant	Hydrophobe	Molécule apolaire	Formulation	Adjuvants
Soluté	Hydrophile	Dissolution	Matières de charge	Colorants
Solubilité	Micelle	Matière première	Galénique	Arômes
Tensioactifs	Molécule polaire	Médicament	Principe actif	Excipients

Q

Q1 Rechercher chacun des mots clefs ci-dessus dans une encyclopédie.

Q2 Dessiner une micelle, stabilisée par un tensioactif, d'une émulsion E/H. Même question dans le cas d'une émulsion H/E.

Q3 Pour parfumer une eau-de-vie, on peut y laisser macérer des fruits (cerises...) ou des plantes (gentiane...). Certaines espèces chimiques des fruits ou de la plante se solubilisent

dans l'alcool. Comment nomme-t-on cette méthode d'extraction ?

Q4 Dresser un schéma légendé d'un montage d'hydrodistillation.

Q5 Expliquer en trois étapes la technique d'extraction d'un composé organique par un solvant d'extraction. On n'omettra pas de détailler l'utilisation d'une ampoule à décanter.

Q6 Décrire les tests permettant de confirmer la présence

des groupes caractéristiques suivants dans une molécule organique :

Alcool primaire	Acide carboxylique
Halogène	Aldéhyde
Cétone	Alcène

Q7 Expliquer comment on procède pour identifier une espèce par chromatographie sur couche mince. On distinguera deux grands cas généraux.

Q8 Détailler la mise en œuvre d'un spectrophotomètre pour l'analyse d'un mélange de deux espèces colorées.

Q9 Parmi les grandeurs suivantes, indiquer celles qui sont mises en œuvre dans des méthodes d'identification. Pour chaque grandeur, on précisera s'il s'agit d'une caractéristique chimique ou physique :

Température de fusion	Solubilité dans l'eau
Spectre d'absorption	Température d'ébullition
Indice de réfraction	Masse molaire
Densité	Masse volumique

E

6.1 Une aspirine et un verre d'eau

Un comprimé d'aspirine contient 500 mg d'acide acétylsalicylique, qui est le principe actif. La solubilité de cet acide dans l'eau, à 25°C, est de 2,5 g.L⁻¹.

- Calculer (en mL) la quantité minimale d'eau nécessaire pour que tout l'acide contenu dans le comprimé passe en solution. Comparer avec le volume d'un verre d'eau, soit 200 mL.
- Calculer la concentration de l'acide acétylsalicylique dans la solution obtenue.
- Le cachet d'aspirine contient aussi de l'acide citrique, noté HA, et de l'hydrogencarbonate de sodium, en QSP un comprimé de 3,5 g. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu entre l'eau et l'excipient.
- La solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau est de 0,024 mol.L⁻¹. Montrer que les quantités de réactifs en présence justifient un dégagement de CO₂.

Donnée : $M=180 \text{ g.mol}^{-1}$ pour l'acide acétylsalicylique.

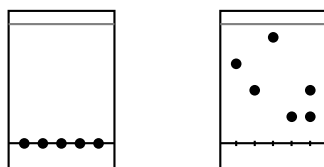
6.2 N°3 p. 99 : Solubilités

6.3 N°4 p. 99 : Hydrodistillation de l'écorce d'orange

6.4 Étude du lait

Les glucides constituent l'une des grandes classes de produits naturels ; ils comprennent notamment les sucres comme le glucose, le fructose, le saccharose, le lactose, le maltose... Lorsque plusieurs sucres sont présents dans une solution aqueuse comme le lait, il est possible de les séparer par CCM.

On a représenté la plaque de CCM au début et à la fin de l'expérience :



Dépôts de gauche à droite : glucose, maltose, fructose, lactose, lait. Conclure.

6.5 Formulation d'une lotion dermatologique

Un laboratoire pharmaceutique propose dans sa gamme une lotion dermatologique qu'il définit avec

la formulation suivante :

– Base surhydratante associant l'acide lactique, le propylène glycol et la glycérine.	
– Convient au traitement des peaux sèches et rugueuses.	
– Composition massique :	
acide lactique	4,4 %
propylène glycol	53,8 %
glycérine	25,3 %
eau distillée	qsp
– Présentation : flacon de 150 mL ; masse de 178,5 g.	

Approche qualitative

- Rechercher les formules semi-développées des espèces chimiques intervenant dans la lotion.
- Identifier le rôle de chacune des espèces dans la formulation de la lotion : principe actif, excipient, émulsionnant.
- Définir ce que la formulation entend par « QSP ».
- Proposer une expérience permettant de confirmer la présence d'acide lactique dans cette lotion.

Approche quantitative On prélève 5,0 mL de lotion. On complète avec de l'eau distillée pour amener son volume à $V_a = 100,0 \text{ mL}$. On dose cette solution par la soude (hydroxyde de sodium) de concentration $c_b = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

- La molécule d'acide lactique est notée R-COOH. Écrire l'équation de la réaction de l'hydroxyde de sodium sur l'acide lactique.
- On effectue le dosage, dont le résultat est $V_b = 13,5 \text{ mL}$. En déduire la quantité de matière n_a d'acide lactique dans la solution dosée
- En déduire la masse m_a d'acide lactique dans 150 mL de lotion. Comparer avec l'indication de l'étiquette.

Longévité de la lotion On cherche à savoir si les espèces de la formulation sont susceptibles de réagir entre elles.

- Quel est le nom, indiqué page 241 du livre de Chimie TS tronc commun, de la principale réaction susceptible de se produire entre le glycérol et l'acide lactique ?
- Écrire l'équation de cette réaction.
- Quelle précaution de stockage du flacon peut-on proposer pour éviter cette réaction ?

Le coefficient de partage :

$$K = \frac{[A]_{(S)}}{[A]_{(aq)}}$$

est la constante de cet équilibre. On définit le taux d'extraction τ comme le rapport de la quantité de matière extraite $x_{\text{éq}}$ à la quantité de matière initiale n_0 :

$$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{n_0}$$

1. Un seul lavage avec un volume V d'eau

Exprimer τ_{un} , le taux d'extraction de ce lavage, en fonction de V_S , le volume de la phase S, de V , le volume d'eau et de K .

Application numérique : $\frac{V}{V_S} = 10$ et $K = 2$.

2. Deux lavages successifs avec deux volumes $\frac{V}{2}$ d'eau

2.a. Pour un même volume V_S de la solution de A dans S, on appelle $x_{\text{éq},1}$ la quantité de matière de A extraite par l'eau à la fin du lavage avec $V/2$

d'eau, et τ_1 la taux d'extraction de cette opération.

Donner l'expression de τ_1 en fonction de V , V_S et K , puis effectuer l'application numérique.

2.b. On met de côté le premier extrait puis on relave la solution S appauvrie en A avec un nouveau volume $V/2$ d'eau. On schématise cette deuxième extraction par le tableau d'évolution ci-dessous.

Équation	$A_{(aq)}$	=	$A_{(S)}$
ÉI (mol)	0		$n_0 - x_{\text{éq},1}$
ÉF (mol)	$x_{\text{éq}}$		$n_0 - (x_{\text{éq},1} + x_{\text{éq},2})$

Par une démarche analogue aux précédentes, exprimer le taux d'extraction τ_2 de cette seconde extraction.

2.c. En considérant la quantité de matière totale extraite : $x_{\text{total}} = x_{\text{éq},1} + x_{\text{éq},2}$, calculer τ_{deux} , taux d'extraction global de ces deux extractions successives. Effectuer l'application numérique.

2.d. Comparer les taux d'extraction des deux méthodes.

★★
★

Chapitre 8

Production d'un son

R'

Vibrer & émettre Pour qu'un instrument de musique produise un son, il lui faut remplir deux fonctions : vibrer et émettre.

Modes propres Sous l'effet d'une perturbation, un système peut se mettre à vibrer librement. Penser à une corde de guitare : on la *pince* (= perturbation), une fois lâchée elle vibre.

On appelle modes propres les « façons » (= mode) dont le système vibre librement (= propre à lui seul). En particulier, ces modes de vibrations sont caractérisés par des fréquences bien précises.

Mathématiquement, un mode propre de vibration est un état de vibration sinusoïdal, caractérisé par une fréquence déterminée.

Quantification des fréquences Les fréquences des modes propres sont multiples entier d'une fréquence appelée fondamental.

Le fondamental est la plus basse fréquence propre, les autres fréquences étant appelées harmoniques.

Si on note f_1 la fondamentale, les harmoniques de rang n sont telles que :

$$f_n = n f_1 \quad \text{avec } n \in \mathbb{N}^*$$

Ventres & Nœuds Un nœud de vibration est un point d'amplitude vibratoire nulle : le point est immobile. Un ventre est un point d'amplitude vibratoire maximale. *Travaillez bien régulièrement pour ne pas vous retrouver avec un nœud dans le ventre le jour du Bac.*

Entre deux nœuds, on parle d'un fuseau.

Stroboscope Vous devez être capable de décrire et de réaliser une mesure de la fréquence de vibration d'une corde à l'aide d'un stroboscope.

Oscilloscope Vous devez être capable de mesurer une période à l'oscilloscope ($T =$ nombre de divisions fois la sensibilité horizontale, en ms/div), et de plus vous devez savoir calculer la fréquence correspondante.

Fréquence du son Vous devez être capable de décrire et de réaliser une mesure de la fréquence et de la période du son émis par une corde, par exemple à l'aide d'un oscilloscope branché à un micro.

Attention, la période du signal est égale à celle du fondamental f_1 , même lorsque d'autres composantes f_n s'ajoutent.

Corde Une corde pincée (guitare) ou frappée (piano) émet un son composé de fréquences qui sont celles des modes propres de la corde.

Lorsque qu'une corde vibre sur le mode de rang n , son aspect présente n fuseaux.

Vous devez savoir montrer les modes propres de vibration d'une corde (typiquement, avec un ou plusieurs ventres visibles).

Colonne d'air Une colonne d'air possède des modes de vibrations dont les fréquences sont liées à la longueur.

Vous devez savoir mettre en évidence les modes propres de vibration d'une colonne d'air.

M

Instrument de musique

Fréquence propre

Fondamental

Ventre

Mode propre

Quantification

Harmoniques

Nœud

Q

Q1 Donner une définition pour chacun des mots-clefs ci-dessus.

Q2 Pourquoi, en soufflant simplement dans une flûte à bec, on peut émettre un son, alors que la même expérience est irréalisable avec une trompette ?

Q3 Anna joue de la guitare électrique, Olivia de la batterie, Alphonse de la trompette. Proposer à chacun une solution pour jouer sans rendre les habitants de

l'immeuble dingues, en précisant sur quelle partie de l'instrument ils doivent faire porter leurs efforts.

Q4 Pourquoi les fréquences des sons amplifiés par la caisse de résonance d'un violon ne doivent pas être quantifiés ?

Q5 Décrire une expérience destinée à mettre en évidence les modes propres de vibration d'une colonne d'air. Même question pour une corde vibrante.

Q6 En soufflant d'une certaine façon dans un tube à essai, on peut produire un son. Indiquer la source de vibration ainsi que la partie de « l'instrument » assurant le couplage avec l'air ambiant. Proposer une méthode pour changer la fréquence du fondamental émis.

Q7 Le mode de vibration fondamental d'une corde de guitare est de 440 Hz. Peut-on faire vibrer la corde en la soumettant à une excitation sinusoïdale de 220 Hz ? De 660 Hz ? De 880 Hz ?

E

8.1 Son complexe

Soit un son, formé par la superposition de sinusoïdes de fréquences $f_1 = 440$ Hz, $f_2 = 2f_1$ et $f_3 = 3f_1$, d'amplitudes égales.

- a. Tracer la somme de ces trois sinusoïdes à la calculatrice graphique.
- b. Indiquer la fréquence et la période du son. Généraliser ce résultat.

8.2 Modes propres de vibration d'une corde

Une corde en acier est tendue entre deux points fixes distants de 1,20 m. Elle est excitée sinusoïdalement par une force magnétique. Lorsque la fréquence de la force est de 225 Hz, la corde se met à vibrer fortement. On observe alors la formation de trois fuseaux.

- a. Préciser le mode de vibration de la corde.
- b. Calculer la fréquence du fondamental et des trois premiers harmoniques.

La corde est maintenant pincée en son milieu, est abandonnée à ses oscillations libres. Un son est émis.

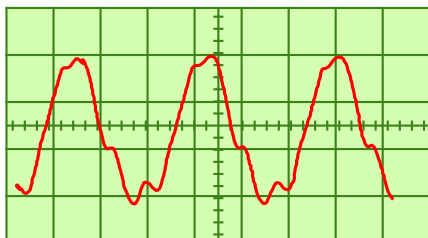
- c. La vibration sonore est-elle sinusoïdale ?
- d. La fréquence du son émis est celle de l'un des modes propres de la corde. Lequel ?

8.3 N°12 p. 47 : Longueurs des tuyaux sonores

8.4 Guitare classique

Une guitare classique comporte six cordes, toutes tendues entre le chevalet, fixé sur la caisse, et le sillet, fixé en haut du manche. La distance entre le chevalet et le sillet vaut $L = 65,0$ cm.

On pince la corde en son milieu et on enregistre l'oscillogramme correspondant au son émis.



- a. Quelle est la fréquence f_1 du son émis (sensibilité horizontale de 1 ms/div) ?

On excite maintenant la même corde à l'aide d'un aimant et d'un GBF délivrant un courant alternatif de fréquence $f_e = 1,44$ kHz. On observe alors quatre fuseaux sur la corde.

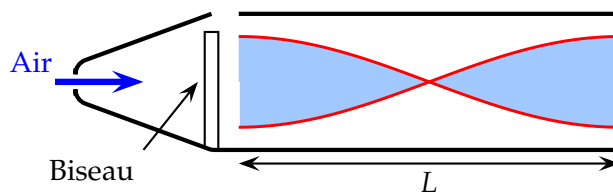
- b. Dessiner sur le même schéma l'allure de la corde à plusieurs instants, en y faisant figurer les nœuds et les ventres de vibration.
- c. Quelle est la distance d entre deux nœuds voisins ?
- d. Quelle est la fréquence propre de vibration de cette corde ?

Le guitariste débarasse la corde du dispositif précédent puis la pince à nouveau. Il appose son doigt à $\ell = 21,7$ cm de l'extrémité de la corde vibrante, ce qui a pour effet d'imposer en ce point un nœud de vibration.

- e. Combien de fuseaux la corde comporte-t-elle ?
- f. Quelle est la fréquence f' du son émis ?

8.5 Vibration sonore d'une colonne d'air

On modélise la partie d'un tuyau d'orgue qui se trouve au-dessus du biseau par un tube ouvert à ses deux extrémités. Les tranches de la colonne d'air contenue dans le tube vibrent parallèlement à l'axe du tube.



Dans le modèle proposé, il y a toujours un ventre de vibration à chaque extrémité du tube. Le schéma ci-dessus représente l'élongation maximale du déplacement des tranches d'air le long de l'axe du tube pour un mode fondamental.

- a. Faire une représentation analogue à celle de la figure ci-dessus pour le deuxième puis le troisième harmonique.
- b. Par analogie avec la corde, donner la fréquence de ces deux harmoniques en fonction de la fréquence f_1 du mode fondamental.
- c. On considère maintenant un tube de longueur $L/2$. En s'appuyant sur le schéma de la question a, justifier que le mode fondamental de ce tube a la même fréquence que la deuxième harmonique du tube de longueur L .
- d. Donner la fréquence du fondamental d'un tube de longueur $L/3$. Généraliser ces résultats.

Application numérique : $L = 132,8$ cm et $f_1 = 128$ Hz pour le premier tube.

Chapitre 9

Ondes stationnaires

M

ventres
nœuds

quantification des fréquences
onde stationnaire

onde progressive incidente
onde progressive réfléchi

Q

Q1 Donner une définition pour chacun des mots clefs ci-dessus.

Q2 Expliquer pourquoi les caisses de résonance sur

lesquelles sont montés les diapasons sont d'autant plus grandes que la fréquence de la note émise par le diapason est basse.

E

9.1 Corde de banjo

- a. Calculer la célérité d'une onde sur une corde de banjo de masse $m = 1,1$ g, de longueur 54 cm, tendue par une force de 71 N.
b. En déduire la fréquence du son fondamental.

Donnée : la célérité v d'une onde le long d'une corde de masse linéique μ (rapport de la masse de la corde en kg sur la longueur de la corde en m) tendue entre deux points par une force de valeur F s'écrit :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

9.2 N°3 p. 55 : Tuyau sonore

9.3 Onde stationnaire dans un tuyau

Un tuyau sonore de longueur L est ouvert à ses deux extrémités. Devant l'une d'elles, on place un haut-parleur relié à un GBF délivrant une tension sinusoïdale de fréquence réglable.

On modifie la fréquence du GBF en partant d'une valeur très faible et on note les valeurs pour lesquelles le son est nettement audible dans le tuyau. Ces valeurs sont consignées dans le tableau suivant.

f (Hz)	142	283	425	567	708	850
----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

On admet qu'à chacune de ses extrémités, la colonne d'air présente un ventre de vibration.

- a. Quelle est la fréquence du fondamental pour ce tuyau ?
b. Représenter sur un schéma les positions des ventres et des nœuds de vibration pour $f = 425$ Hz.

- c. Sachant que pour cette expérience, la célérité du son dans l'air vaut $v = 340$ m.s⁻¹, calculer la longueur du tuyau.
d. On chauffe le tube et l'air qu'il contient. La température de ce dernier passe de $T = 298$ K à $T' = 330$ K. Sachant que la célérité de l'onde dans l'air est proportionnelle à \sqrt{T} , comment varient les fréquences du tableau précédent ?
e. Calculer, à $T' = 330$ K, la fréquence du mode fondamental.

9.4 N°6 p. 55 et 56 : Résonance

9.5 N°13 p. 47 : Diapason

9.6 Tube de Kundt

Un tube de Kundt est composé d'un tube horizontal dans lequel repose une poudre fine et légère. Le tube est fermé à ses deux extrémités par des bouchons dont l'un est relié à une tige métallique. En frottant cette dernière, on crée une onde sonore dans l'air du tube et la poudre, agitée par l'onde, se répartit en petits tas régulièrement espacés.



- a. Les tas correspondent-ils à des nœuds ou des ventres de vibration ? Expliquer.
b. Les tas sont séparés de 11,0 cm. La célérité du son dans l'air valant $v = 340$ m.s⁻¹, calculer la fréquence de l'onde.

9.7 N°5 p. 55 : Tube de Kundt

Chapitre 10

Acoustique

R

Fréquences audibles Le domaine des fréquences audibles s'étant de 20 Hz à 20 000 Hz environ.

Audiogramme La sensation d'intensité sonore perçue par l'oreille dépend de la fréquence du son. Cette sensibilité est maximale vers 3 000 Hz.

Un orthophoniste est équipé de façon à réaliser un audiogramme du patient, ou courbe d'égale sensation sonore.

Perception sonore Un son est caractérisé par trois perceptions, hauteur, timbre et intensité, correspondant respectivement à la fréquence du fondamental du son, à l'amplitude de ses harmoniques et à l'amplitude de la vibration sonore reçue.

Transitoires Les transitoires d'attaque et d'extinction sont importantes quant à la perception finale donnée par un son.

Timbre d'un son Timbre & transitoires d'un son dépendent fortement de l'instrument utilisé pour produire le son.

Intensité sonore L'intensité sonore I est la puissance de la vibration sonore, reçue par unité de surface :

$$I = \frac{P}{S} \quad \text{unité : W.m}^{-2}$$

Intensité de référence L'intensité de référence, seuil d'audibilité de l'oreille humaine à 1 000 Hz, vaut :

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$$

Niveau sonore Le niveau sonore L , exprimé en décibels acoustiques (dB_A), est donné par :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

et est mesuré par un sonomètre.

Octave Si une note a une fréquence double d'une autre, on dit qu'elles sont séparées par une octave.

Gamme tempérée La gamme tempérée est la division d'une octave en douze demi-tons, le rapport de fréquence entre chaque demi-ton étant égal à $2^{1/12}$.

M

Fréquences audibles

Hauteur d'un son

Timbre

Transitoires

Intensité sonore

Niveau sonore

Décibel acoustique

Octave

Gamme tempérée

Q

Q1 Calculer le niveau sonore correspondant à une intensité de 1 W.m^{-2} .

Q2 Calculer la fréquence du do_4 , qui est à 3 demi-tons au dessus de la_3 .

E

10.1 Les fenêtres à double vitrage sont de bons isolants phoniques. Un fabricant promet une diminution de niveau sonore de 35 dB_A. Comparer les intensités sonores avant et après la traversée du double vitrage.

10.2 Calculer l'intervalle entre le do_3 et le sol_3 , séparés par 7 demi-tons. Conclure quant à la consonance de la quinte dans la gamme tempérée.

10.3 N°1 p. 64 : Rangs des harmoniques

10.4 N°2 p. 64 : Étude d'un spectre sonore

10.5 N°6 p. 64 : Intensité et niveau sonore

10.6 N°16 p. 66 : Sons consonants

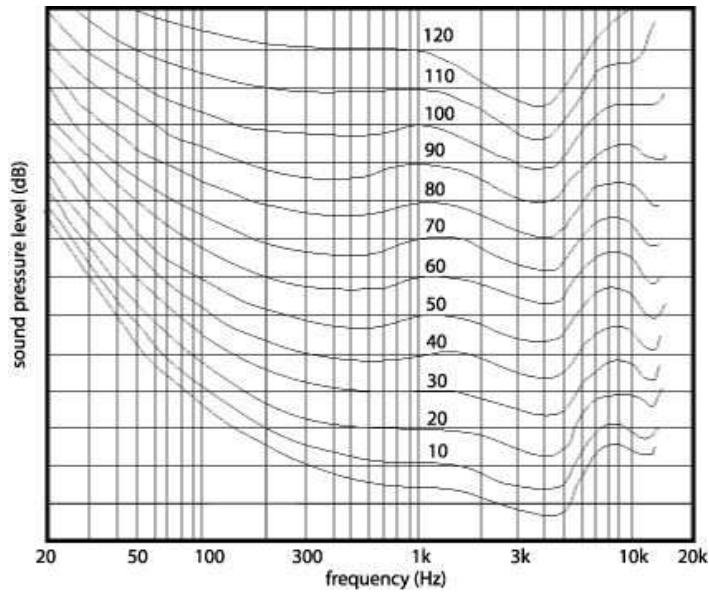
10.7 Microtuyau

Un chercheur en nanotechnologies tente de réaliser un tuyau dont la longueur vaut $1 \mu\text{m}$. Il réalise un dispositif permettant d'exciter la colonne d'air qui se trouve dans ce tuyau. Peut-il espérer entendre le son correspondant au mode fondamental ? Pourquoi ?

10.8 Audiogramme

- D'après l'audiogramme de Fletcher et Munson ci-dessous, dans quel domaine de fréquences l'oreille est-elle la plus sensible ?
- Pourquoi les courbes s'arrêtent-elles pour des fréquences bien déterminées ?

c. L'auditeur perçoit-il un son de fréquence 50 Hz et de niveau sonore 40 dB_A ?

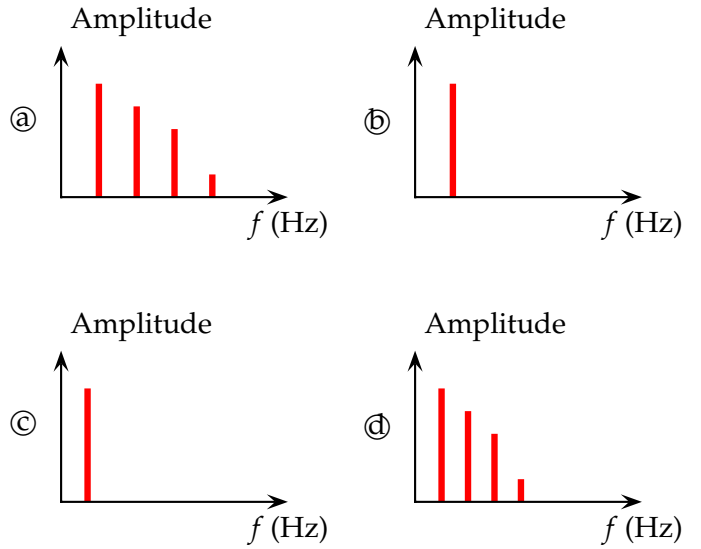


10.9 Spectres mélangés

On enregistre, à la même échelle, quatre spectres correspondant aux situations suivantes :

- la₃ joué par une flûte ;
- la₃ joué par un diapason ;
- do₃ joué par une flûte ;
- do₃ joué par un diapason.

Associer à chaque situation le bon spectre parmi les quatre suivants.



★★

Chapitre 11

Dosages par étalonnage

R'

Doser Doser, c'est déterminer une quantité de matière d'une espèce chimique présente dans un échantillon.

On peut utiliser les dosages pour effectuer des contrôles de qualité (vérification de la conformité de produits).

Reconnaissance Vous devez être capable de distinguer un dosage par titrage d'un dosage par étalonnage, par simple lecture du protocole expérimental.

Par étalonnage Le dosage par étalonnage est une méthode de détermination physique, non destructive.

Beer-Lambert L'absorbance A d'une solution d'une espèce colorée est liée à sa concentration molaire c par :

$$A = kc$$

où le coefficient k dépend de la nature du soluté et du solvant, de la longueur d'onde, de l'épais-

seur de la solution traversée par la lumière et de la température.

Conditions d'application Beer-Lambert peut être utilisé pour un dosage uniquement pour des solutions diluées ($A < 2$), et au maximum d'absorbance λ_{\max} de l'espèce.

Méthode générale Pour réaliser un dosage par étalonnage, il faut :

1. Réaliser une gamme étalon ;
2. Mesurer l'absorbance pour chaque étalon ;
3. Dresser un graphique $A = f(c)$;
4. Modéliser la courbe obtenue ;
5. Mesurer l'absorbance pour l'échantillon à analyser ;
6. Utiliser la modélisation pour déterminer la concentration recherchée.

M

Dosage	Droite d'étalonnage	λ_{\max}	Couleurs complément.
Échelle de teinte	Absorbance	Blanc	Spectrophotomètre

E

11.1 Bleu de méthylène dans un collyre

La composition d'un collyre est la suivante :

- bleu de méthylène 0,2 mg/mL ;
- hydrochlorure de napharoline 0,5 mg/mL.

Pour vérifier la concentration massique en bleu de méthylène, on réalise une échelle de teinte à partir d'une solution S de bleu de méthylène de concentration 0,5 g/L. On prépare huit tube à essais contenant chacun 20 mL de solution.

Tube n°	1	2	3	4	5	6	7	8
V_S (mL)	1	2	4	6	8	10	12	14
V_{eau} (mL)	19	18	16	14	12	10	8	6
t (g/L)								

- Calculer les concentrations massiques des solutions préparées.
- En comparant les couleurs du collyre à celles de l'échelle de teintes, on trouve que le collyre a la même couleur que la solution contenue dans le tube

n°5. Quelles précautions faut-il prendre lors de cette comparaison ?

- Cette observation est-elle en accord avec la composition annoncée par le fabricant ?

11.2 Colorants alimentaires dans le sirop de menthe

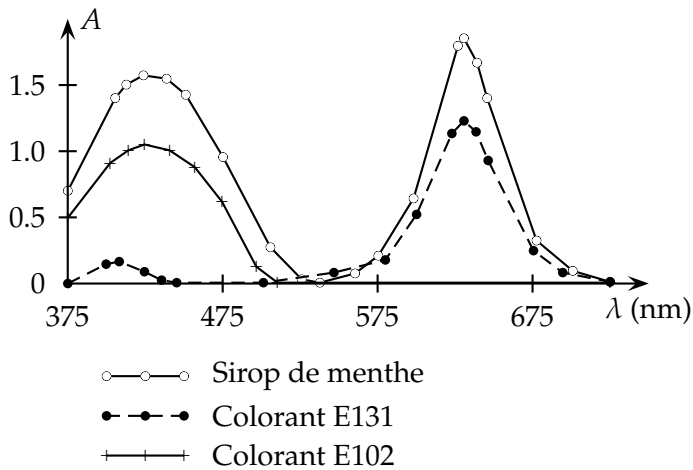
On peut lire sur l'étiquette d'un sirop de menthe : eau, sirop de glucose, arômes naturels, colorants E102 et E131.

Pour identifier ces colorants, on trace dans les spectres d'absorption :

- d'une solution de colorant E102 de concentration $c_{102} = 4,0 \text{ mg.L}^{-1}$;
- d'une solution de colorant E131 de concentration $c_{131} = 1,4 \text{ mg.L}^{-1}$;
- d'une solution de sirop de menthe obtenue par dilution au $1/25^{\text{e}}$.

- Relever les longueurs d'ondes d'absorption maximale λ_{\max} pour chaque solution de colorant. Quelle est la couleur de la solution de colorant E102 ? De

E131 ? Du sirop de menthe dilué ?



- b. Les spectres permettent-ils de confirmer les indications de l'étiquette du sirop de menthe ?
- c. On se place à la longueur d'onde $\lambda = 475$ nm. Déterminer la concentration massique en colorant E131 dans la solution de sirop diluée, puis dans le sirop lui-même. Pourquoi s'est-on placé à cette longueur d'onde et non au maximum d'absorption ?
- d. Déterminer la concentration massique en colorant E131 dans la solution de sirop diluée, puis dans le sirop lui-même.
- e. À l'aide des données, discuter de la toxicité du sirop de menthe ainsi dosé.

Données : E102 : tartrazine, DJA 7,5 mg/kg
 E131 : bleu patenté, DJA 2,5 mg/kg
 L'étoile des couleurs serait donnée au bac.

11.3 Pourcentage en masse de cuivre dans un laiton

Le laiton est un alliage composé de cuivre et de zinc.

Le but de cet exercice est de trouver le pourcentage en masse de cuivre d'un laiton jaune.

Manipulation 1 : mise en solution du laiton.

Un échantillon du laiton de masse $m = 1,682$ g est attaqué par une solution d'acide nitrique concentrée en excès.

Dans ces conditions, le cuivre est transformé en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ et le zinc en ions $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$. Quand tout le laiton a disparu, on place la solution obtenue dans une fiole jaugée de 1 L et on ajuste au trait de jauge avec de l'eau distillée. On obtient la solution 1.

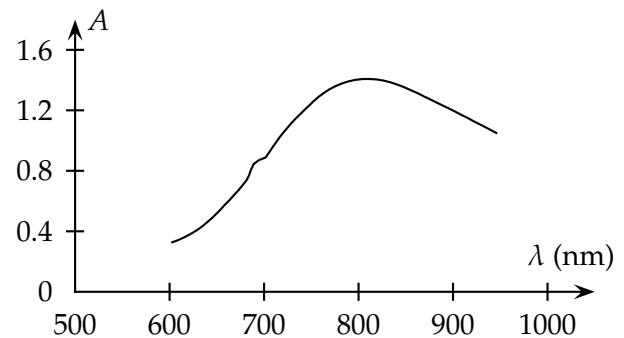
Manipulation 2 : on prépare 500 mL d'une solution 2 de sulfate de cuivre (II), de concentration $c_2 =$

$0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.

Par dilution, on prépare à partir de la solution 2, une gamme étalon de solutions de sulfate de cuivre dont les concentrations c sont indiquées dans le tableau ci-dessous (V_2 représente le volume de solution 2 nécessaire pour préparer 100 mL de solution diluée).

V_2 (mL)	1,00	5,00	15,0	20,0
c (mmol.L ⁻¹)	1,00	5,00	10,0	20,0

Manipulation 3 : on trace le spectre d'absorption d'une solution de sulfate de cuivre (II) avec un spectrophotomètre.



Manipulation 4 : on mesure l'absorbance A des solutions étalon à la longueur d'onde $\lambda = 795$ nm.

c (mmol.L ⁻¹)	1,00	5,00	10,0	15,0	20,0
A	0,060	0,32	0,65	0,98	1,30

On mesure aussi l'absorbance de la solution 1, qui vaut $A_1 = 1,09$.

Questions

- a. La solution 2 est préparée en utilisant du sulfate de cuivre (II) pentahydraté, de formule $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Quelle masse de solide faut-il dissoudre pour préparer la solution 2 ? Décrire le mode opératoire.
- b. Calculer le volume manquant dans le premier tableau.
- c. Justifier la couleur bleue de la solution de sulfate de cuivre (II).
- d. Pourquoi s'est-on placé à la longueur d'onde $\lambda = 795$ nm ?
- e. Tracer la représentation graphique $A = f(c)$. En déduire la concentration molaire de la solution 1.
- f. Calculer le pourcentage massique du cuivre dans le laiton. En déduire le pourcentage en masse de zinc.

11.4 N°2 p. 130 : Élément fer dans le vin blanc

Chapitre 12

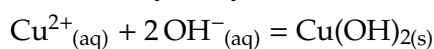
Dosages par précipitation & complexation

R'

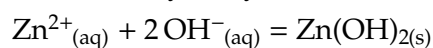
Précipitation Une réaction de précipitation est une réaction entre des ions, dissous en solution aqueuse, menant à la formation d'un produit solide, le précipité. Le solide apparaît directement dans la solution aqueuse, qui perd sa limpidité.

Réactions Voici les réactions de précipitation que vous devez connaître :

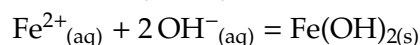
- Précipité bleu d'hydroxyde de cuivre (II) :



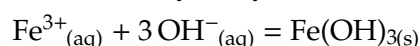
- Précipité blanc d'hydroxyde de zinc (II) :



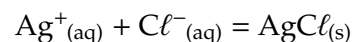
- Précipité vert d'hydroxyde de fer (II) :



- Précipité rouille d'hydroxyde de fer (III) :



- Précipité blanc de chlorure d'argent :



Complexation Une réaction de complexation est une réaction entre des ions, menant à la formation d'un ion polyatomique appelé ion complexe. L'ion complexe reste dissout en solution, la solution reste limpide, mais en général les ions complexes ont une couleur marquée, ce qui en fait un réactif de choix pour repérer l'équivalence d'un dosage.

Compétition Entre deux précipités ou deux complexes, on peut avoir une compétition. C'est toujours le complexe ou le précipité dont la réaction de formation a la constante de réaction K la plus élevée qui se forme, au dépend de son concurrent.

Indicateur Un indicateur de fin de réaction est un produit dont le changement de teinte permet de repérer l'équivalence d'un dosage (pas forcément uniquement acido-basique).

M

Précipité
Ion complexe

Précipitation
Compétition

Équivalence
Indicateur

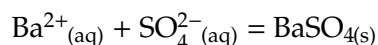
E

12.1 N°1 p. 147 : Dureté d'une eau

12.2 N°2 p. 147 : Salinité de la glace de mer

12.3 Titrage des ions sulfate dans une eau minérale

Le principe de ce titrage consiste à faire précipiter les ions sulfate par les ions baryum, selon la réaction d'équation :

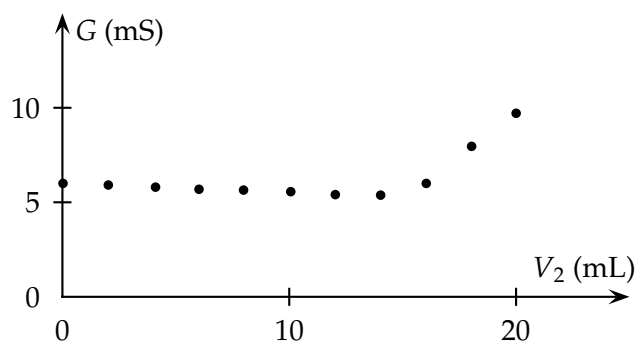


Lors d'un titrage par précipitation, les concentrations des différentes espèces ioniques en solution varient. La conductance de la solution varie notablement. On trace la courbe de la conductance de la solution en fonction du volume de réactif versé.

Le mode opératoire est le suivant :

- Dans un grand bécher de 250 mL, verser 150 mL d'eau distillée, mesurés avec une éprouvette, et 50 mL d'eau minérale Hépar©, mesurés à la pipette jaugée.

- Remplir la burette d'une solution S_2 de chlorure de baryum ($\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$) de concentration $c_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Disposer la cellule conductimétrique, verser la solution de chlorure de baryum mL par mL, en relevant la conductance G et en traçant la courbe $G = f(V_2)$.



- a. Justifier l'emploi d'un grand bécher et l'ajout de 150 mL d'eau aux 50 mL d'eau minérale.

- b. Quels sont les ions présents avant l'équivalence ? Justifier la faible pente avant l'équivalence. Quelles espèces ioniques disparaissent et quelles espèces ioniques les remplacent ?
- c. Quels sont les ions présents après l'équivalence ? Pourquoi peut-on observer une forte pente après l'équivalence ?
- d. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.
- e. En déduire la concentration en mg.L^{-1} des ions sulfate dans l'eau minérale.

Données pour les questions : conductivités molaires ioniques (en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$) :

Sulfate : $1,6 \cdot 10^{-2}$	Baryum : $1,8 \cdot 10^{-2}$
Chlorure : $7,6 \cdot 10^{-3}$	Oxonium : $3,5 \cdot 10^{-2}$
Hydroxyde : $2,0 \cdot 10^{-2}$	

★★
★

Chapitre 13

Dosages indirects

R'

Dosage indirect Un dosage indirect met en jeu deux transformations successives.

Principe Dans un titrage indirect, on ajoute un excès connu d'un réactif R_1 à une prise d'essai de l'espèce A à doser, la transformation $A + R_1 \rightarrow C + D$ devant être totale et spécifique. Puis, par titrage direct, on détermine la quantité de matière res-

tante de R_1 . Par différence, on calcule la quantité initiale de A dans la prise d'essai.

Une autre méthode consiste à déterminer par titrage direct les quantités de matière de C ou de D.

Distinction Vous devez savoir distinguer un titrage direct d'un titrage indirect d'après le protocole expérimental.

M

Dosage	Indirect	Titrage pH-métrique
Titrage	Prise d'essai	Titrage colorimétrique
Direct	Spécifique	Titrage conductimétrique

Q

Q1 Définir chacun des mots-clés.

Q2 Quelles conditions doit satisfaire une réaction de dosage support d'un dosage direct ?

Q3 Expliquer les conditions qui peuvent pousser à effectuer un dosage indirect au lieu d'un dosage direct.

Q4 Quelles conditions doit satisfaire la première réaction d'un dosage indirect ?

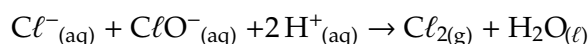
Q5 Un dosage indirect peut-il faire intervenir plus de deux réactions chimiques ? Dans le même ordre d'idées, pourquoi peut-on dire que la dernière réaction d'un dosage indirect est forcément un dosage direct ?

Q6 Quelles grandeurs relatives aux solutions titrantes et à titrer doivent être connues avec précision avant de commencer un titrage, quel qu'il soit ?

E

13.1 Doage d'une eau de Javel

L'eau de Javel est une solution aqueuse contenant entre autres des ions chlorure $Cl^-_{(aq)}$ et des ions hypochlorite $ClO^-_{(aq)}$. En milieu acide, l'eau de Javel subit une transformation totale :

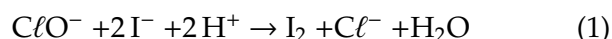


Cette transformation permet de définir le degré chlorométrique, ou volume de dichlore, en litre, produit par litre d'eau de Javel. Ce volume est mesuré à 0°C et 1,013 bar.

On réalise un titrage pour vérifier l'indication portée sur une bouteille d'eau de Javel : 12°chl (12 degrés chlorométriques).

Principe

On ajoute un excès d'ions iodure $I^-_{(aq)}$ à un volume connu d'eau de Javel :



Le diiode $I_{2(aq)}$ formé est ensuite titré par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$.

Préparation

- L'eau de Javel étant trop concentrée, il faut effectuer une dilution au dixième pour obtenir 50,0 mL de solution diluée S. Décrire cette dilution.
- Dans un erlenmeyer, on introduit dans cet ordre :
 - $V = 10,0$ mL de solution S,
 - $V' = 20$ mL de solution d'iodure de potassium.
 Quelle verrerie faut-il utiliser pour prélever chacun de ces volumes ?

Titration

Le titrage par le thiosulfate de sodium de concentration $c_1 = 0,10$ mol.L⁻¹ en présence de thiodène donne l'équivalence pour $V_{1,E} = 10,0$ mL.

- En déduire le degré chlorométrique de l'eau de Javel.

13.2 N°2 p. 141 : Dosage de la vitamine C

13.3 N°3 p. 141 : Degré alcoolique d'un vin

Chapitre 14

Séparations en hydrométallurgie

R'

Hydrométallurgie La métallurgie a comme objectif la production de métaux. Rares sont les métaux à l'état natif dans les mines. L'hydrométallurgie correspond aux transformations des métaux et de leurs composés, en présence d'eau.

Minerai Un minerai est un oxyde ou un sulfure du métal correspondant, qu'il faut traiter pour obtenir le métal.

Oxydes Monoxyde de fer (II) $\text{FeO}_{(s)}$, trioxyde de fer (III) $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$, alumine $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, monoxyde de zinc (II) $\text{ZnO}_{(s)}$, monoxyde de cuivre (II) $\text{CuO}_{(s)}$ sont quelques exemples d'oxydes courants.

Attaque L'attaque acide ou basique des oxydes des métaux permet d'obtenir les ions métalliques correspondants en solution.

Séparations Les séparations les plus courantes en hydrométallurgie consistent à former, à partir d'une solution d'ions métalliques, les précipités d'hydroxyde métalliques correspondants :

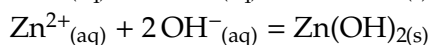
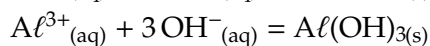
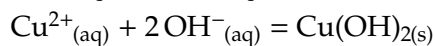
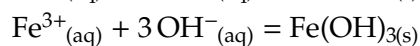
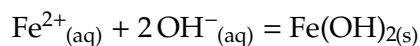
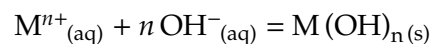


Schéma général pour un métal $\text{M}_{(s)}$ et son ion $\text{M}^{n+}_{(aq)}$:



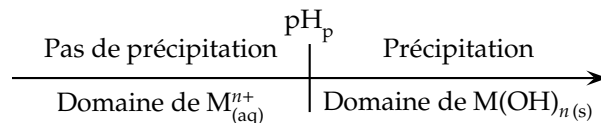
$$Q_r = \frac{1}{[\text{M}^{n+}][\text{OH}^{-}]^n}$$

Une fois le précipité solide formé, on le récupère par filtration.

pH de précipitation Pour provoquer la précipitation d'un ion métallique, on ajoute des ions hydroxyde $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ ce qui correspond à une augmentation du pH.

Pour avoir précipitation, il faut que $Q_{r,i} \geq K$, ce qui correspond à $\text{pH} \geq \text{pH}_p$ où pH_p est le pH de précipitation.

Domaines de prédominance À partir de la donnée du pH de précipitation, on peut tracer un domaine de prédominance du précipité :



Tests d'identification Les réactions de précipitation précédentes peuvent aussi être utilisées pour identifier les solutions d'ions métalliques.

M

Hydrométallurgie

Minerai

Oxydes

Séparations

Tests d'identification

pH de précipitation

Diagramme de prédominance

Q

Q1 Définir chacun des mots clefs.

Q2 Pourquoi peut-on trouver les métaux précieux comme l'or ou l'argent directement à l'état *natif* dans des mines, alors qu'avec des métaux comme le fer, le cuivre ou le zinc, on ne trouve que des oxydes ou des sulfures ? Faites intervenir la notion d'équilibre chimique dans votre réponse.

Q3 Dans un tableau périodique, indiquez la position du soufre S, et comparer avec l'oxygène O. Utilisez ces renseignements pour expliquer que l'on trouve tantôt des oxydes de zinc, tantôt des sulfures de zinc à l'état

naturel. Connaissant la formule de l'oxyde de zinc $\text{ZnO}_{(s)}$, donner alors celle du sulfure de zinc.

Q4 Donnez les formules brutes de l'oxyde de cuivre (I), de l'oxyde de cuivre (II), de l'oxyde d'aluminium (III) ou alumine, ainsi que celle de l'oxyde de titane (IV).

Q5 Lors du TP sur la métallurgie du zinc, on a utilisé une réduction par un excès de poudre de zinc pour éliminer les ions $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ et $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$. Écrire les équations d'oxydoréduction correspondants à cette méthode, et comparer avec la méthode de séparation par précipitation.

E

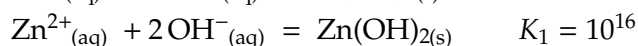
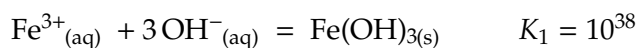
Données : couples oxydant-réducteur utiles pour les exercices : (Al^{3+}/Al); (O_2/O^{2-}); (H^+/H_2); (O_2/H_2O); (Cu^{2+}/Cu); (Ni^{2+}/Ni); (Fe^{2+}/Fe); (Fe^{3+}/Fe^{2+}); (Au^{3+}/Au); (Ag^+/Ag); (Zn^{2+}/Zn).

14.1 Séparation des ions zinc des ions fer

Lors du recyclage des aciers zingués, on désire récupérer l'élément zinc. Les aciers zingués sont attaqués par une solution d'acide sulfurique afin d'obtenir les ions fer (II), $Fe^{2+}_{(aq)}$, et les ions zinc, $Zn^{2+}_{(aq)}$.

On oxyde ensuite les ions fer (II) en ions fer (III) en faisant passer un courant de dioxygène dans la solution, puis on provoque la précipitation des ions fer (III) sous la forme d'hydroxyde de fer (III) $Fe(OH)_{3(s)}$.

Les constantes d'équilibre associées aux équations de réactions de précipitation sont :



1. Écrire les équations des réactions modélisant l'action de l'acide sulfurique sur le fer et le zinc.
2. Écrire l'équation de la réaction modélisant l'oxydation des ions fer (II).
3. On considère une solution contenant donc uniquement des ions fer (III) et zinc (II), de concentrations respectives 0,1 mol.L⁻¹.
 - a. Exprimer les quotients de réaction correspondants aux précipitations des hydroxydes métalliques.
 - b. En déduire la concentration en ions hydroxyde $OH^{-}_{(aq)}$ pour que la précipitation commence.
 - c. En déduire le pH de précipitation commençante de chacun des hydroxydes métalliques.
4. Peut-on réellement séparer les ions fer (III) des ions zinc (II) ?
5. Montrer qu'à pH = 3,5, la concentration en ions fer (III) est négligeable.

14.2 Purification de la bauxite

Dans les mines de bauxite, le minerai extrait est un mélange solide, composé de 50 % à 60 % d'alumine $Al_2O_{3(s)}$, de 20 % au maximum d'oxyde de fer (III)

$Fe_2O_{3(s)}$ donnant sa couleur rouille à la bauxite des mines de l'Hérault, de silice $SiO_{2(s)}$...

Le procédé Bayer permet d'obtenir de l'alumine pure à partir de la bauxite. Ce traitement chimique consiste à ajouter de la soude concentrée ; les ions hydroxyde $OH^{-}_{(aq)}$ attaquent l'alumine seule, les autres oxydes ne sont pas attaqués, et restent à l'état solide.

- a. Écrire l'équation de la réaction de précipitation de l'hydroxyde d'aluminium (III) à partir des ions aluminium (III) et des ions hydroxyde.
- b. Écrire l'équation de la réaction de la formation de l'ion aluminate, à partir des ions aluminium (III) et des ions hydroxyde.
- c. Un élève ajoute goutte-à-goutte une solution de soude concentrée à une solution contenant des ions aluminium (III). Prévoir ses observations, indiquer les équations des réactions en jeu.
- d. Lors de l'ajout de soude concentrée à la bauxite, on vérifie le pH au fur et à mesure de l'attaque de l'alumine. Indiquer dans quel domaine de pH il faut se placer pour obtenir par filtration un filtrat contenant l'élément aluminium sous une forme que l'on précipitera et un solide contenant les impuretés.
- e. On veut récupérer l'élément aluminium présent dans le filtrat précédent. Pour cela, on joue sur le pH du filtrat afin d'obtenir un filtrat contenant les restes de soude et d'eau, et un solide contenant l'élément aluminium sous une forme que l'on précisera. Indiquer le domaine de pH dans lequel il faut se placer pour cette seconde filtration.
- f. Le solide précédent est porté à 1000°C dans des fours, sans aucun autre réactif. Après refroidissement, on obtient l'alumine $Al_2O_{3(s)}$ parfaitement pure, les cheminées des fours ne rejetant que de la vapeur d'eau. Écrire l'équation de la réaction en jeu dans cette dernière étape, et la nommer.

Données : domaines de prédominance de l'aluminium :

- ion aluminium (III) $Al^{3+}_{(aq)}$ pour pH < 3,7 ;
- précipité $Al(OH)_{3(s)}$ pour 3,7 < pH < 11 ;
- ion aluminate $Al(OH)_{4(aq)}^{-}$ pour pH > 11.

14.3 N°3 p. 153 : Production du dioxyde de titane

14.4 N°6 p. 154 : Hydrométallurgie du zinc

Chapitre 15

Applications de l'électrolyse

R'

R'

Électrolyse L'électrolyse est la transformation électrochimique forcée qui se produit lorsqu'un générateur externe débite un courant dans une cuve contenant un électrolyte et deux électrodes : la cathode où se produit la réduction et l'anode où se produit une oxydation.

Le Faraday Le Faraday est la charge d'une mole d'électrons :

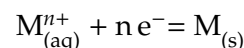
$$1 \mathcal{F} = N_A \cdot | -e | = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Quantité d'électricité La quantité d'électricité Q qui a circulé pendant la durée Δt de l'électrolyse est reliée à l'intensité I du courant continu débité par l'alimentation et à la quantité de matière d'électrons échangés $n(e^-)$:

$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot \mathcal{F}$$

Protection de l'acier On dépose sur une pièce d'acier à protéger un métal M (étain, zinc comme lors

du TP n°18, or, nickel, chrome, argent). La pièce à protéger sert de cathode. L'électrolyte est une solution d'ions M^{n+} du métal M à déposer. La demi-équation de la réduction ayant lieu à la cathode est :



Production de l'aluminium Cette application, particulièrement importante, est tombée au bac national en 2005. Elle se décompose en deux étapes :

1. purification de la bauxite, minéral d'aluminium, pour obtenir de l'alumine $Al_2O_{3(s)}$ pure ;
2. électrolyse de l'alumine en aluminium $Al_{(s)}$.

Anode soluble Ce moyen d'affinage électrolytique (ou purification d'un métal par électrolyse) est aussi particulièrement important.

M

Électrolyse

Cathode

Anode soluble

Anode

Protection des métaux

Affinage électrolytique

E

Données : couples oxydant-réducteur utiles pour les exercices : (Al^{3+}/Al) ; (O_2/O^{2-}) ; (H^+/H_2) ; (O_2/H_2O) ; (Cu^{2+}/Cu) ; (Ni^{2+}/Ni) ; (Fe^{2+}/Fe) ; (Au^{3+}/Au) ; (Ag^+/Ag) ; (Zn^{2+}/Zn) .

15.1 Électrolyse de l'alumine

L'alumine est un composé solide ionique formé d'ions aluminium (III) Al^{3+} et d'ions oxyde O^{2-} . Sa température de fusion est très élevée (2040°C). L'addition de cryolithe (Na_2AlF_6) à l'alumine abaisse la température de fusion du mélange à 950°C. Ce mélange constitue l'électrolyte qui, du point de vue de l'électrolyse, est modélisé par $(2 Al^{3+} + 3 O^{2-})$.

Les anode et cathode de l'électrolyseur sont en carbone, soumises à une tension de 4 V. L'intensité du courant peut atteindre 300 kA, maintenant ainsi le mélange en fusion à 950°C.

L'aluminium obtenu est liquide $Al_{(l)}$.

- a. Quel est l'intérêt d'utiliser des électrodes en carbone ?
- b. Quel effet explique que le mélange alumine + cryo-

lithe soit maintenu à sa température de fusion de 950°C, sans chauffage extérieur ?

- c. Écrire les demi-équations des réactions ayant lieu à l'anode et à la cathode, et en déduire l'équation globale de transformation de l'alumine.
- d. Calculer la puissance puis l'énergie consommée par l'électrolyseur :

$$\mathcal{P}_{\text{él}} = UI \quad \text{et} \quad E_{\text{él}} = \mathcal{P}_{\text{él}} \cdot \Delta t$$

pour produire une tonne d'aluminium.

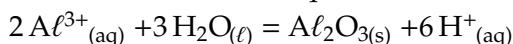
15.2 Anodisation de l'aluminium

L'aluminium présente à sa surface une mince couche d'alumine qui le protège de l'oxydation (*passivation*). Mais cette couche très fine est insuffisante à protéger totalement le métal, on augmente donc son épaisseur par une électrolyse appelée *anodisation* :

- la cathode, en plomb, est inerte ;
- l'anode est la pièce d'aluminium à *anodiser* ;
- l'électrolyte est une solution d'acide sulfurique ;

À la cathode, on observe un dégagement gazeux de dihydrogène.

À l'anode, l'aluminium est transformé en ion aluminium (III) $Al^{3+}_{(aq)}$, qui réagit avec l'eau pour donner l'alumine selon la réaction d'équation :



- Écrire les équations des réactions ayant lieu aux électrodes, ainsi que l'équation globale de l'électrolyse.
- Quelle est la propriété de l'alumine vis-à-vis du courant électrique ? Peut-on considérer qu'il y a un dépôt sur l'objet en aluminium ?
- L'anodisation d'une feuille d'aluminium a duré 10 min, sous une intensité de 0,35 A. Quelle masse d'alumine a été déposée ?

Données : Propriétés de l'alumine : ne conduit pas le courant, est dissout par l'acide sulfurique.

15.3 Affinage du cuivre

Le principal minerai contenant du cuivre est la chalcopirite. Suite à son traitement, on obtient un solide métallique, le blister, qui contient du cuivre à 99,0 %, les autres métaux étant le fer, le nickel, l'or et l'argent. On réalise une électrolyse à anode soluble pour obtenir du cuivre à 99,99 %. L'électrolyte utilisée est une solution aqueuse de sulfate de cuivre acidifiée.

L'or et l'argent constituent les boues, qui se déposent au fond de l'électrolyseur ; les éléments fer et nickel ne sont pas réduits à la cathode.

- Représenter l'électrolyseur ainsi que les mouvements des porteurs de charge.
- À quelle électrode doit-on placer le blister pour purifier le cuivre ?
- Écrire les demi-équations électroniques modélisant les réactions susceptibles de se produire aux électrodes, ainsi que l'équation de la réaction d'électrolyse.

d. Que deviennent les éléments fer, nickel, argent et or, sachant que ni l'or ni l'argent ne peuvent être oxydés ?

- Commenter le nom donné à cette électrolyse.
- La masse de cuivre déposée à la cathode est de 30,0 g en 30 min ; quelle était la valeur de l'intensité du courant électrique ?

15.4 Electrozingage

Un dépôt électrolytique de zinc est utilisé dans l'industrie automobile pour protéger les tôles métalliques en acier contre la corrosion. Pour que la protection soit efficace, il faut disposer 40,0 g de zinc par mètre carré.

On désire recouvrir les deux faces d'une plaque d'acier de dimensions 2,00 m × 1,30 m. On réalise l'électrozingage avec une électrolyte de sulfate de zinc et une électrode de zinc.

- Quelles espèces chimiques sont présentes ? Quelles réactions sont susceptibles de se produire aux électrodes ?
- À quelle électrode doit-on placer la pièce d'acier pour réaliser l'électrozingage ?
- Sachant que l'on observe aucun dégagement gazeux et que la masse de zinc diminue, écrire l'équation de la réaction d'électrolyse.
- Quelle masse de zinc doit-on déposer ? Quelle est la durée de l'électrolyse, sachant que l'intensité du courant électrique est maintenue à 10,0 A ?
- Comment varie la concentration massique de l'électrolyte ?
- Déterminer l'épaisseur du dépôt de zinc.

Donnée : $\mu(Zn) = 7140 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Chapitre 16

Transmission d'information par les ondes électromagnétiques

R'

R'

Canaux La transmission simultanée de plusieurs informations nécessite un « canal » affecté à chacune d'elles.

Ondes Transporter de l'information par des ondes est d'un grand intérêt, car il est plus facile d'envoyer des ondes que de la matière sur une grande distance. Rappelez-vous qu'une onde correspond à un transport d'énergie, sans transport de matière.

Électromagnétiques Les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide et dans de nombreux milieux matériels. La lumière est une onde électromagnétique particulière, dont le domaine de fréquences est très restreint.

Antenne Une antenne émettrice a pour rôle d'émettre une onde électromagnétique, et une antenne réceptrice a pour rôle de capter cette onde afin d'obtenir un signal électrique. Les fréquences de

l'onde électromagnétique et du signal électrique sont identiques.

Tension L'expression mathématique d'une tension sinusoïdale est :

$$u(t) = U_{\max} \cos(2\pi ft + \phi_0)$$

où U_{\max} est l'amplitude, f la fréquence, ϕ_0 la phase à l'origine.

Modulations Dans le but de transmettre une information, on peut *moduler* (= changer) l'une des caractéristiques d'une tension sinusoïdale. On distingue les modulations :

- d'amplitude (variations de U_{\max});
- de fréquence (variations de f);
- de phase (variations de ϕ_0).

M

Onde électromagnétique
Signal sinusoïdal

Porteuse
Modulation

Antenne
Filtre passe-bande

Q

Q1 N°1 p. 74

Q4 N°6 p. 74

Q2 N°2 p. 74

Q5 N°7 p. 74

Q3 N°4 p. 74

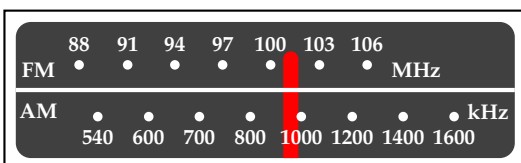
Q6 N°10 p. 74

Q7 Quel est le nom de l'appareil qui permet la connexion à l'Internet bas débit à la maison ? Quelle est l'origine de ce nom ? Comparer le domaine de fréquences utilisé avec l'Internet haut débit.

E

16.1 Poste radio

Le bandeau d'un poste de radio se présente de la manière suivante :



- a. Rappeler la gamme des fréquences audibles par l'oreille humaine. La comparer avec les gammes de fréquences proposées par le poste de radio.
- b. Comment se fait-il que l'on puisse malgré tout entendre les émissions captées par le poste ?

- c. Que signifient les lettres AM et FM ? Comparer ces deux gammes.

16.2 Communication transatlantique

Pour communiquer par téléphone entre Paris et New-York, on peut utiliser :

- soit un satellite de télécommunications, situé à 36 000 km d'altitude, placé dans le cas idéal sur la médiatrice du segment reliant les deux villes ;
- soit un câble en fibre optique, immergé au fond de l'Océan Atlantique, d'une longueur de 6 000 km environ, d'indice $n = 1,5$.

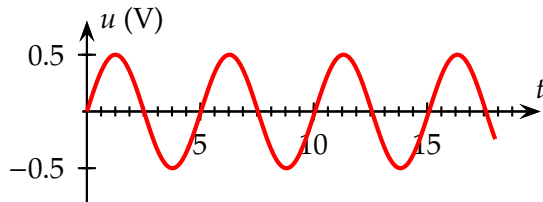
- a. Quelle est la nature du signal à transmettre ?

- Quelle est la nature de la porteuse ?
- Quelle est la nature du milieu de propagation dans chaque cas ?
- Comparer la durée que met un message pour être transmis par chacun de ces moyens.
- Le décalage de temps risque-t-il d'être gênant pour :
 - une communication orale entre deux personnes ?
 - une transmission de données informatiques ?

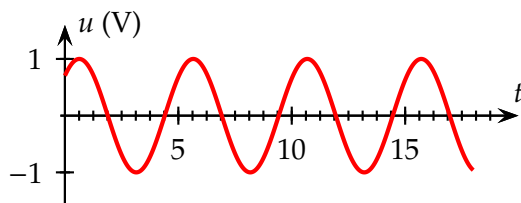
16.3 N°16 p. 75 : Tension sinusoïdale

16.4 Paramètre d'une tension

Soit un signal sinusoïdal, représenté ci-dessous :



- Déterminer les paramètres suivants de la tension sinusoïdale :
 - son amplitude ;
 - sa phase à l'origine ;
 - sa période et sa fréquence.
- En déduire une expression mathématique de $u(t)$.
- Une antenne capable de capter une telle onde doit avoir des dimensions de l'ordre de la moitié de la longueur d'onde. Quelle devra être sa longueur ?
- Recommencer les questions avec la tension représentée ci-dessous :



16.5 Émission d'une onde hertzienne

Un circuit oscillant RLC, connecté à un dispositif d'entretien des oscillations, a les caractéristiques suivantes :

$$R = 5 \, \Omega, L = 110 \, \mu\text{H} \text{ et } C = 120 \, \text{pF}.$$

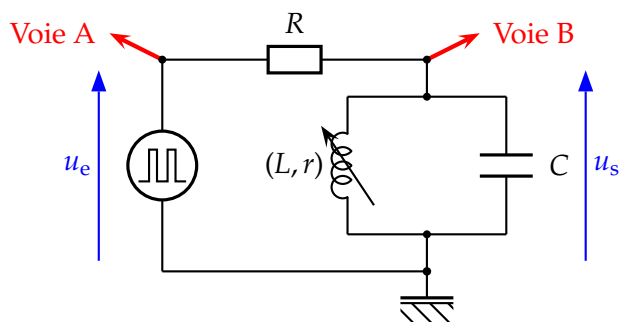
On relie un fil à l'une des armatures du condensateur.

- Schématiser le montage sans détailler le dispositif d'entretien.
- Calculer la fréquence des oscillations électriques dans le circuit.
- Quel est le rôle du fil ?
- Quelle est la longueur d'onde de l'onde émise dans l'air où sa célérité est $c = 3,00 \cdot 10^8 \, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$?
- Cette onde est-elle audible ? Pourquoi ?

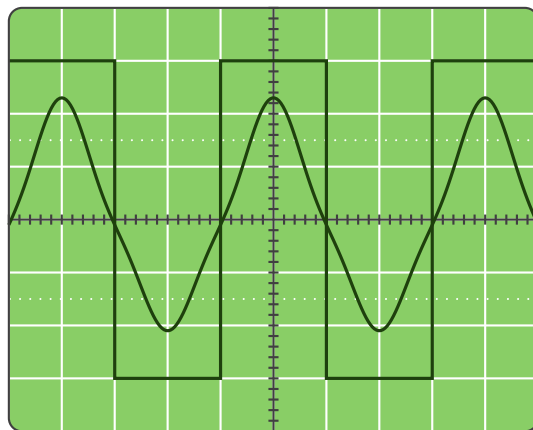
16.6 N°17 p. 75 : Filtre passe-bande

16.7 Filtrage d'un signal rectangulaire

Un générateur qui délivre un signal rectangulaire est placé à l'entrée d'un filtre LC dont la capacité est $c = 1,0 \, \mu\text{F}$ et l'inductance L de la bobine est réglable.



On constate que l'amplitude du signal de sortie u_s aux bornes du filtre n'est notable que pour certaines fréquences spécifiques ; dans ce cas, on dit que le filtre est *accordé* sur la fréquence du générateur. On observe alors que ce signal est quasiment sinusoïdal. L'oscillogramme obtenu lorsque le réglage est réalisé est donné ci-dessous. La sensibilité horizontale est $b = 1,0 \, \text{ms/div}$.



- Déterminer la fréquence des deux tensions.
- En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine, le filtre étant supposé comme parfaitement accordé à sa fréquence propre $f = f_0$.
- La tension d'entrée peut être considérée comme la somme de tensions sinusoïdales correspondant au signal fondamental de fréquence f et aux différentes harmoniques de fréquence $2f, 3f, 4f, \dots$ d'amplitudes plus petites. Expliquer, en conséquence, la forme du signal de sortie.
- On modifie l'inductance L et on la divise par quatre. Comment a varié la fréquence f_0 de résonance du filtre ? Quelles modifications observera-t-on sur l'écran de l'oscilloscope ?

Deuxième partie

Corrigés

Correction 1

Lentilles convergentes

A

1.1 Appliquer les formules de conjugaison

- a. $\overline{OA} = -80$ cm et $\overline{OF'} = 12,5$ cm. On cherche la position de l'écran, donc $\overline{OA'}$. Appliquons la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

$$\Leftrightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{-80} + \frac{1}{12,5}} = 14,8 \text{ cm}$$

L'écran doit être placé 14,8 cm après la lentille.

- b. $\overline{OA} = -50$ cm et $\overline{OA'} = 25$ cm. Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = C$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{-50 \cdot 10^{-2}} = 6 \delta$$

La distance focale est l'inverse de la vergence :

$$\overline{OF'} = \frac{1}{C} = \frac{1}{6} = 0,167 \text{ m} = 16,7 \text{ cm}$$

- c. $\overline{AB} = 0,20$ m, $\overline{A'B'} = -2,5$ m (l'image réelle donnée par une lentille convergente est renversée, d'où le signe négatif) et $\overline{OA} = 3$ m. Définition du grandissement γ :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

On en déduit la distance algébrique objet-lentille demandée :

$$\Leftrightarrow \overline{OA} = \overline{OA'} \frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}}$$

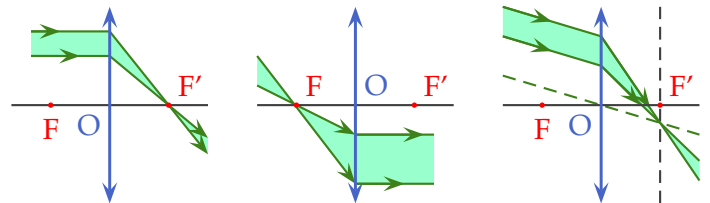
$$\Rightarrow \overline{OA} = 3 \times \frac{0,20}{-2,5} = -0,24 \text{ m} = -24 \text{ cm}$$

Pour trouver la vergence et la distance focale de la lentille, on utilise la relation de conjugaison comme ci-dessus :

$$C = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{3} - \frac{1}{-0,24}$$

$$C = 4,5 \delta \quad \text{et} \quad \overline{OF'} = \frac{1}{C} = 22 \text{ cm}$$

1.2 Constructions



1.3 Appareil photographique

La figure demandée est reproduite à l'échelle page suivante. L'image $A'B'$ obtenue est virtuelle, plus grande, droite. Calcul de la taille de l'image :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\Leftrightarrow \overline{A'B'} = \overline{AB} \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

$$\Rightarrow \overline{A'B'} = 1 \times \frac{7,5}{3} = 2,5 \text{ cm}$$

- c. L'image obtenue étant plus grande, on la voit mieux en plaçant l'œil derrière la lentille (l'œil effectue la mise au point sur $A'B'$, qui sert d'objet virtuel).

E

1.4 N°14 p. 15 : Lentille convergente

1.5 La loupe

- a. $\overline{OA} = -3$ cm, objet réel. On applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = C$$

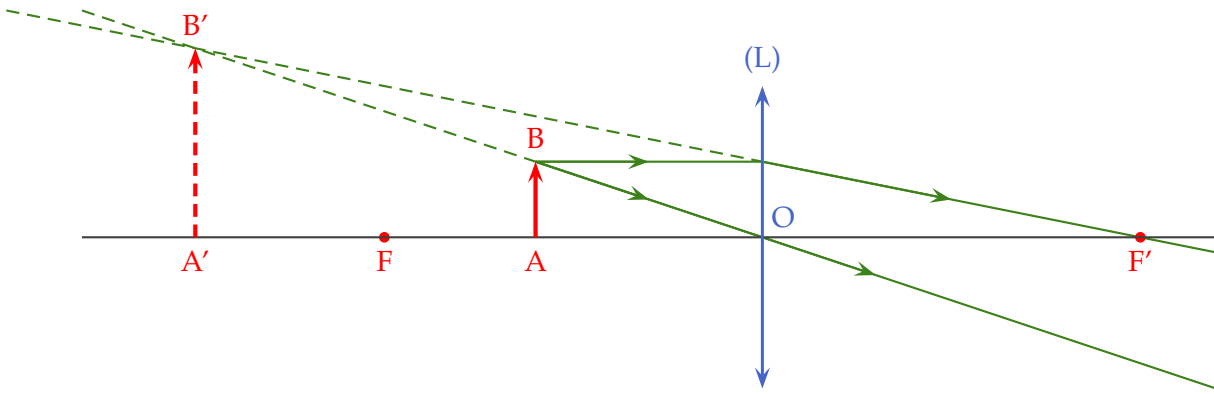
$$\Leftrightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA}} + C} = \frac{1}{\frac{1}{-310^{-2}} + 20}$$

$$\Rightarrow \overline{OA'} = -7,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = -7,5 \text{ cm}$$

$\overline{OA'} < 0$, image virtuelle.

- b. La lentille, de vergence $C = +20 \delta$, a une distance focale de :

$$f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$



B

1.6 Méthode de Silbermann

- a. L'image est de même taille mais renversée, donc le grandissement vaut $\gamma = -1$.
 b. Par définition du grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -1 \Rightarrow \overline{OA'} = -\overline{OA}$$

Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

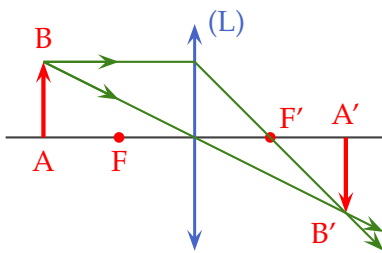
On remplace $\overline{OA'}$ par $-\overline{OA}$ dans cette relation :

$$-\frac{2}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \overline{OA} = -2f' \text{ et } \overline{OA'} = 2f'$$

Relation de Chales :

$$D = \overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = 4f'$$

c.



- d. Disposer l'écran à grande distance de l'objet, puis réduire cette distance jusqu'à obtenir une seule position médiane pour le réglage de la position de la lentille permettant d'obtenir une image nette. Mesurer alors la distance D et diviser par quatre pour obtenir f' .

1.7 N°2 p. 13 : Deux lentilles

1. Rayons paraxiaux.

2. b. $\overline{O_1A} = -3 \text{ cm}$ et $\overline{AB} = 1 \text{ cm}$. Formule de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = C \Rightarrow \overline{O_1A_1} = 6 \text{ cm}$$

Donc l'image est réelle. Définition du grandissement :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} \Rightarrow \gamma = -2$$

Donc l'image est renversée ($\gamma < 0$), deux fois plus grande que l'objet :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \Rightarrow \overline{A_1B_1} = -2 \text{ cm}$$

3. Attention, la seconde lentille est placée *en arrière*, donc avant la première :

$$\overline{O_1O_2} = -13 \text{ cm}$$

b. A_1B_1 joue le rôle d'objet réel pour la lentille L_2 .

c. Formule de conjugaison pour L_2 :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} \Rightarrow \overline{O_2A_2} = 9,33 \text{ cm}$$

L'image est donc réelle.

$$\gamma_2 = \frac{\overline{O_2A_2}}{\overline{O_2A_1}} = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} \Rightarrow \overline{A_2B_2} = -2,7 \text{ cm}$$

L'image est donc renversée.

Ce dispositif permet d'obtenir une image droite et agrandie par rapport à l'objet.

Correction 2

Miroirs sphériques

A

2.1 Modèle et schématisation

a. Distance focale :

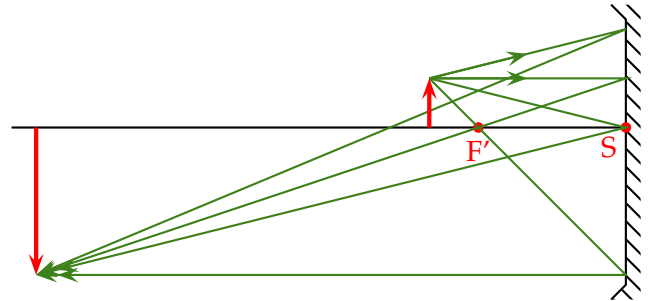
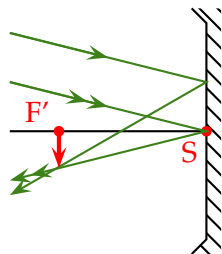
$$f' = \overline{F'S} = \frac{R}{2} = 25,0 \text{ cm}$$

b. Voir schéma du cours.

c. Conditions de Gauss (rayons paraxiaux, arrivant proche du sommet du miroir, et peu inclinés).

2.2 N°10 p. 15 : Réelle ou virtuelle Ces constructions ont été réalisées en cours.

2.3 Tracé des faisceaux



2.4 Image à l'infini

L'objet doit être dans le plan focal objet du miroir. Voir la construction réalisée en cours.

E

2.5 Position de l'image

- a. L'image est réelle, inversée, à environ 32,5 cm en avant du miroir.
- b. Il faut rapprocher l'objet du miroir pour obtenir une image plus grande. En cas de doute sur ce point, le vérifier par un schéma sommaire au brouillon.

2.6 N°12 p. 15 : Dans un plan frontal

2.7 Mesure de distance focale

a. En disposant un objet lumineux comme un trou source de petit diamètre dans le plan focal objet de

la lentille. Le faisceau émergent est alors parallèle à l'axe optique, de diamètre sensiblement constant.

- c. La présence du demi-écran ne modifie normalement pas l'image reçue, tant que l'écran n'intercepte pas le faisceau tombant sur le miroir. En général, on incline légèrement le miroir autour d'un axe vertical.
- d. Le miroir est éclairé en lumière parallèle, l'image va donc se former dans le plan focal du miroir. En mesurant la distance écran-miroir, on a donc une évaluation de la distance focale.

2.8 Loupe



Correction 3

Le microscope

E

3.1 N°1 p. 24 : Microscope

3.2 Pouvoir séparateur

3.3 Mesure du diamètre d'un fil

B

3.4 Modélisation d'un microscope

I - Rôle de l'oculaire

- a. L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'un objet réel pour la lentille L_2 .
- b. L'image A_2B_2 se forme à l'infini si :

$$\overline{O_2A_2} \rightarrow \infty$$

La relation de conjugaison pour la lentille L_2 s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F_2}} \Rightarrow 0 - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F_2}}$$

$$\Rightarrow \overline{O_2A_1} = -\overline{O_2F_2} = \overline{O_2F_2}$$

Ainsi, le point A_1 est confondu avec F_2 .

- c. Voir la figure 1 ci-dessous. Les foyers F_2 et F'_2 sont à 4 cm de la lentille L_2 , conformément aux indications de l'énoncé. F_2 est confondu avec A_1 .

II - Rôle de l'objectif

- a. Voir la figure 2 ci-dessous. Les foyers F_1 et F'_1 sont à 2 cm de la lentille L_1 , conformément aux indications de l'énoncé.
- b. Sur la figure 2 à l'échelle 1, on mesure les distances algébriques :

$$\overline{O_1A} = -2,5 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \overline{O_1A_1} = 10 \text{ cm}$$

mesures que l'on reporte dans la formule du grandissement transversal :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{10}{-2,5} = -4$$

III - Grossissement du microscope

- a. Définition du grossissement du microscope, avec les notations de l'énoncé :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \alpha' = G\alpha = 25 \times 3,2 \cdot 10^{-4} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

- b. Le diamètre apparent α' trouvé étant double du minimum discernable par l'œil, on peut conclure que le microscope est assez puissant pour observer l'oignon.

3.5 Cercle oculaire

- a. La distance objectif-oculaire est la somme des distances focale et de l'intervalle optique Δ :

$$d = 1,6 + 16,0 + 4,0 = 21,6 \text{ cm}$$

- b. Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif, formée par l'oculaire. Pour calculer sa position, on applique la formule de conjugaison des lentilles, avec comme objet le centre A l'objectif, comme lentille l'oculaire de centre O , et comme image le centre A' du cercle oculaire :

$$\overline{OA} = -21,6 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \overline{OF'} = +4,0 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \Leftrightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{4,0} + \frac{1}{-21,6}} = 4,9 \text{ cm}$$

- c. Grandissement γ :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{4,9}{-21,6} = -0,23$$

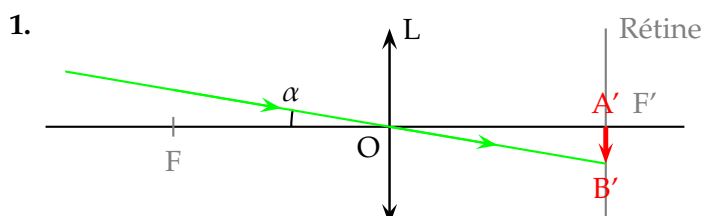
Le cercle oculaire étant l'image de la monture de l'objectif, de diamètre $d = 4,0 \text{ mm}$, le diamètre d' du cercle oculaire est donc (avec des valeurs absolues, car le signe est sans importance) :

$$|\gamma| = \frac{d'}{d} \Leftrightarrow d' = |\gamma|d = 0,23 \times 4,0 = 0,92 \text{ mm}$$

- d. Le diamètre de la pupille est constamment supérieur à celui du cercle oculaire. Le microscope a été bien prévu. L'intérêt de placer son œil au niveau du cercle oculaire est la certitude de recevoir le maximum de lumière.

3.6 N°17 p. 16 : Modélisation d'un œil hypermétrope

A. Œil normal



L'image $A'B'$ est dans le plan focal image de la lentille L (objet AB à $l'∞$), de taille $A'B' = OF' \times \tan \alpha$ avec $OF' = 1,7$ cm.

2. a. Formule de conjugaison des lentilles :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'}$$

$$\Rightarrow f' = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}}$$

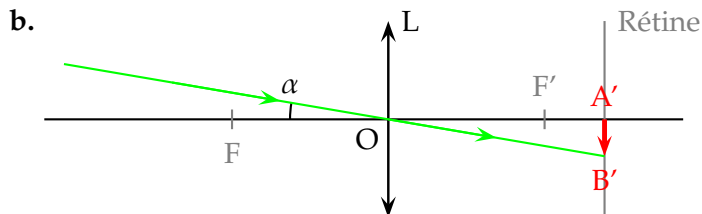
Menons les applications numériques en centimètres :

$$\overline{OA} = -d_m = -25 \text{ cm (objet avant la lentille)}$$

$$\overline{OA'} = +1,7 \text{ cm (image nette sur la rétine)}$$

$$\Rightarrow f' = \frac{1}{\frac{1}{1,7} - \frac{1}{-25}}$$

$$\Rightarrow f' = 1,59 \text{ cm.}$$



c. Le point commun entre un objectif d'appareil photo automatique et l'œil est la *capacité de mise au point*. Les appareils modernes ont des capteurs dits « multizone » afin que la mise au point s'effectue même lorsque le sujet n'est pas centré. En revanche, aucune possibilité de « zoom » sur l'œil, cela nécessiterait plusieurs cristallins ! Domage...

B. l'œil hypermétrope et sa correction

1. L'œil hypermétrope n'est pas assez convergent, puisque l'image se forme trop loin. Il faut accoler une lentille convergente à l'œil.

2. a. L'image définitive doit se trouver sur la rétine, à 1,7 cm du centre optique O de la lentille modélisant le cristallin. Donc il faut :

$$\overline{OA'} = 1,7 \text{ cm.}$$

b. Formule de conjugaison pour la lentille L :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA_1} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OF'}}}$$

Dans le cas particulier d'un œil n'accommodant pas, pour une vision d'un objet à $l'∞$,

$$\overline{OA'} = 1,7 \text{ mm} \quad \text{et} \quad \overline{OF'} = 1,85 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \overline{OA_1} = \frac{1}{\frac{1}{1,7} - \frac{1}{1,85}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA_1} = 21,0 \text{ cm.}$$

c. Relation de Chalses :

$$\overline{OA_1} = \overline{OO_1} + \overline{O_1A_1} = d + \overline{O_1A_1}$$

$$\Rightarrow \overline{O_1A_1} = 21,0 - 1,2$$

$$\Rightarrow \overline{O_1A_1} = 19,8 \text{ cm.}$$

Formule de conjugaison pour la lentille L_1 (attention aux indices) :

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}}$$

Dans le cas présent, l'objet AB est à $l'∞$, donc :

$$\overline{O_1A} \rightarrow -∞$$

$$\Rightarrow \overline{O_1F'_1} = f'_1 = 19,8 \text{ cm} \quad \text{ou} \quad +5,05 \delta$$

Il s'agit là d'un œil assez forte^{mt} hypermétrope.

d. Cette fois, puisque les lentilles sont accolées, on considère que leurs vergences s'additionnent (il s'agit d'une propriété classique des lentilles minces, que l'on peut retenir) :

$$C_{\text{total}} = C + C_2 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{f'_{\text{total}}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f_2}$$

$$\Rightarrow f_2 = \frac{1}{\frac{1}{f'_{\text{total}}} - \frac{1}{f'}}$$

L'œil ayant toujours la même taille, son cristallin devrait avoir comme distance focale :

$$f'_{\text{total}} = 1,7 \text{ mm} \quad \text{au lieu de} \quad f' = 1,85 \text{ cm}$$

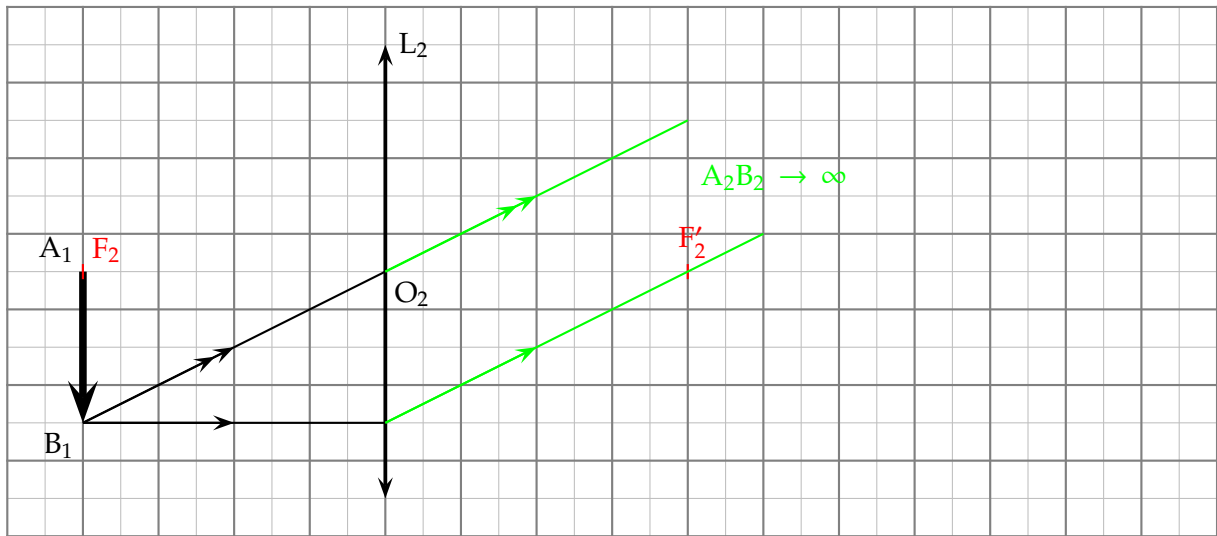
D'où l'application numérique :

$$f_2 = \frac{1}{\frac{1}{1,7} - \frac{1}{1,85}}$$

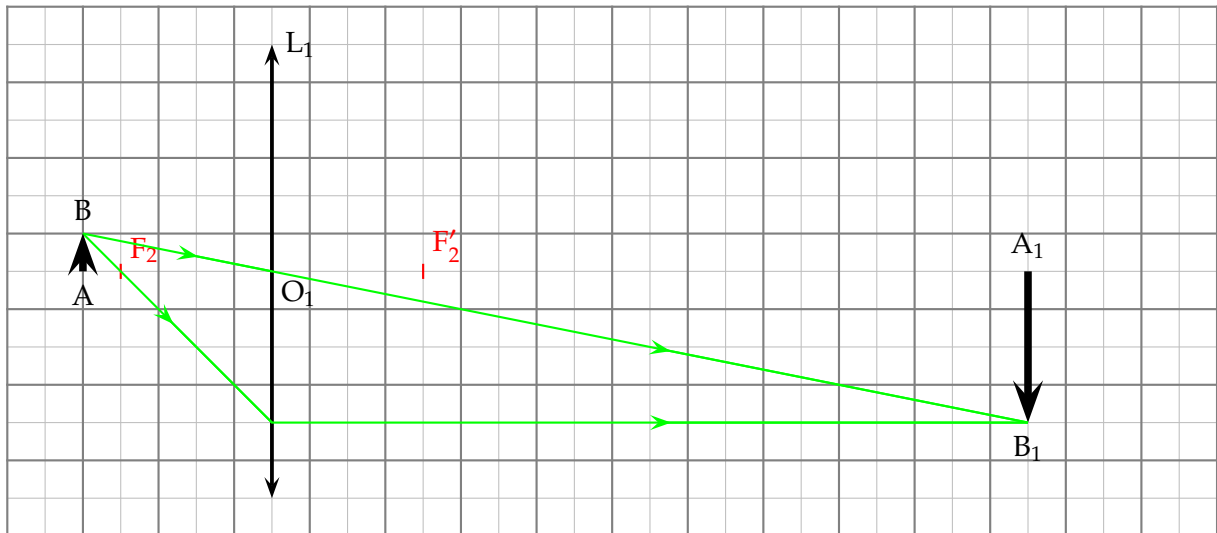
$$f_2 = 21,0 \text{ cm,}$$

résultat que l'on pouvait trouver immédiatement avec les formules de la question B.2.b, en remplaçant d par zéro.

Annexe



F . 3.1 – Rôle de l'oculaire.



F . 3.2 – Rôle de l'objectif.

Correction 4

Lunette astronomique et télescope

E

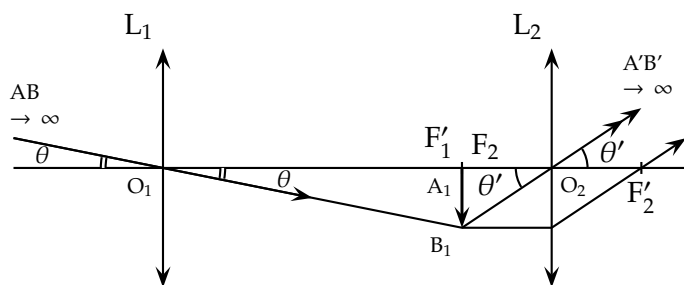
4.1 Propriétés des miroirs

4.2 Lunette astronomique

- a. Pour obtenir une lunette afocale, il faut que le foyer image F'_1 de l'oculaire L_1 soit confondu avec le foyer objet F_2 de l'objectif L_2 . Il faut donc que les centres des lentilles soient séparés par une distance :

$$O_1O_2 = f'_1 + f'_2$$

- b. L'objet AB étant à l'infini, un seul rayon, issu de B , passant par le centre O_1 de l'objectif L_1 , permet de construire l'image intermédiaire A_1B_1 placée dans le plan focal image de L_1 .



- c. θ est le diamètre apparent de l'étoile, angle sous lequel on voit AB à l'œil nu. C'est l'angle des rayons rentrant par l'objectif dans la lunette, en provenance de B (le point A étant supposé sur l'axe optique). θ' est l'angle sous lequel on voit l'image $A'B'$ à la sortie de l'oculaire. C'est l'angle des rayons sortant de la lunette par l'oculaire, dirigés vers B' (le point A' étant supposé sur l'axe optique).

- d. Dans le triangle $O_1B_1A_1$, rectangle en A_1 :

$$\theta \simeq \tan \theta = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_1}$$

Dans le triangle $A_1B_1O_2$, rectangle en A_1 :

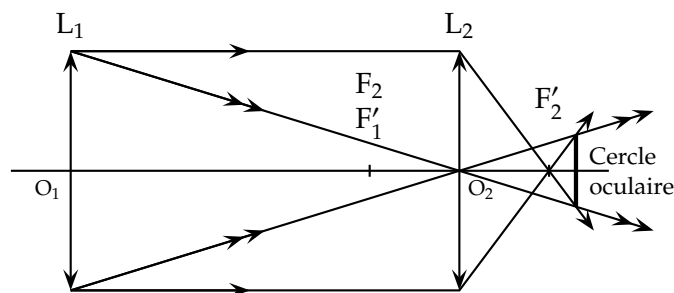
$$\theta' \simeq \tan \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_2}$$

En reportant ces formules dans la définition du grossissement :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1}$$

$$\Rightarrow G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

- e. Si f'_1 est très grand devant f'_2 , le grossissement G sera élevé.
f. Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif.



4.3 Télescope de Newton

4.4 Le télescope, collecteur de lumière

- a. Différence des surfaces de l'objectif (rayon R) et du miroir secondaire (rayon r) :

$$\pi R^2 - \pi r^2 = 3,14 \times (5^2 - 1,25^2) \simeq 74 \text{ cm}^2$$

- b. Surface de la pupille (rayon a) :

$$\pi a^2 = 3,14 \times 0,3^2 \simeq 0,28 \text{ cm}^2$$

Rapport des surfaces :

$$\frac{74}{0,28} \simeq 264$$

Il rentre donc plus de 250 fois plus de lumière dans l'œil de l'astronome !

- c. Les étoiles invisibles à l'œil n'ont pas un éclat suffisant. Le télescope permet d'observer des étoiles de *magnitude* plus faible.
d. Le Soleil est impossible à observer à l'œil nu, car même avec la pupille fermée au maximum (diamètre de l'ordre du millimètre), la quantité de lumière pénétrant dans l'œil est déjà trop forte. Avec un télescope, c'est pire !

M_P sont égales.

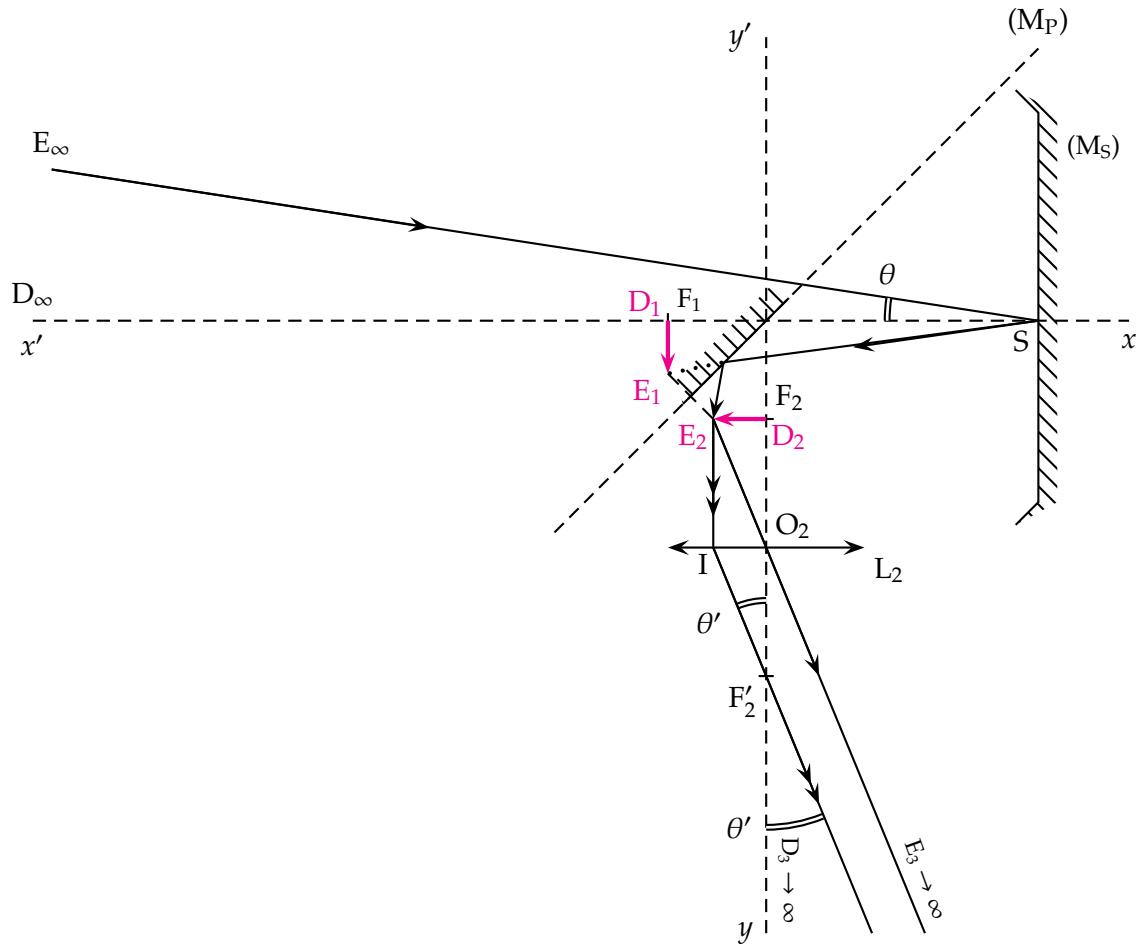
- b. L'image D_3E_3 se trouve à l'infini.

Avec un tel réglage, le télescope est dit afocal, on observe à travers l'oculaire à l'œil nu sans accommoder (D_3E_3 au *Punctum Remotum PR*), ce qui est moins fatigant.

P

4.5 Observation de la Lune

- a. D_1E_1 renversée, dans le plan focal F_1 du miroir. D_2E_2 est l'image de D_1E_1 par symétrie par rapport au plan du miroir M_P : elles sont de même taille, et les distances D_1 -centre du miroir M_P et D_2 -centre du miroir



4.6 N°1 p. 36 : Grossissement d'une lunette

4.7 Lunette de Scheiner

- a. On sait que le grossissement d'une lunette afocale est donné par :

$$G = \frac{f'_{\text{objectif}}}{f'_{\text{oculaire}}}$$

On aura donc intérêt à choisir un objectif de grande distance focale, soit la lentille 1, et un oculaire de faible distance focale, soit la lentille 2.

- b. Le tube devra avoir $O_1O_2 = f'_1 + f'_2 = 50$ cm de longueur, pour qu'un objet à l'infini donne une image à l'infini, observable sans accommoder à l'œil nu.
c. Position de l'objectif, noté d'un indice o , objet pour l'oculaire L_2 :

$$\overline{O_2A_o} = -50 \text{ cm}$$

Formule de conjugaison pour L_2 , avec l'indice c pour cercle oculaire :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\overline{O_2A_c}} - \frac{1}{\overline{O_2A_o}} &= \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} \\ \Leftrightarrow \overline{O_2A_c} &= \frac{1}{\frac{1}{\overline{O_2A_o}} + \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}} \\ \Rightarrow \overline{O_2A_c} &= \frac{1}{\frac{1}{-50} + \frac{1}{10}} = 12,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Le cercle oculaire est à 12,5 cm de l'oculaire. Rayon A_cB_c , via le grandissement γ_2 :

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= \frac{\overline{O_2A_c}}{\overline{O_2A_o}} = \frac{\overline{A_cB_c}}{\overline{A_oB_o}} \\ \Rightarrow \overline{A_cB_c} &= \overline{A_oB_o} \cdot \frac{\overline{O_2A_c}}{\overline{O_2A_o}} \end{aligned}$$

Application numérique :

$$D = 2|\overline{A_cB_c}| = \left| 3,0 \times \frac{12,5}{50,0} \right| = 0,75 \text{ cm}$$

Le diamètre, de 7,5 mm, est bien inférieur au maximum de 8 mm pour la pupille. On veillera cependant à s'accoutumer à l'obscurité pendant une demi-heure.

4.8 Grande lunette de Meudon

Le grossissement maximal vaut $G_{\text{max}} = 830 \times 2,5 = 2075$. Calculons au passage la distance focale minimal de l'oculaire utilisable :

$$\begin{aligned} G &= \frac{f'_{\text{ob}}}{f'_{\text{oc}}} \Rightarrow f'_{\text{oc, min}} = \frac{f'_{\text{ob}}}{G_{\text{max}}} \\ \Rightarrow f'_{\text{oc, min}} &= \frac{16,2}{2075} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

Donc 7,8 mm au minimum pour l'oculaire. *En fait, la lunette de Meudon est désormais grandement limitée par la pollution lumineuse et chimique du ciel parisien.*

4.9 N°6 p. 37 : Le télescope de Newton

1. Newton voulait supprimer les aberrations chromatiques (irisations colorées) typiques des lunettes à lentilles simples.
3. Remplacer le miroir sphérique en métal par un miroir parabolique en verre recouvert d'une couche d'aluminium ou d'argent.
4. L'oculaire joue le rôle de loupe. Contrairement à un microscope, on ne peut pas changer l'objectif, pièce principale du télescope. On ne joue donc que sur l'oculaire, interchangeable.

4.10 Étoiles doubles

- a. Diamètre apparent de l'étoile double, en radians :

$$\alpha = \frac{14,5}{3600} \times \frac{\pi}{180} = 7,03 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

On vérifie bien que α est inférieur au $\alpha_{\min} = 3,0 \cdot 10^{-4}$ rad minimum visible par l'œil.

- b. Au minimum, l'image donnée par la lunette devra avoir $\alpha' = \alpha_{\min}$. Donc :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \Rightarrow G_{\min} = \frac{\alpha_{\min}}{\alpha}$$

Application numérique :

$$G_{\min} = \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{7,03 \cdot 10^{-5}} = 4,3$$

- c. Le grossissement d'une lunette est le rapport des distances focales, et donc aussi des vergences :

$$G = \frac{C_{\text{oc}}}{C_{\text{ob}}} = \frac{20}{5} = 4$$

Ce grossissement n'est pas suffisant.

★★
★

Correction 5

Extraire et identifier

Q

Q1 Hydrodistillation : extraction de substances volatiles par entraînement à la vapeur d'eau et condensation sous forme d'un distillat.

Relargage : saturation en ions de la solution aqueuse, pour diminuer encore plus la solubilité des espèces organiques dans la phase aqueuse.

Extraction par solvant : utilisation d'un solvant pour dissoudre une substance chimique, et ainsi l'extraire de son milieu initial.

Chromatographie : technique d'identification basée sur la migration plus ou moins forte des espèces chimiques contenues dans une solution, le long d'une phase fixe.

Éluant : solvant utilisé lors de la chromatographie.

Phase fixe : plaque de papier, plaque de plastique ou d'aluminium recouverte de silice, ou colonne remplie de silice servant de support pour l'ascension par capillarité des différentes espèces chimiques.

Migration : montée des espèces chimiques le long de la phase fixe, par capillarité.

Chromatogramme : résultat obtenu en fin de chromatographie, laissant apparant les taches obtenues.

Rapport frontal : rapport de la distance parcourue d par l'espèce considérée, sur la distance D parcourue par l'éluant, sur la phase fixe.

$$R_f = \frac{d}{D}$$

Densité : pour un liquide, par rapport à l'eau, rapport de la masse du liquide sur la masse du même volume d'eau, dans les mêmes conditions de température et de pression. De manière équivalente, rapport des masses volumiques du liquide et de l'eau.

$$d = \frac{m}{m_{\text{eau}}} = \frac{\mu}{\mu_{\text{eau}}}$$

Masse volumique : rapport de la masse d'une substance, sur le volume qu'elle occupe.

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Q2 Verser une goutte d'eau dans l'ampoule à décanter, et regarder où elle va. Alternativement, connaître les densités des deux phases.

Q3 Mettre les épinards à chauffer, les manger en sauce blanche, c'est bien meilleur que d'avalier des vapeurs de propanone.

Q4 Le goudron, composé de fractions *lourdes* du pétrole, est soluble dans le *White spirit*, est pas dans l'eau. Remarque : sous l'appellation commerciale *White spirit*, se cache un mélange d'alcane entre C_8 et C_{12} . C'est un solvant économique, quoique nocif et inflammable.

Q5 Le *White spirit* risque de dissoudre la peinture ou le vernis en même temps que le goudron !

E

Densité & masse volumique

5.1 Calculs de densités

a. Avec m et m_{eau} en kg et d sans unité :

$$d = \frac{m}{m_{\text{eau}}}$$

b.

Espèce chimique	m_{eau} (g)	m (g)	d
Éthanol	60	49	0,82
Acétaldéhyde	50	40	0,80
Acide nitrique	30	42	1,4

5.2 L'heptane

a. $m = 94,35 - 60,35 = 34,00$ g.

b. Avec $V = 50,0$ mL = $50,0$ cm³,

$$\mu = \frac{m}{V} = \frac{34,00}{50,0} = 0,68 \text{ g.cm}^{-3}$$

c. Pour l'eau : $\mu_{\text{eau}} = 1$ g/mL = 1 g.cm⁻³, donc :

$$d = \frac{\mu}{\mu_{\text{eau}}} = \frac{0,68}{1} = 0,68$$

5.3 Densités & masses volumiques

Extractions

5.4 Extraction de la caféine du Coca-Cola

a. Pour enlever le dioxyde de carbone dissous dans le Coca-Cola, le plus simple consiste à procéder à une agitation vigoureuse sur agitateur magnétique, éventuellement sous aspiration à l'aide d'une trompe à vide.

b. Les quatre critères de choix du solvant :

- la caféine doit être plus soluble dans le solvant que dans l'eau ;
- le solvant ne doit pas être miscible à l'eau ;

- le solvant doit être volatil, pour faciliter son élimination par chauffage ;
- le solvant ne doit pas être trop dangereux.

Ces considérations amènent à préférer le dichlorométhane.

- c. $d_{\text{dichloromethane}} > d_{\text{eau}}$ donc l'eau surnage. Le dichlorométhane constitue l'essentiel de la phase organique qui est en bas, la phase aqueuse étant en haut dans l'ampoule à décanter.

5.5 Extraction de l'essence de lavande

Chromatographies

5.6 Chromatographie comparative

5.7 Pastille pour la toux

- a. La phase organique est la phase supérieure (cyclohexane).

- b. Ligne A : ligne de dépôt ; Ligne B : front de l'éluant.
- c. La ligne de dépôt ne doit pas être immergée dans l'éluant.
- d. Il faut effectuer une révélation de la plaque : soit en la plongeant dans une solution de permanganate de potassium ($\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$) violette, soit en la plaçant dans des vapeurs de diiode I_2 qui vont oxyder les produits chimiques déposés sur la plaque, soit, si on a la chance d'avoir des plaques à chromatographie absorbant les ultraviolets (), en plaçant la plaque sous une lampe à (la plaque va absorber les partout, sauf aux endroits où il reste des espèces chimiques à sa surface ; D'où l'apparition de taches).
- e. La pastille semble contenir du menthol et de l'eucalyptol.
- f. $R_f(\text{menthol}) \approx 0,4$.

★ ★
★

Correction 6

Fabrication & analyse d'un produit fini

Q

Q1 La plupart des termes sont définis dans la section « Révision et résumé ». Les autres termes peuvent être trouvés sur Wikipédia — sans oublier d'utiliser vos propres connaissances et votre sens critique.

Hydrophobe Qui est soluble dans un solvant organique, mais insoluble dans l'eau. Constitué de molécules apolaires.

Hydrophile Qui est soluble dans l'eau. Constitué de molécules polaires.

Micelle Agrégat de molécules tensioactives, formant en général une couche sphérique autour d'un soluté organique (émulsion E/H) ou d'un soluté aqueux (émulsion H/E).

Molécule polaire Molécule portant des charges partielles. Exemple : eau.

Molécule apolaire Molécule ne portant pas de charges partielles. Exemple : chaîne carbonée d'un alcane.

Dissolution Destruction d'un solide, puis dispersion des atomes ou molécules le constituant au sein d'un solvant, les espèces dissoutes étant entourées par des molécules de solvant.

Matière première Matière extraite de la nature ou produite par elle.

Médicament Spécialité pharmaceutique contenant un principe actif reconnu.

Galénique Qui a trait à la pharmacopée.

Principe actif Molécule possédant un effet thérapeutique avéré.

Q2 *Corrigé en cours.*

Q3 Macération.

Q4 Voir le schéma distribué en cours.

Q5 Voir la méthode de choix d'un solvant d'extraction et la fiche d'utilisation d'une ampoule à décanter distribués en cours.

Q6 *Corrigé en cours.*

Q7 Voir la fiche sur la chromatographie distribuée en cours.

Q8 Voir Chimie tronc commun, chapitre 3.

Q9 Méthodes d'identification chimiques : pas de telles méthodes (comme un dosage, par exemple) ici.

Méthodes d'identification physiques courantes en laboratoire de recherche :

Solubilité dans l'eau Lors d'une chromatographie, si l'éluant est une phase aqueuse, la solubilité dans l'eau du corps à analyser est mise en compétition avec son affinité avec la phase fixe lors de la migration.

Température de fusion Il s'agit d'une caractéristique d'un corps pur. Pour mesurer cette température, on place une pointe de spatule de solide sur une plaque chauffante appelée banc Koffler, et on observe si le solide entre en fusion ou pas (il faudrait économiser pendant 10 ans pour disposer d'un banc Koffler au lycée!).

Température d'ébullition On procède comme pour la température de fusion, on verse une goutte de liquide sur le banc Koffler et on observe si le liquide s'évapore ou pas.

Spectre d'absorption Là encore, le spectre d'absorption est caractéristique d'un corps donné. On peut réaliser ce spectre, et comparer avec le spectre du produit pur de référence.

Indice de réfraction Il faut placer le liquide à identifier dans un réfractomètre, pour mesurer son indice et comparer à des tables de référence (encore 10 ans d'économies à prévoir pour le labo).

E

6.1 Une aspirine et un verre d'eau

a. La solubilité, concentration massique maximale, vaut $t = 2,5 \text{ g.L}^{-1}$. Pour avoir une solution saturée à partir d'une masse $m = 0,5 \text{ g}$ d'acide acétylsalicylique, il faut prévoir un volume V d'eau tel que :

$$t = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{t} = 0,2 \text{ L}$$

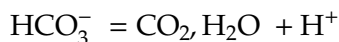
Ce volume correspond exactement aux 200 mL d'un verre d'eau. Il faut donc se verser un grand verre d'eau si on veut espérer dissoudre le cachet complet, sans quoi le principe actif va rester sur les parois du verre !

b. Concentration molaire :

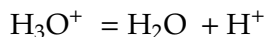
$$C = \frac{n}{V} \quad \text{et} \quad n = \frac{m}{M}$$

$$\Rightarrow C = \frac{m}{MV} = \frac{0,5}{180 \times 0,2} = 14 \text{ mmol.L}^{-1}$$

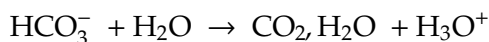
c. L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est l'acide conjugué de dioxyde de carbone dans le couple acide-base ($\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2\text{H}_2\text{O}$) :



L'eau est la base conjuguée de l'ion oxonium dans le couple acide-base ($\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$) :



Donc la réaction entre l'eau et l'excipient s'écrit :



L'acide citrique participe a des réactions qui ne seront pas détaillées ici.

d. Si on part sur l'hypothèse que *la moitié* de l'excipient est formé d'hydrogénocarbonate de sodium, avec une masse de 0,5 g de principe actif, de 3,5 g de cachet, nous avons alors $(3,5-0,5)/2=1,5$ g d'hydrogénocarbonate de sodium.

Masse molaire de l'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{HCO}_3^- + \text{Na}^+$) :

$$M = 1 + 12 + 3 \times 16 + 23 = 84 \text{ g.mol}^{-1}$$

D'où la quantité d'hydrogénocarbonate de sodium :

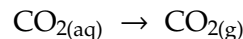
$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,5}{84} = 18 \text{ mmol}$$

D'après l'équation-bilan de la réaction entre l'eau et l'hydrogénocarbonate de sodium, il va se former

18 mmol de CO_2 . Or la solubilité maximale est de 24 mmol/L, donc pour 200 mL :

$$\frac{24}{1000} \times 200 = 4,8 \text{ mmol.L}^{-1}$$

La différence $18-4,8=13,2$ mmol va former un dégagement :



6.2 N°3 p. 99 : Solubilités

6.3 N°4 p. 99 : Hydrodistillation de l'écorce d'ornage

1. Voir le schéma d'hydrodistillation distribué en cours.
2. L'huile essentielle ou phase organique surnage, la phase aqueuse se décante.
3. $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ (ne pas répondre NaCl car il s'agit d'un solide ionique).
4. Relargage : réduire encore plus la solubilité de la phase organique dans la phase aqueuse.
5. Avec une ampoule à décanter. Voir la fiche sur l'utilisation de l'ampoule à décanter pour les différentes étapes.
6. Il s'agit d'un déséchant, qui va absorber les dernières traces d'eau contenues dans la phase organique.

6.4 Étude du lait

Le lait contient du sucre (si vous sucrez vos produits laitiers, c'est que vous êtes en pleine conduite addictive vis-à-vis du sucre). Dans le détail, les sucres les plus importants sont : la maltose et le lactose (qui tire son nom du lait).

6.5 Formulation d'une lotion dermatologique

★ ★
★

Correction 7

Approche quantitative de l'extraction

E

7.1 Extraction de l'acide propanoïque

1. Masse molaire de l'acide propanoïque :

$$M = 3 \times 12 + 6 \times 1 + 2 \times 16 = 74 \text{ g.mol}^{-1}$$

Quantité d'acide introduit :

$$n_0 = \frac{m_0}{M} = 0,25 \text{ mol}$$

Concentration en acide apportée :

$$c_i = \frac{n_0}{V_0} = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$$

On ne s'intéresse pas ici au problème de la dissociation partielle de cet acide dans l'eau.

2. La phase étherée ($d = 0,71$), ou phase organique, est plus légère que la phase aqueuse. Donc la phase organique surnage.

Quantité de matière introduite dans l'ampoule par le prélèvement de 50 mL :

$$n_i = c_i V_i = 1,0 \times 50 \cdot 10^{-3} = 0,50 \text{ mmol}$$

3. Titrage de la phase aqueuse.

3.a. $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

3.b. À l'équivalence du dosage, la quantité de matière d'hydroxyde de sodium introduit est égale à la quantité de matière d'acide initialement présent dans le prélèvement :

$$n_a = n_b \Leftrightarrow c_a V_a = c_b V_{bE}$$

On en déduit la valeur de n_a demandée :

$$n_a = c_b V_{bE} = 0,50 \times 12 \cdot 10^{-3} = 6,0 \text{ mmol}$$

3.c. Quantité dans la phase aqueuse : simple proportionnalité, puisque l'on a prélevé 20 mL sur les 50 mL du total :

$$n_f = n_a \frac{V_i}{V_a} = 6,0 \cdot 10^{-3} \times \frac{50}{20} = 15 \text{ mmol}$$

4. Étude de l'extraction.

4.a. Tableau d'évolution, en millimoles :

Équation	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}_{(aq)} = \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}_{(ether)}$	
ÉI	$n_i = 50$	0
ÉF	$n_f = 50 - x_{\text{éq}} = 15$	$x_{\text{éq}}$

On en déduit que :

$$x_{\text{éq}} = n_i - n_f = 50 - 15 = 35 \text{ mmol}$$

4.b. Constante d'équilibre :

$$K = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}_{(ether)}]_{\text{éq}}}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}_{(aq)}]_{\text{éq}}}$$

$$\Rightarrow K = \frac{\frac{x_{\text{éq}}}{V_{\text{éth}}}}{\frac{n_i - x_{\text{éq}}}{V_i}} = \frac{\frac{35}{100}}{\frac{15}{50}} = 1,2$$

7.2 Un ou deux rinçages ?

1. Un seul lavage avec un volume V d'eau

On exprime les concentrations de l'espèce A dans chacune des phases, en utilisant les quantités de matière données dans le tableau d'avancement :

$$[A]_{(S)} = \frac{n_0 - x_{\text{éq}}}{V_{(S)}} \quad \text{et} \quad [A]_{(aq)} = \frac{x_{\text{éq}}}{V}$$

On utilise ces deux concentrations pour calculer K :

$$K = \frac{[A]_{(S)}}{[A]_{(aq)}} = \frac{\frac{n_0 - x_{\text{éq}}}{V_{(S)}}}{\frac{x_{\text{éq}}}{V}}$$

Produit en croix :

$$K \cdot \frac{x_{\text{éq}}}{V} = \frac{n_0 - x_{\text{éq}}}{V_{(S)}}$$

Regroupement dans le membre de gauche & factorisation par $x_{\text{éq}}$:

$$x_{\text{éq}} \left(\frac{K}{V} + \frac{1}{V_{(S)}} \right) = \frac{n_0}{V_{(S)}}$$

Nouveau produit en croix pour faire apparaître τ :

$$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{n_0} = \frac{\frac{1}{\frac{K}{V} + \frac{1}{V_{(S)}}}}{\frac{n_0}{V_{(S)}}}$$

Simplification de l'ensemble en multipliant en haut et en bas par $V V_{(S)}$:

$$\tau = \frac{V}{K V_{(S)} + V}$$

Application numérique :

$$\tau = \frac{1}{K \frac{V_{(S)}}{V} + 1} = \frac{1}{2 \times \frac{1}{10} + 1} = \boxed{83\%}$$

2. Deux lavages successifs avec des volumes $\frac{V}{2}$ d'eau

2.a. Ce premier lavage est équivalent au précédent, on va donc récupérer la formule du 1 en changeant V par $\frac{V}{2}$:

$$\tau_1 = \frac{x_{\text{éq},1}}{n_0} = \frac{1}{K \frac{2V_{(S)}}{V} + 1}$$

Application numérique :

$$\tau_1 = \frac{1}{2 \times \frac{2 \times 1}{10} + 1} = \boxed{71 \%}$$

Un seul lavage avec moitié d'eau est moins efficace, ce qui est logique.

2.b. À ce stade, c'est simplement un peu pénible à écrire, mais rien de nouveau, on recommence comme au 1, en recopiant le tableau d'avancement, mais sans oublier que le volume d'eau est maintenant divisé par 2 :

$$[A]_{(S)} = \frac{n_0 - x_{\text{éq},1} - x_{\text{éq},2}}{V_{(S)}} \text{ et } [A]_{(aq)} = \frac{2x_{\text{éq},2}}{V}$$

Calcul de K :

$$K = \frac{[A]_{(S)}}{[A]_{(aq)}} = \frac{\frac{n_0 - x_{\text{éq},1} - x_{\text{éq},2}}{V_{(S)}}}{\frac{2x_{\text{éq},2}}{V}}$$

Produit en croix :

$$K \cdot \frac{2x_{\text{éq},2}}{V} = \frac{n_0 - x_{\text{éq},1} - x_{\text{éq},2}}{V_{(S)}}$$

Regroupement dans le membre de gauche & factorisation par $x_{\text{éq},2}$:

$$x_{\text{éq},2} \left(\frac{2K}{V} + \frac{1}{V_{(S)}} \right) = \frac{n_0 - x_{\text{éq},1}}{V_{(S)}}$$

On veut exprimer τ_2 de la forme x_f/x_{max} (l'avancement maximum est amputé de ce qui a été récupéré lors de la réaction 1) :

$$\tau_2 = \frac{x_{\text{éq},2}}{n_0 - x_{\text{éq},1}}$$

On peut faire apparaître cette fraction facilement dans la formule ci-dessus, par un produit en croix :

$$\tau_2 = \frac{1}{\frac{2K}{V} + \frac{1}{V_{(S)}}}$$

On reconnaît la formule donnant τ_1 . Donc c'est toujours $\tau_2 = 71\%$ pour ce second lavage.

2.c. Pour le premier lavage :

$$\tau_1 = \frac{n_0}{x_{\text{éq},1}} = 0,71 \Rightarrow x_{\text{éq},1} = 0,71 \cdot n_0$$

Pour le second lavage :

$$\tau_2 = \frac{x_{\text{éq},2}}{n_0 - x_{\text{éq},1}} = 0,71 \Rightarrow x_{\text{éq},2} = 0,71(n_0 - 0,71 \cdot n_0)$$

Pour l'ensemble :

$$x_{\text{total}} = x_{\text{éq},1} + x_{\text{éq},2} = (0,71 + 0,71 \times (1 - 0,71)) n_0$$

$$\Rightarrow x_{\text{total}} = 0,92n_0 \text{ et } \tau_{\text{total}} = \boxed{92 \%}$$

2.d. Avec un taux de 92 %, on a un meilleur lavage avec le même volume d'eau. Il faut donc faire plusieurs lavages !

★★
★

Correction 8

Production d'un son

Q

Q1 Attention, pas mal de vocabulaire nouveau dans ce chapitre, donc un effort de mémoire est nécessaire. L'essentiel est résumé sur la feuille d'énoncé.

Fréquence propre Fréquence d'un mode propre.

Quantification Propriété d'un système de n'accepter de vibrer qu'à certaines fréquences bien précises, multiples d'une fréquence fondamentale.

Fondamental Mode de vibration de plus basse fréquence accessible; il s'agit *de facto* de la fréquence du son éventuellement émis par le système, même si il vibre aussi simultanément à d'autres fréquences plus élevées.

Q2 La flûte incorpore un sifflet, qui joue le rôle de vibreur, la colonne d'air dans la flûte jouant alors le rôle d'émetteur.

À contrario, avec une trompette, si on ne dispose pas les lèvres de façon appropriée, aucune vibration ne se fera entendre. Ce sont les lèvres qui vont jouer le rôle de vibreur dans ce cas.

Q3 Il est nécessaire de diminuer les intensités sonores émises. Pour cela il faut soit diminuer l'amplitude des vibrations de la partie de l'instrument responsable de l'émission, soit gêner le couplage avec l'air.

Avec une guitare électrique, l'intensité sonore émise est faible; il faut simplement qu'Anna branche la sortie de l'amplificateur sur un casque plutôt que sur des hauts parleurs.

Avec une batterie, il faut amortir les vibrations des colonnes d'air, donc une action sur le couplage avec l'air. Olivia pourrait remplir ses tambours de laine de verre.

Avec une trompette, on peut s'attendre à ce que la partie de l'instrument en cuivre émettant le son le plus fort est l'embouchure. Alphonse pourra trouver dans le commerce des cônes spéciaux, à enfoncer dans cette embouchure, et qui laissent l'air passer. Donc sans doute une action sur les vibrations de l'embouchure.

Q4 Si jamais les fréquences de vibration d'une telle caisse étaient quantifiées, la caisse ne vibrerait pas à certaines fréquences et vibrerait fortement à d'autres: les différentes notes n'auraient pas la même intensité sonore! Pour éviter une telle quantification, la caisse d'un violon ou d'une guitare a des formes complexes, résultat de siècles de mise au point allant parfois jusqu'à une perfection ultime dans la réalisation de l'objet technique.

Q5 Il faut savoir décrire ce que nous avons fait lors du TP de Spécialité n°11.

Q6 La source de vibration est la colonne d'air à l'intérieur du tube. Le verre constituant le tube assure le couplage avec l'air ambiant. On peut changer la fréquence du fondamental en ajoutant une certaine hauteur d'eau, afin de diminuer d'autant la hauteur de la colonne d'air.

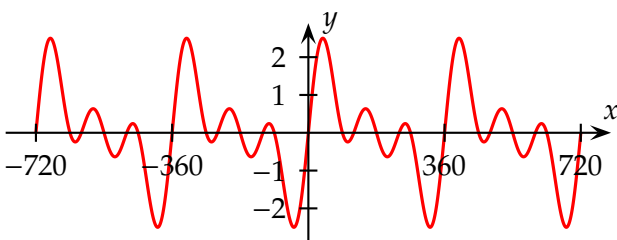
Q7 La corde peut uniquement vibrer à 880 Hz, qui correspond à sa seconde harmonique.

E

8.1 Son complexe

a. Il suffit de tracer la fonction d'équation :

$$y = f(x) = \sin x + \sin 2x + \sin 3x$$



b. Le son a la période et la fréquence du fondamental. On l'observe clairement avec la courbe: malgré la forme complexe, la période reste égale à T_1 , et donc la fréquence à f_1 .

8.2 Modes propres de vibration d'une corde

a. Trois fuseaux correspondent au troisième mode de vibration, $f_3 = 3f_1$.

b. Pour le fondamental :

$$f_1 = \frac{f_3}{3} = \frac{225}{3} = 75 \text{ Hz}$$

et pour les trois premières harmoniques :

$$f_2 = 150 \text{ Hz}; f_3 = 225 \text{ Hz} \quad \text{et} \quad f_4 = 300 \text{ Hz}$$

c. À priori, la vibration sonore n'est pas sinusoïdale, seul le diapason émettant une sinusoïde. Le son est très certainement complexe, formé d'une somme de sinusoïdes.

d. La fréquence du son émis est toujours celle du fondamental, donc $f_1 = 75 \text{ Hz}$.

8.3 N°12 p. 47 : Longueurs des tuyaux sonores

Avec cet exercice, on prends un peu d'avance sur la série n°9 sur les ondes stationnaires. La formule est donnée, donc il s'agit d'une simple application numérique :

$$f = \frac{V}{2L} \quad \Leftrightarrow \quad L = \frac{V}{2f}$$

f (Hz)	40	60	80	100	200	400	1000
L (m)	4,25	2,83	2,13	3,40	1,60	0,80	0,34

8.4 Guitare classique**8.5 Vibration sonore d'une colonne d'air**

★★
★

Correction 9

Ondes stationnaires

E

9.1 Corde de banjo

a. Masse linéique de la corde :

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{54 \cdot 10^{-2}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}$$

Célérité de l'onde :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{71}{2,0 \cdot 10^{-3}}} = 187 \text{ m.s}^{-1}$$

b. Le son fondamental correspond à l'apparition d'un seul fuseau de longueur $\lambda_1/2$ sur la corde. Donc :

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \quad \text{et} \quad \lambda_1 = \frac{v}{f_1}$$

$$\Rightarrow L = \frac{v}{2f_1} \quad \Leftrightarrow \quad f_1 = \frac{v}{2L}$$

Application numérique :

$$f_1 = \frac{187}{2 \times 0,54} = 173 \text{ Hz}$$

9.2 N°3 p. 55 : Tuyau sonore

Solution à la fin de votre livre.

9.3 Onde stationnaire dans un tuyau

a. La fréquence du fondamental est la plus petite valeur de f pour laquelle le tuyau émet un son audible. Il s'agit donc de $f_1 = 142 \text{ Hz}$.

b. La fréquence de 425 Hz correspond à $f_3 = 3f_1$. Sachant qu'à chaque extrémité du tuyau, il y a un ventre de vibration, et que la longueur du tuyau vaut $3\lambda_n/2$, il y a trois nœuds de vibration dans la colonne d'air (et aussi quatre ventres).

c. La longueur du tuyau et la longueur d'onde sont reliées par :

$$L = n \frac{\lambda_n}{2}$$

avec $n = 3$. La célérité v de l'onde étant connue, on en déduit :

$$L = 3 \frac{\lambda_3}{2} \quad \text{et} \quad \lambda_3 = \frac{v}{f_3}$$

$$\Rightarrow L = \frac{3v}{2f_3} = \frac{3v}{2 \times 3f_1} = \frac{v}{2f_1} = \frac{340}{2 \times 142} = 1,20 \text{ m}$$

d. En chauffant l'air, T augmente. La célérité étant une fonction croissante de la température T , elle augmente aussi. À la longueur L constante, on peut écrire d'après la question c :

$$L = \frac{v}{2f_1} \quad \text{donc} \quad f_1 = \frac{v}{2L}$$

f_1 est une fonction croissante de v donc de T . La fréquence f_1 et par conséquent toutes les fréquences $f_n = nf_1$ augmentent avec la température.

e. À $T' = 330 \text{ K}$, la célérité v' de l'onde vérifie :

$$v = k\sqrt{T} \quad \text{et} \quad v' = k\sqrt{T'} \quad \Rightarrow \quad \frac{v'}{\sqrt{T'}} = \frac{v}{\sqrt{T}}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}}$$

La longueur L reste inchangée donc :

$$L = \frac{v}{2f_1} = \frac{v'}{2f'_1}$$

et donc la fréquence f'_1 du mode fondamental vérifie :

$$\frac{f'_1}{f_1} = \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}} \quad \Rightarrow \quad f'_1 = f_1 \sqrt{\frac{T'}{T}}$$

Application numérique :

$$f'_1 = 142 \times \sqrt{\frac{330}{298}} = 149 \text{ Hz}$$

9.4 N°6 p. 55 et 56 : Résonance

9.5 N°13 p. 47 : Diapason

9.6 Tube de Kundt

a. Les tas correspondent à des nœuds de vibration, la poudre se regroupant là où les vibrations sont les plus faibles.

b. La distance entre tas donne la taille d'un fuseau :

$$\frac{\lambda}{2} = 11,0 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 22,0 \text{ cm}$$

La fréquence est donnée par :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,22} = 1545 \text{ Hz}$$

9.7 N°5 p. 55 : Tube de Kundt

Correction 10

Acoustique musicale

Q

Q1 $I = 1 \text{ W.m}^{-2}$ et $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$;

$$\Rightarrow L_{\text{dB}_A} = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 120 \text{ dB}_A$$

Q2 Le la_3 correspond à 440 Hz, trois demi-tons correspond à multiplier trois fois par l'intervalle d'une demi-ton $2^{1/12}$:

$$f_{\text{do}_4} = 440 \times 2^{\frac{3}{12}} = 523 \text{ Hz}$$

E

10.1 Double vitrage

Notons I_1 l'intensité sonore avant le double vitrage, I_2 l'intensité sonore après la vitre ; $L_{\text{dB}_A} = 35 \text{ dB}_A$, et on peut écrire :

$$L_{\text{dB}_A} = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = 10^{\frac{L_{\text{dB}_A}}{10}} = 10^{\frac{35}{10}} \approx 3162$$

Donc une atténuation des intensités d'un facteur 3 000 environ.

10.2 Consonance

Sept demi-tons correspondent à un intervalle de :

$$2^{\frac{7}{12}} \approx 1,4983$$

Des fréquences séparées par un intervalle de 1,5 correspondent à une quinte. Ici la consonance entre le do_3 et le sol_3 de la gamme tempérée est assez bonne. Divisons par la valeur d'un demi-ton en guise de comparaison :

$$\frac{1,5 - 1,4983}{2^{1/12}} = 0,16 \% \quad \text{d'écart}$$

ce qui est quasiment inaudible comme intervalle. La quinte de la gamme tempérée sonne donc assez bien à l'oreille.

10.3 N°1 p. 64 : Rangs des harmoniques

- $f_3 = 3f_1 = 783 \text{ Hz}$.
- $f_n = nf_1 = 1305 \text{ Hz}$, donc :

$$n = \frac{f_n}{f_1} = \frac{1305}{261} = 5$$

10.4 N°2 p. 64 : Étude d'un spectre sonore

- Son pur, spectre composé d'une seule fréquence, un seul harmonique, le fondamental. Fréquence $f_1 = 440 \text{ Hz}$ (il s'agit du La_3).
- a. La fréquence du son émis par la flûte est toujours $f_1 = 444 \text{ Hz}$, puisque la fréquence du son est toujours celle du fondamental.

Le spectre du son émis par la flûte incorpore maintenant une harmonique supplémentaire à la fréquence de 880 Hz, et puisque $880/440 = 2$, on peut noter $f_2 = 880 \text{ Hz}$.

- La valeur de l'intervalle entre les deux harmoniques vaut 2, soit une octave :

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{880}{440} = 2$$

On entend un son de même fréquence f_1 qu'initialement, mais de timbre différent.

10.5 N°6 p. 64 : Intensité et niveau sonore

- On note l'intensité sonore $I = 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$ et le niveau sonore L , tel que :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Application numérique :

$$L = 10 \log \frac{10^{-4}}{10^{-12}} = 80 \text{ dB}$$

- L'intensité sonore est une grandeur additive, telle que :

$$I_{\text{total}} = I + I = 2I$$

Ce n'est pas le cas du niveau acoustique :

$$L_{\text{total}} = 10 \log \frac{I_{\text{total}}}{I_0} = 10 \log \frac{2I}{I_0}$$

$$\Rightarrow L_{\text{total}} = L + 10 \log 2$$

$$\Rightarrow L_{\text{total}} = 83 \text{ dB}$$

10.6 N°16 p. 66 : Sons consonants

- Pour calculer les fréquences des sons consonants, il suffit de multiplier la fréquence du do_3 par le rapport indiqué. On obtient la liste des fréquences ci-dessous, en hertz, dans l'ordre du texte (quinte, quarte, tierce majeure, tierce mineure, sixte majeure, sixte mineure).

392,4	348,8	327,0	313,9	436,0	418,6
-------	-------	-------	-------	-------	-------

2. La hauteur relative est un calcul basé sur le logarithme des rapports des fréquences, qui s'exprime en savarts, et n'a rien d'amusant à calculer. En revanche il est bien plus intéressant de regarder si les sons consonants précédents correspondent ou pas à l'une des notes de la gamme tempérée. Pour cela, on part toujours de la fréquence du do_3 , et on multiplie successivement par l'intervalle correspondant à un demi-ton :

$$2^{1/12}$$

jusqu'à obtenir la fréquence du do_4 . Les résultats sont reportés dans le tableau de fréquences ci-dessous, en hertz, le do_4 étant le dernier de la liste :

do#	ré	ré#	mi	fa	fa#
277,2	293,6	311,1	329,6	349,2	370,0
sol	sol#	la	la#	si	do
392,0	415,3	440,0	466,1	493,8	523,2

J'ai donné leurs noms aux notes, conformément à la gamme tempérée (en ne gardant que des dièzes).

Savoir de tels noms nécessite un petit effort de mémoire, puisqu'il faut connaître sa gamme tempérée, ce qui n'est pas explicitement demandé dans le programme de Physique de Terminale S.

Si on compare les deux tableaux, on constate que la gamme tempérée permet une assez bonne exécution de la quinte do-ré, de la quarte do-fa, de la tierce majeure do-mi, de la tierce mineure do-ré#, les sixtes étant quant à elles légèrement plus fausses en do-la et en do-sol#.

10.7 Microtuyau

10.8 Audiogramme

10.9 Spectres mélangés

Le la_3 correspond à une note de hauteur plus élevée que le do_3 . Donc les spectres ③ et ④, avec leur fondamentales de fréquence plus élevée que ② et ①, correspondent aux la_3 .

Les spectres ③ et ④, plus riches que les deux autres, correspondent à la flûte.

★ ★
★

Correction 11

Dosages par étalonnage

E

11.1 Bleu de méthylène dans un collyre

- a. Il s'agit d'une dilution à partir de la solution S, de concentration massique $t_S = 0,5 \text{ g.L}^{-1}$. En notant t la concentration massique recherchée :

$$t_S V_S = t(V_S + V_{\text{eau}}) \Rightarrow t = t_S \frac{V_S}{V_S + V_{\text{eau}}}$$

avec $V_S + V_{\text{eau}} = 20 \text{ mL}$ dans tous les cas. D'où les résultats :

Tube n°	1	2	3	4	5	6	7	8
$t \text{ (g/L)}$	0,025	0,050	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35

- b. Il faut comparer les teintes de solutions sur un fond blanc, et surtout bien verser le collyre dans un tube à essais identique à ceux utilisés pour l'échelle de teinte, afin de comparer des solutions de même épaisseur (analogue de la longueur de la cuve en spectrophotométrie).
- c. Le fabricant annonce $0,2 \text{ mg/mL}$ soit $0,2 \text{ g/L}$ pour son collyre, il y a donc accord parfait.

11.2 Colorants alimentaires dans le sirop de menthe

- a. Pour le colorant E102, on a un seul maximum, à $\lambda_{\text{max}} = 425 \text{ nm}$. Cette longueur d'onde correspond au violet, la couleur complémentaire est le jaune. Pour le colorant E131, on a deux maximums, à $\lambda_{\text{max}} = 410 \text{ nm}$ et $\lambda_{\text{max}} = 630 \text{ nm}$. Le maximum principal est dans le orange, la couleur complémentaire est le bleu.
- b. Pour la solution de sirop de menthe, on a deux maximums à 425 nm et 630 nm . Cette solution contient donc les deux colorants E131 et E102, l'indication de l'étiquette est confirmée. On confirme aussi la couleur verte du sirop de menthe, synthèse des couleurs jaune et bleu.
- c. À $\lambda = 475 \text{ nm}$, on effectue une lecture graphique de l'absorbance de chaque solution :

$$\begin{cases} A_{102} = 0,63 \\ A_{\text{menthe},102} = 0,96 \end{cases}$$

On fait l'hypothèse que la loi de Beer-Lambert est valable, c'est-à-dire qu'il y a proportionnalité entre absorbance et concentration :

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} A_{102} &= k c_{102} \\ A_{\text{menthe},102} &= k c_{\text{menthe},102} \end{aligned} \right\} \Rightarrow k = \frac{A_{102}}{c_{102}} = \frac{A_{\text{menthe},102}}{c_{\text{menthe},102}} \\ \Rightarrow c_{\text{menthe},102} &= c_{102} \frac{A_{\text{menthe},102}}{A_{102}} \end{aligned}$$

Application numérique :

$$c_{\text{menthe},102} = 4,0 \times \frac{0,96}{0,63} = 6,1 \text{ mg.L}^{-1}$$

Pour le sirop lui-même, vu qu'il a été dilué au $1/25^{\text{e}}$:

$$c_{\text{sirop},102} = 25 \cdot c_{\text{menthe},102} = 153 \text{ mg.L}^{-1}$$

On ne s'est pas placé à $\lambda_{\text{max}} = 425 \text{ nm}$ car à cette longueur d'onde, le colorant E102 n'est pas la seule espèce absorbant la lumière : le colorant E131 peut aussi participer à l'absorption. Or la loi de Beer-Lambert nécessite de travailler à une longueur d'onde où seule la substance considérée absorbe.

- d. Pour cette détermination, on se place à $\lambda_{\text{max}} = 630 \text{ nm}$, le colorant E131 étant la seule espèce absorbante. On effectue à nouveau une lecture graphique des absorbances :

$$\begin{cases} A_{131} = 1,23 \\ A_{\text{menthe},131} = 1,85 \end{cases}$$

Avec la même hypothèse que précédemment :

$$c_{\text{menthe},131} = c_{131} \frac{A_{\text{menthe},131}}{A_{131}}$$

Application numérique :

$$c_{\text{menthe},131} = 1,4 \times \frac{1,85}{1,23} = 2,1 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow c_{\text{sirop},131} = 25 \cdot c_{\text{menthe},131} = 52,5 \text{ mg.L}^{-1}$$

- e. La DJA est la dose journalière admissible. Effectuons les calculs pour un enfant de 20 kg : les maximums sont de $7,5 \times 20 = 150 \text{ mg}$ en E102 et $2,5 \times 20 = 50 \text{ mg}$ en E131.

Si on compare aux concentrations massiques calculées, on voit que la consommation quotidienne en sirop ne doit pas dépasser :

$$\frac{150}{153} \approx 1 \text{ L pour E102}$$

$$\frac{52,5}{50} \approx 1 \text{ L pour E131}$$

En général le sirop se boit dilué avec 7 fois son volume d'eau, donc un volume total de 8 litres de boisson. Ce maximum est facile à atteindre, ces colorants étant présents dans de très nombreuses confiseries françaises. Ces colorants provoquent de l'asthme et de l'urticaire, et sont suspectés comme étant cancérigènes. Ils sont prohibés dans de nombreux pays.

11.3 Pourcentage en masse de cuivre dans un laiton

11.4 N°2 p. 130 : Élément fer dans le vin blanc

Correction 12

Dosages par précipitation & complexation

E

12.1 N°1 p. 147 : Dureté d'une eau

12.2 N°2 p. 147 : Salinité de la glace de mer

12.3 Titrage des ions sulfate dans une eau minérale

a. Un grand bécher permet d'adapter le contenant au contenu. L'ajout d'eau distillée permet de bien immerger la cellule conductimétrique, et de se placer avec une solution diluée, pour laquelle le lien entre conductance et concentration est linéaire.

b. Avant l'équivalence, les ions baryum, en défaut par rapport aux ions sulfate provenant de l'eau minérale, sont absents de la solution. Donc les seuls ions présents sont : les ions sulfate, oxonium, hydroxyde, chlorure.

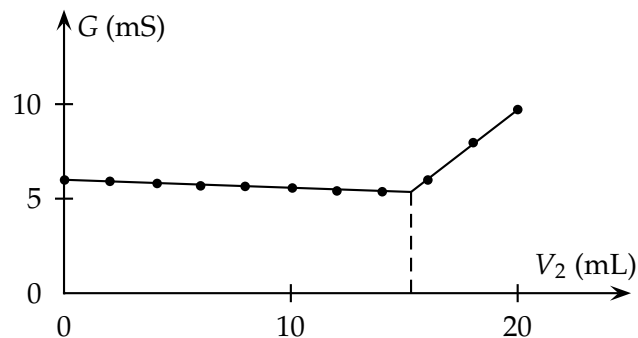
Les ions sulfate disparaissent progressivement, remplacés par des ions chlorure provenant de la solution titrante versée. Si on compare les conductivités de ces ions, $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ contre $2 \times 7,6 \cdot 10^{-3} = 1,52 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$, deux ions chlorure remplacent un seul ion sulfate en provoquant une très faible diminution de la conductivité de la solution.

c. Après l'équivalence, il n'y a quasiment plus d'ions sulfate (les réactions de précipitation sont très souvent très fortement déplacées dans le sens de formation du précipité). Les ions baryum ajoutés ne sont plus consommés, et rien ne vient compenser l'apport supplémentaire d'ions chlorures. La conductivité de la solution augmente donc fortement.

d. Pour déterminer les coordonnées du point d'équivalence, on modélise les mesures par deux droites, le

point d'équivalence correspondant à l'intersection :

$$V_{2E} = 15,3 \text{ mL}$$



e. En notant c la concentration en ions sulfate inconnus et $V = 50 \text{ mL}$ le volume d'eau minérale Hépar versé :

$$cV = c_2V_2 \Rightarrow c = c_2 \frac{V_2}{V}$$

Application numérique :

$$c = 5,0 \cdot 10^{-2} \times \frac{15,3}{50} = 1,53 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

On demande la concentration massique, ce qui nécessite de calculer la masse molaire des ions sulfate :

$$M = 32,0 + 4 \times 16,0 = 96 \text{ g.mol}^{-1}$$

Le lien entre la concentration massique t et la concentration molaire c est :

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = nM \Rightarrow t = cM$$

Application numérique :

$$t = 1,53 \cdot 10^{-2} \times 96 = 1,47 \text{ g.L}^{-1}$$

★★

Correction 13

Dosages indirects

Q

Q1 Définition des mots-clés :

Dosage Méthode de détermination d'une quantité de matière.

Titration Dosage dans lequel le réactif titré et le réactif titrant réagissent l'un avec l'autre.

Direct Un titrage est direct quand chaque ajout de réactif titrant est immédiatement et totalement consommé par le réactif titré avant l'équivalence.

Indirect Dosage qui se décompose en deux étapes, d'une part le traitement de l'espèce à titrer, et d'autre part le titrage direct du réactif ou des produits restant ou formés.

Prise d'essai Prélèvement de réactif titré, dont on connaît précisément le volume.

Spécifique Synonyme pour nous d'univoque, ou unique : réaction qui s'effectue exclusivement avec le réactif titré.

pH-métrique Titration directe dans lequel le pH constitue la grandeur observable, mesurée tout au long des ajouts de solution titrante. C'est aussi un dosage par étalonnage (mot-clef présent ici uniquement en guise de révision).

Colorimétrique Titration directe dans lequel l'observable est la couleur d'un indicateur coloré.

Conductimétrique Titration directe dans lequel la conductimétrie constitue la grandeur observable, mesurée tout au long des ajouts de solution titrante.

Q2 Rapide, totale, unique, équivalence facile à repérer.

Q3 Lorsque aucune réaction de dosage direct satisfaisant aux critères précédents n'a été trouvée, on a recours à une transformation préliminaire pour obtenir un réactif plus facile à titrer.

Q4 La première réaction d'un dosage indirect doit être totale. Si de plus elle est rapide, cela ne gêne rien (mais on peut toujours l'accélérer, si il faut).

Q5 Un dosage indirect peut faire intervenir plus de deux réactions chimiques ;

Cependant, la dernière réaction d'un dosage indirect sera toujours forcément un dosage direct — sinon, ce n'est pas encore la dernière étape !

Q6 Dans un dosage, on connaît les volumes de solution titré et titrante, ainsi que la concentration de solution titrante. Ces données permettent alors de trouver la concentration de la solution titrée, et par suite la quantité de réactif titré.

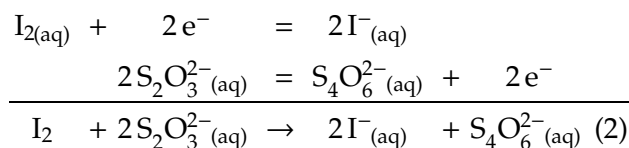
E

13.1 Doage d'une eau de Javel

a. Pour cette dilution, il faut disposer d'une fiole jaugée de 50,0 mL, d'une pipette jaugée de 5,0 mL et d'une poire aspirante. Il faut prélever la solution d'eau de Javel à la pipette munie d'une propipette, et transvaser cette prise dans la fiole. Ensuite il faut compléter jusqu'au trait de jauge sans oublier d'homogénéiser à la fin. Bien entendu toutes ces manipulations nécessitent gants, blouse, lunette.

b. Pour le prélèvement de solution S, le nombre de chiffres significatifs impose la pipette jaugée de 10,0 mL munie de sa poire aspirante. Quant au volume de thiosulfate de sodium, on peut se satisfaire d'un prélèvement à la pipette graduée ou à l'éprouvette graduée.

c. Commençons par écrire l'équation de dosage :



d. À l'équivalence, les quantités de diiode étant notées avec un indice 2 :

$$\frac{1}{2}c_1V_{1,E} = c_2V_2 = n_{\text{I}_2}$$

La quantité de matière de diiode présent lors de ce dosage (2) est la même que celle qui a été produite lors de la réaction (1). On en déduit donc la quantité d'ions hypochlorite $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ initialement présents dans le prélèvement de volume V :

$$n_{\text{ClO}^-} = n_{\text{I}_2} = \frac{c_1V_{1,E}}{2}$$

où l'on a utilisé le fait que ce réactif et ce produit ont le même coefficient stœchiométrique dans l'équa-

tion (1). On peut alors trouver la concentration en ions hypochlorite dans la solution diluée S :

$$c = \frac{n_{\text{ClO}^-}}{V} = \frac{c_1 V_{1,E}}{2V}$$

Application numérique :

$$c = \frac{0,10 \times 10,0}{2 \times 50,0} = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$$

et pour la solution commerciale :

$$c_{\text{com}} = 50c = 50 \times 0,010 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$$

Dans la réaction définissant le degré chlorométrique, le réactif $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ et le produit $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ ont le même coefficient stœchiométrique ; donc, pour 1 litre de solution d'eau de Javel, la quantité de dichlore formée est :

$$n_{\text{Cl}_2} = c_{\text{com}} V_{\text{com}} = 0,50 \times 1 = 0,50 \text{ mol}$$

Dans les conditions de la définition, en supposant le gaz formé parfait :

$$PV_{\text{Cl}_2} = n_{\text{Cl}_2} RT \Rightarrow V_{\text{Cl}_2} = \frac{n_{\text{Cl}_2} RT}{P}$$

Application numérique :

$$V_{\text{Cl}_2} = \frac{0,5 \times 8,314 \times 273}{1,013 \cdot 10^5} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow V_{\text{Cl}_2} = 11 \text{ L} \Rightarrow 11^\circ \text{chl}$$

Nous sommes très proche des 12°chl annoncés. N'oublions pas que l'eau de Javel ne se conserve pas, trouver un chiffre inférieur est normal.

13.2 N°2 p. 141 : Dosage de la vitamine C

13.3 N°3 p. 141 : Degré alcoolique d'un vin

- Facteur de dilution de 10.
- $$\begin{array}{r} \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4\text{e}^- \quad \times 3 \\ \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}_3\text{O}^+ + 6\text{e}^- = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \quad \times 2 \\ \hline 3\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 4\text{Cr}^{3+} + 11\text{H}_2\text{O} + 3\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \end{array}$$
 - L'acide sulfurique apporte les ions oxonium consommés par la réaction.
 - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{3+}$
- La présence du flacon témoin ne rend pas utile la connaissance de la concentration précise de la solution de dichromate de potassium.
- Il faut $19,8 - 7,9 = 11,9$ mL de solution contenant les ions fer (II) pour titrer les ions dichromate restants. Il a fallu 19,8 mL de solution contenant les ions fer (II) pour titrer 10 mL de solution contenant les ions dichromate ; il faut donc $(7,9 \times 10) / 19,8 = 4,0$ mL de solution contenant les ions dichromate pour oxyder l'éthanol contenu dans S_2 .
 - 1 mL de solution contenant les ions dichromate oxyde 0,01 mL d'éthanol pur, donc il y a 0,040 mL d'éthanol dans S_2 et 4,0 mL d'éthanol dans S_1 . Le degré alcoolique du vin est 4° .
 - Ce titrage est indirect, car l'éthanol dosé n'est pas réactif dans la réaction support au titrage.

★★

Correction 14

Séparations en hydrométallurgie

Q

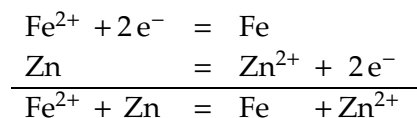
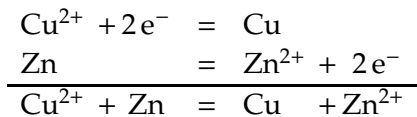
Q1 Voir "Révision & résumé"

Q2 L'or et l'argent sont des métaux inoxydables, à contrario du fer, du cuivre ou du zinc, donc les réactions d'oxydation ont des constantes d'équilibre de valeurs élevées : l'équilibre est très déplacé dans le sens de l'oxydation du métal.

Q3 Le soufre et l'oxygène sont positionnés en colonne VI, ils appartiennent à la même famille. Ils ont donc les mêmes propriétés chimiques, et forment des composés analogues. $ZnO_{(s)}$ pour l'oxyde de zinc, donc $ZnS_{(s)}$ pour le sulfure de zinc.

Q4 $Cu_2O_{(s)}$; $CuO_{(s)}$; $Al_2O_{3(s)}$; $TiO_{2(s)}$.

Q5 Les ions cuivre (II) et fer (II) subissent une réduction, l'oxydant étant le zinc $Zn_{(s)}$:



Les impuretés (cuivre et fer) sont maintenant à l'état de métaux solides et peuvent être facilement éliminées. Le défaut de cette méthode est de faire intervenir le métal zinc, que l'on veut au contraire produire et pas consommer.

E

14.1 Séparation des ions zinc et fer

14.2 Purification de la bauxite

14.3 N°3 p. 153 : Production du dioxyde de titane

1. Remarque : cet énoncé ne tient pas compte de l'arrivée des téléphones portables, relativement récente (environ quinze ans), dont l'électronique haute fréquence consomme des quantités énormes de titane.

a. Les trois étapes indiquées dans l'énoncé sont :
1) l'attaque du minerai par l'acide sulfurique, 2) l'hydrolyse de la solution obtenue, et 3) la calcination.

b. Étape n°1 : $TiO_{2(s)}$ impur du minerai $\rightarrow Ti_{(aq)}^{4+}$;
Étape n°2 : ions $Ti_{(aq)}^{4+} \rightarrow$ hydroxyde $Ti(OH)_{2(s)}$;
Étape n°3 : $Ti(OH)_{2(s)} \rightarrow$ oxyde $TiO_{2(s)}$ pur.

2. Pour répondre à ces questions, on s'inspira de l'exercice précédent, sur la purification de la bauxite.

a. L'attaque de la bauxite est effectuée par l'hydroxyde de sodium (soude) concentré dans le procédé Bayer.

b. Sous forme d'ions aluminium (III) $Al^{3+}_{(aq)}$.

c. Précipité blanc d'hydroxyde d'aluminium (III) $Al(OH)_{3(s)}$.

d. L'oxyde obtenu est l'alumine $Al_2O_{3(s)}$.

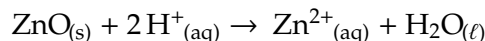
14.4 N°6 p. 154 : Hydrométallurgie du zinc

A. Cet énoncé peut être un bon moyen de réviser le TP de Spécialité n°17. Le thème du zinc est cependant très légèrement moins "à la mode" ces derniers temps (mais je peux me tromper).

1. Dans 10,0 g de calcine, on a :

$$m_{zinc} = \frac{49,0}{105,0} \times 10,0 = 4,7 \text{ g}$$

2. Équation de la réaction :



Pour faire réagir tout l'oxyde de zinc, il faut :

$$n_{H^+ (i)} = 2 \times n_{ZnO (i)} = 2 \times \frac{m_{ZnO (i)}}{M_{ZnO}}$$

$$n_{H^+ (i)} = 2 \times \frac{4,7}{65,4 + 16} = 0,115 \text{ mol}$$

3. Si le rendement est de 80 %, on obtient :

$$n_{Zn^{2+} (p)} = \frac{80}{100} \times n_{ZnO (i)} = 57,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4. $Pb^{2+}_{(aq)}$, $Cu^{2+}_{(aq)}$ et $Fe^{3+}_{(aq)}$.

B. Pour bien comprendre cette seconde partie de la manipulation, il faut savoir que l'oxyde de zinc ZnO a des propriétés acido-basiques. Son ajout va donc permettre de maîtriser le pH, sans pour autant ajouter des impuretés ni effectuer de dilution.

1. Précipité $Fe(OH)_{3(s)}$ pour $pH < 5$.

2. Pour ne pas faire précipiter l'hydroxyde de zinc.

3. a. Il reste à éliminer $Cu^{2+}_{(aq)}$.

b. Précipité bleu $Cu(OH)_{2(s)}$.

C. Cette dernière partie est l'objet de la question n°5 du présent énoncé.

Correction 15

Applications de l'électrolyse

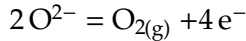
E

15.1 Électrolyse de l'alumine

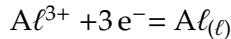
- a. Les électrodes de carbone sont *inertes*, elles ne participent pas à la réaction. De plus, elles conduisent très bien le courant.
- b. C'est l'effet Joule, dû au passage du courant dans l'électrolyte, qui présente une résistance électrique non nulle, qui explique le fort échauffement de l'électrolyte, apte à le maintenir en fusion.
- c. Espèces chimiques présentes : Al^{3+} , O^{2-} .

Couples en jeu (cf données) : (Al^{3+} / Al) ; (O_2 / O^{2-}) .

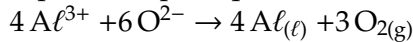
Oxydation à l'anode :



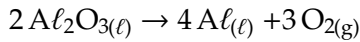
Réduction à la cathode :



Trois fois la première plus quatre fois la seconde :



Si on prends l'alumine en fusion comme réactif de départ :



En pratique, l'aluminium liquide, plus dense que l'alumine, coule au fond de l'électrolyseur, et le dioxygène se dégage en grosses bulles à la surface, évitant que les deux produits se rencontrent et ne donnent immédiatement lieu à la réaction inverse, spontanée (ce qui ne manquerait pas de faire exploser l'usine au passage, car cette réaction serait explosive à une telle température).

- d. Puissance consommée :

$$\mathcal{P}_{\text{él}} = UI = 4 \times 300 \cdot 10^3 = 1,2 \text{ MW}$$

Lors de la réaction précédente, il se forme 4 moles d'aluminium pour $n(e^{-}) = 12$ moles d'électrons échangés. On en déduit la durée de fonctionnement de l'électrolyseur :

$$I \cdot \Delta t = n(e^{-}) \cdot \mathcal{F} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{n(e^{-}) \mathcal{F}}{I}$$

Application numérique :

$$\Delta t = \frac{12 \times 96\,500}{300 \cdot 10^3} = 3,86 \text{ s}$$

On en déduit l'énergie électrique consommée :

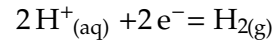
$$E_{\text{él}} = \mathcal{P}_{\text{él}} \cdot \Delta t = 1,2 \cdot 10^6 \times 3,86 = 4,6 \text{ MJ}$$

L'aluminium est très onéreux car il nécessite une grande quantité d'énergie pour sa fabrication.

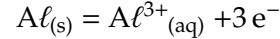
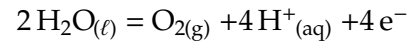
15.3 Affinage du cuivre

15.2 Anodisation de l'aluminium

- a. Espèces chimiques présentes : $Al_{(s)}$, puisque la mince couche d'alumine a été initialement dissoute par l'acide sulfurique de l'électrolyte (voir données); $H_2O_{(l)}$; $H^{+}_{(aq)}$; $SO_4^{2-}_{(aq)}$.
Couples en jeu : (Al^{3+} / Al) ; (O_2 / H_2O) ; (H^{+} / H_2) .
Réduction à la cathode :

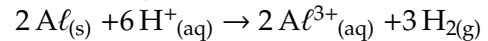


Oxydations à l'anode :



Rien n'est dit sur l'oxydation de l'eau à l'anode, on suppose que la tension appliquée à l'électrolyseur est suffisamment faible pour l'éviter. Idem en ce qui concerne les ions sulfate, en l'absence de couple donnés on les ignore.

Bilan de l'électrolyse :



- b. L'alumine est un (piètre) isolant électrique. Pour cette raison, il est essentiel d'éliminer cette première fine couche avant d'en créer une seconde bien plus épaisse.

C'est l'aluminium de l'anode qui est utilisé pour former l'alumine, on ne peut donc pas considérer qu'il s'agit d'un dépôt comme lors d'un étamage ou d'un zingage. C'est la corrosion profonde de l'aluminium qui assure la formation de la précieuse couche anti-corrosion !

- c. Lors de la formation de $x = 2$ moles d'alumine, sont consommés $n(e^{-}) = 6$ moles d'électron, donc le triple.

La quantité de charge nécessaire à l'anodisation dont il est question ici vaut :

$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^{-}) \cdot \mathcal{F} \quad \Leftrightarrow \quad n(e^{-}) = \frac{I \cdot \Delta t}{\mathcal{F}}$$

Application numérique :

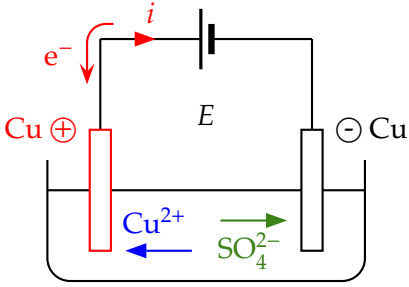
$$\Rightarrow n(Al_2O_3) = 3 \frac{0,35 \times 10 \times 60}{96\,500} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Masse d'alumine correspondante :

$$m(Al_2O_3) = n(Al_2O_3) \cdot M(Al_2O_3)$$

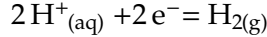
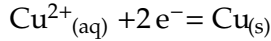
$$\Rightarrow m(Al_2O_3) = 6,5 \cdot 10^{-3} \times 102,0 = 0,67 \text{ g}$$

a.

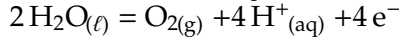
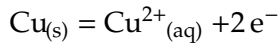


b. Il s'agit comme nous allons le montrer tout à l'heure d'une électrolyse à anode soluble; il faut placer le blister à l'anode.

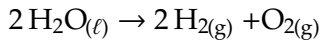
c. Espèces chimiques présentes : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$; $\text{Cu}_{(\text{s})}$; $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$; $\text{H}^+_{(\text{aq})}$; $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$.
Couples en jeu : $(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu})$; $(\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O})$; $(\text{H}^+ / \text{H}_2)$.
Réductions à la cathode :



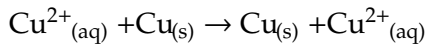
Oxydations à l'anode :



On constate d'une part l'électrolyse de l'eau, deux fois la deuxième demi-équation plus la quatrième :

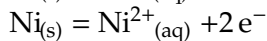
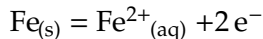


Une tension d'électrolyse faible permet d'éviter cette réaction énergivore. Une seconde réaction peut avoir lieu, en additionnant la première et la troisième demi-équations :



Le bilan net est nul, mais en pratique le cuivre se détache de l'anode pour aller se déposer sur la cathode, cette fois à l'état quasiment pur.

d. Les éléments or et argent, métaux précieux difficilement oxydables, se déposent au fond de l'électrolyseur ; les éléments fer et nickel sont oxydés à l'anode :



e. Parler d'électrolyse à anode soluble est un abus de langage. En effet, l'anode ne se dissout au sens d'une solvatation, elle est consommée dans la réaction d'électrolyse. On a donc à faire à une réaction chimique, pas à la séparation, la dispersion et la solvatation d'ions comme dans la dissolution d'un cristal ionique comme NaCl .

f. Pour $x = 1$ mole de cuivre déposée, on a $n(e^-) = 2$ moles d'électrons échangés ; donc :

$$n(e^-) = 2n(\text{Cu}) = 2 \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})}$$

$$n(e^-) = 2 \frac{30,0}{63,5} = 0,944 \text{ mol}$$

$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot \mathcal{F} \Leftrightarrow I = \frac{n(e^-) \cdot \mathcal{F}}{\Delta t}$$

Application numérique :

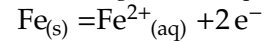
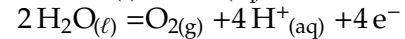
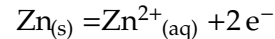
$$I = \frac{0,944 \times 96\,500}{30 \times 60} = 101 \text{ A}$$

15.4 Électrozingage

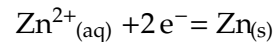
a. Espèces chimiques présentes : $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$; $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$; $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$; $\text{Zn}_{(\text{s})}$; $\text{Fe}_{(\text{s})}$ (constituant majoritaire des tôles d'acier).

Couples mis en jeu : $(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn})$; $(\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O})$; $(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe})$.

Oxydations à l'anode :



Réduction à la cathode :



b. La pièce d'acier, destinée à recevoir le dépôt de zinc, doit être placée à la cathode. L'électrode de zinc doit être placée à l'anode.

c. $\text{Zn}_{(\text{s})} + \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Zn}_{(\text{s})}$

d. La surface recto-versode la plaque vaut $2 \times 2,00 \times 1,30 = 5,20 \text{ m}^2$. On doit donc déposer une masse minimale de zinc de :

$$m(\text{Zn}) = 40 \times 5,20 = 208 \text{ g}$$

Sachant d'après les équations aux électrodes que $n(e^-) = 2$ moles d'électrons sont échangés lors du dépôt d'une mole de zinc,

$$n(e^-) = 2n(\text{Zn}) = 2 \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = 2 \frac{208}{65,4} = 6,36 \text{ mol}$$

$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot \mathcal{F} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{n(e^-) \cdot \mathcal{F}}{I}$$

Application numérique :

$$\Delta t = \frac{6,36 \times 96\,500}{10,0} = 61\,400 \text{ s} \approx 17 \text{ h}$$

e. La concentration de l'électrolyte reste inchangée.

f. Épaisseur e :

$$e = \frac{V}{S} = \frac{m}{S\mu} = \frac{0,208}{5,2 \times 7140} = 5,6 \mu\text{m}$$

★★

Correction 16

Transmission d'information par les ondes électromagnétiques

Q

Q1 N°1 p. 74 Ce sont les oscillations des porteurs de charge (électrons) dans l'antenne, sous l'effet du signal électrique appliqué à celle-ci, qui expliquent l'émission d'une onde électromagnétique. La fréquence de cette onde est rigoureusement égale à celle du signal électrique appliqué à l'antenne émettrice.

Q2 N°2 p. 71 $\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$.

Longueur d'onde λ en mètres, célérité c de l'onde électromagnétique dans le vide en mètres par seconde (vitesse de la lumière dans l'air très proche de celle dans le vide), fréquence ν en hertz (Hz), ou s^{-1} .

La relation est bien homogène.

Q3 N°4 p. 74 Voir figure 8 page 71 du livre : longueurs d'onde entre 1 et 100 mètres pour les ondes courtes, entre 100 mètres et 1 kilomètre pour les grandes ondes. Parfois on parle aussi à ce propos respectivement d'ondes décimétriques, hectométriques, kilométriques.

Q4 N°6 p. 75 Relation mathématique représentant une onde sinusoïdale, à bien savoir par cœur :

$$u(t) = U_m \cos(2\pi ft + \phi_0)$$

Parfois on donne plutôt cette relation par rapport à la période $T = 1/f$ du signal :

$$u(t) = U_m \cos\left(2\pi \frac{t}{T} + \phi_0\right)$$

Q5 N°7 p. 74 Seule la réponse a est incorrecte. La vitesse de propagation des ondes dépend bien sûr du milieu et de la fréquence, selon des lois complexes, mais

dans notre cas le milieu de propagation est l'air, supposé sec : la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air est proche de $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ (indice $n_{\text{air}} \approx 1$) sur de très larges domaines de fréquences.

Q6 N°10 p. 74 La bonne réponse est c, les rayonnements hertziens traversent la ionosphère et permettent la communication avec les satellites. Cette question est un piège, car les ondes kilométriques ou grandes ondes sont, elles, effectivement réfléchies par la ionosphère.

Q7 L'appareil permettant une connexion à l'internet à bas débit est le Modem, contraction du terme « modulateur démodulateur ». En effet, cet appareil *module* (= transforme) les signaux informatiques de l'ordinateur en signaux sonores, véhiculés comme la voix par le téléphone, et *démodule* les signaux sonores reçus du fournisseur d'accès internet en données informatiques.

Le domaine de fréquence de ces signaux est celui des ondes sonores. Pour le téléphone le domaine de fréquences se limite de quelques dizaines de hertz à 4 kHz, suffisant pour une conversation audible. On ne peut pas utiliser la ligne pour téléphoner en même temps, et la bande de fréquence, assez réduite, ne permet pas un débit d'informations très élevé (bas débit).

En revanche pour l'internet haut débit, ou ADSL, le domaine de fréquence s'étend de 10 kHz à 1 104 kHz (source : Wikipédia). On peut alors toujours utiliser la ligne pour téléphoner. L'emploi de filtres ADSL peut améliorer la qualité des conversations. La bande de fréquence étant bien plus large, le débit d'informations que l'on peut faire transiter est plus important (haut débit).

E

16.1 Poste radio

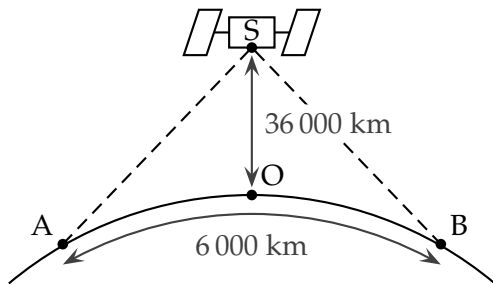
- Le domaine des fréquences audibles s'étend de 20 Hz à 16 kHz. Les ondes AM ont des porteuses de 540 kHz à 1 600 kHz, et de 88 MHz à 106 MHz en FM, c'est-à-dire de deux à cinq facteurs dix au dessus des fréquences audibles.
- On peut entendre les émissions de radio car un poste de radio *démodule* la porteuse de haute fréquence, restituant l'information de basse fréquence qu'elle

recèle.

- AM signifie *Amplitude Modulation*, pour modulation d'amplitude (variation de l'amplitude de la porteuse, $U_m = u_{\text{signal}}(t)$ avec u_{signal} le signal basse fréquence à transmettre).
FM signifie *Frequency Modulation*, pour modulation de fréquence (variation de la fréquence de la porteuse, $f = u_{\text{signal}}(t)$).

16.2 Communication transatlantique

- a. Le signal à transmettre est le signal capté par le micro du téléphone, donc signal électrique de basse fréquence.
- b. Dans le premier cas, satellite de télécommunication, la porteuse est une onde de haute fréquence, apte à traverser l'atmosphère.
Dans le seconde cas, fibre optique, la porteuse est un signal lumineux, donc aussi une onde électromagnétique de haute fréquence, de l'ordre de 10^{14} Hz.
- c. Dans le premier cas, le milieu de propagation est l'air de l'atmosphère et le vide dans l'espace. Dans le second cas, le milieu de propagation est le plastique transparent de la fibre optique.
- d. Représentation du trajet du signal entre les deux villes (échelle non respectée sur le schéma) :



Le satellite S étant à une altitude élevée par rapport à la distance entre les deux villes A et B, on peut considérer que :

$$SA = SB \approx 36\,000 \text{ km}$$

Ainsi l'onde électromagnétique parcourt 72 000 km à la vitesse de la lumière (l'indice de l'air vaut quasiment 1, indice du vide). Donc le retard imputable au signal passant par le satellite vaut :

$$\tau_s = \frac{d_s}{c} = \frac{72\,000 \text{ km}}{3 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}} = 0,24 \text{ s}$$

Par la fibre optique, l'indice valant $n = 1,5$, le signal se déplace plus lentement mais parcourt une distance plus faible :

$$v = \frac{c}{n} \Rightarrow \tau_f = \frac{d_f}{v} = \frac{nd_f}{c} = 0,030 \text{ s}$$

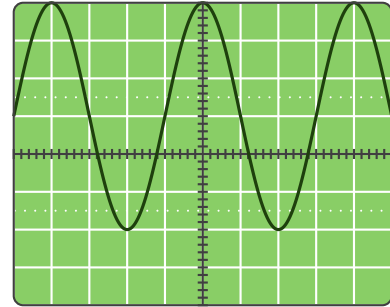
La durée de la transmission est quasiment dix fois plus faible par la fibre optique.

- e. Le décalage de temps ne sera gênant dans une conversation que pour une communication par satellite. Il faut aussi remarquer ici que le débit permis par le satellite est bien plus faible. En revanche le satellite a comme avantage de pouvoir véhiculer des appels depuis n'importe quel point, il suffit pour cela de disposer d'un téléphone portable adapté.

16.3 N°16 p. 75 : Tension sinusoïdale

- 1. Amplitude : $U_m = 4 \times 3 = 12 \text{ V}$.

- 2. Période : $T = 0,1 \times 4 = 0,4 \text{ ms}$;
Fréquence : $f = \frac{1}{T} = 2,5 \text{ kHz}$.
- 3. Oscillogramme demandé :



- 4. La phase à l'origine est nulle : $\phi_0 = 0$. D'où l'expression mathématique :

$$u(t) = U_m \cos(2\pi ft + \phi) = 12 \cos(15\,708 t)$$

16.4 Paramètre d'une tension

- a. Les données demandées sont celles qui interviennent dans l'expression suivante de la tension :

$$u(t) = U_m \cos(2\pi ft + \phi_0)$$

Lecture graphique de l'amplitude : $U_m = 0,5 \text{ V}$.

À $t = 0$, $u(0) = U_m \cos \phi_0 = 0$ donc $\phi_0 = \pm \frac{\pi}{2}$. Pour déterminer le signe de la phase, il suffit de comparer le signe de la dérivée de la tension $u(t)$ pour $t = 0$ avec la pente de la courbe à l'origine :

$$\frac{du}{dt} = -2\pi f U_m \sin(2\pi ft + \phi_0)$$

$$\Rightarrow \left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} = -2\pi f U_m \sin \phi_0$$

La pente de la courbe à l'origine est positive, donc $\sin \phi_0 < 0$ et par suite $\phi_0 = -\frac{\pi}{2}$.

La période vaut $T = 5 \text{ s}$ et la fréquence $f = \frac{1}{T} = 0,2 \text{ Hz}$.

- b. Expression mathématique de la tension :

$$u(t) = \frac{1}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{5}t - \frac{\pi}{2}\right)$$

- c. Longueur d'onde : $\lambda = cT$ avec c vitesse de la lumière dans le vide. Donc $\lambda = 1,5 \cdot 10^9 \text{ m}$. Émettre une telle onde efficacement risque d'être compliqué ! On peut néanmoins rencontrer de telles ondes, émises par des quasars.

- d. La période et la fréquence de cette onde sont identiques. L'amplitude vaut $U_m = 1 \text{ V}$.

À $t = 0$, $u(0) = 1 \cos \phi_0 = 0,8$ donc $\phi_0 = \pm 0,64 \text{ rad}$. Pente de la courbe à l'origine :

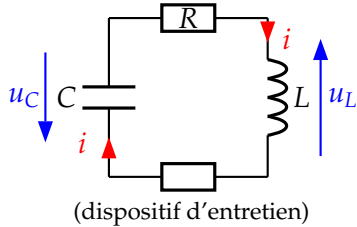
$$\left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} = -2\pi f U_m \sin \phi_0$$

La pente de la courbe à l'origine est positive, donc $\sin \phi_0 < 0$ et par suite $\phi_0 = -0,64$ rad. D'où l'expression mathématique :

$$u(t) = \cos(1,25t - 0,64)$$

16.5 Émission d'une onde hertzienne

a.



b. Fréquence propre du circuit :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Application numérique :

$$f_0 = 1,39 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

c. Le fil joue le rôle d'antenne émettrice.

d. Longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,39 \cdot 10^6} = 216 \text{ m}$$

Domaine des ondes *décamétriques*, ou grandes ondes.

e. Cette onde correspond à la porteuse.

16.6 N°17 p. 75 : Filtre passe-bande

1. a. Fréquence propre du circuit : il y a une erreur dans la formule donnée dans le texte, la formule correcte est :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1 \times 0,5 \cdot 10^{-6}}} = 712 \text{ Hz}$$

b. À cette fréquence, il y a résonance. En TP, il a été observé un décalage d'une demi-période entre les tensions aux bornes du condensateur et de la bobine. On se limite au rappel de ce constat expérimental.

On peut aussi rappeler que sur une demi-période, le condensateur transfère son énergie à la bobine, et à la demi-période suivante, le transfert inverse a lieu.

c. L'amplitude aux bornes de la résistance est maximale, vu que lors d'une résonance, les grandeurs caractérisant le circuit prennent des valeurs élevées.

2. a. La dernière valeur manquante est 2 volts, c'est exactement la valeur de la tension délivrée par le générateur entretenant les oscillations forcées.

3. a. Si on regarde attentivement les valeurs de la tension aux bornes de la résistance, on se rend compte

que cette tension est faible en dehors d'une étroite bande de fréquence autour de la fréquence de résonance f_0 . En dehors de ce domaine de fréquence, la tension délivrée par le générateur se retrouve que partiellement aux bornes de la résistance.

Ce montage permet donc de sélectionner une certaine bande de fréquence, c'est la raison pour laquelle on parle de filtre passe-bande. Dans les cours, on verra un très efficace filtre passe-bande à partir d'un circuit RLC parallèle, dit circuit bouclon.

b. Tout est déjà dit dans l'énoncé : aux basses fréquences, le condensateur se comporte comme un interrupteur ouvert, donc le courant ne passe pas. Aux hautes fréquences, la bobine se comporte comme un interrupteur ouvert, donc le courant ne passe pas non plus. Seules les courants dans les fréquences intermédiaires passent, et le courant est nul aux basses et aux hautes fréquences.

c. Seul le signal de fréquence 750 Hz passera sans atténuation, car cette fréquence est proche de la fréquence de résonance f_0 .

d. Ce circuit permet de sélectionner une certaine porteuse, et donc de se "caler" sur une fréquence bien définie. Ainsi, on est sûr de n'entendre qu'une seule radio à la fois, et non pas une superposition des émetteurs les plus puissants !

16.7 Filtrage d'un signal rectangulaire

a. Période : $T = 4 \times 1,0 = 4,0$ ms ; fréquence :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4,0 \cdot 10^{-3}} = 250 \text{ Hz}$$

b. Fréquence d'accord d'un filtre LC :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C}$$

Application numérique :

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \times 250^2 \times 1,0 \cdot 10^{-6}} = 0,41 \text{ H}$$

c. Parmi les différentes composantes du signal d'entrée, seules les fréquences les plus basses f , $2f$, etc, sont sélectionnées par le filtre. La forme du signal de sortie est donc bien plus proche d'une sinusoïde de fréquence f que le signal d'entrée.

d. La fréquence de résonance ou fréquence d'accord f_0 est quadruplée. Les fréquences basses risquent de ne plus passer, ne passeront alors que les fréquences intermédiaires $4f_0$ ou $8f_0$.

Troisième partie

Devoirs à la maison

Corrigé Spécialité DM n°1
Annales n°37 p. 152 : Les tâches solaires

1. La lunette est rendue afocale

1.1. Lentille L_1 :

1.1.1. L'image intermédiaire A_1B_1 se forme dans le plan focal image de la lentille objectif L_1 . *Construction de cette image sur la figure 1 de l'annexe.*

1.1.2. Taille de l'image A_1B_1 : dans le triangle $(O_1A_1B_1)$ rectangle en A_1 :

$$\tan \alpha = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} \quad \text{et} \quad \tan \alpha \simeq \alpha$$

Avec $O_1A_1 = f'_1$, l'angle α étant exprimé en radians :

$$\Rightarrow A_1B_1 = \alpha \times O_1A_1 = \alpha f'_1$$

Application numérique :

$$A_1B_1 = 9,33 \cdot 10^{-3} \times 900 \cdot 10^{-3}$$

$$A_1B_1 = 8,40 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

1.2. Lentille L_2 :

1.2.1. L'objet A_1B_1 doit se trouver dans le plan focal objet de L_2 pour que l'image $A'B'$ soit rejetée à l'infini.

1.2.2. A_1B_1 étant à la fois dans le plan focal image de L_1 et dans le plan focal objet de L_2 , on en déduit que les foyers image F'_1 et objet F_2 doivent être confondus pour que la lunette soit afocale.

1.3. *Placement des foyers F_2 et F'_2 de l'oculaire et tracé de la marche du faisceau lumineux sur la figure 2 de l'annexe.*

1.4. Diamètre apparent image α' :

1.4.1. Le diamètre apparent image α' est l'angle sous lequel est vu l'image $A'B'$ à travers l'instrument. *Représentation de cette angle sur la figure 2.*

1.4.2. Calcul de α' : dans le triangle $(O_2A_1B_1)$ rectangle en A_1 :

$$\tan \alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} \quad \text{et} \quad \tan \alpha' \simeq \alpha'$$

Avec $O_2A_1 = f'_2$, l'angle α' étant exprimé en radians :

$$\Rightarrow \alpha' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$$

Application numérique :

$$\alpha' = \frac{8,40 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$$\alpha' = 0,42 \text{ rad}$$

1.4.3. Le grossissement G de la lunette est :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{0,42}{9,33 \cdot 10^{-3}} = 45$$

2. Observation des taches solaires

2.1. Relation de Chasles :

$$\overline{O_2A'} = \overline{O_2F'_2} + \overline{F'_2A'}$$

Or $\overline{O_2F'_2} = f'_2 = 20 \text{ mm}$ et $\overline{F'_2A'} = 30 \text{ cm}$, donc :

$$\overline{O_2A'} = 2,0 + 30 = 32 \text{ cm}$$

2.2. Relation de conjugaison pour L_2 :

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}$$

$$\Leftrightarrow \overline{O_2A_1} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}}$$

Application numérique :

$$\overline{O_2A_1} = \frac{1}{\frac{1}{32} - \frac{1}{2}} = -2,1 \text{ cm}$$

2.3. L'image intermédiaire A_1B_1 se forme toujours en F'_1 , mais cette fois elle est séparée de 2,1 cm de L_2 au lieu de 2 cm. On a donc éloigné l'oculaire de l'objectif pour observer l'image du Soleil sur l'écran.

2.4. On a proportionnalité :

$$\frac{d'}{D'} = \frac{d}{D} \quad \Rightarrow \quad d = d' \frac{D}{D'}$$

Si, dans l'application numérique, on conserve toutes les longueurs primées en millimètres, et toutes les longueurs réelles en kilomètres, on ne fait pas d'erreur :

$$d = 5 \times \frac{1,39 \cdot 10^6}{126} = 55 \cdot 10^3 \text{ km}$$

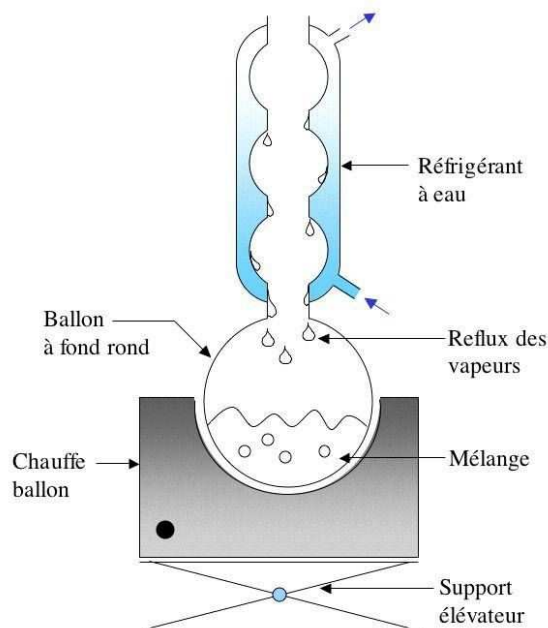
Spécialité DM1

Constructions	.../4
<input type="checkbox"/> Figure 1, construction A_1B_1 <input type="checkbox"/> Figure 2, placement des foyers F_2 et F'_2 <input type="checkbox"/> Figure 2, marche du faisceau dans la lunette <input type="checkbox"/> Figure 2, placement de l'angle α'	
Lunette afocale	.../11
<input type="checkbox"/> A_1B_1 dans le plan focal image de L_1 <input type="checkbox"/> $A_1B_1 = \alpha f'_1$ <input type="checkbox"/> $A_1B_1 = 8,40$ mm <input type="checkbox"/> $A_1B_1 = 8,40$ mm <input type="checkbox"/> A_1B_1 dans le plan focal objet de L_2 <input type="checkbox"/> Foyers F'_1 et F_2 confondus <input type="checkbox"/> Définition diamètre apparent α' <input type="checkbox"/> $\alpha' = \frac{A_1B_1}{f_2}$ <input type="checkbox"/> $\alpha' = 0,42$ rad <input type="checkbox"/> $\alpha' = 0,42$ rad <input type="checkbox"/> $G = 45$	
Taches solaires	.../5
<input type="checkbox"/> Chasles <input type="checkbox"/> $\overline{O_2A_1} = -2,1$ cm <input type="checkbox"/> $\overline{O_2A_1} = -2,1$ cm <input type="checkbox"/> Éloigner l'objectif <input type="checkbox"/> $d = 55$ km	
Note	.../20

Corrigé Spécialité DM n°2
Annales n°78 p. 309 : Dosage de la caféine

2.1 Extraction de la caféine

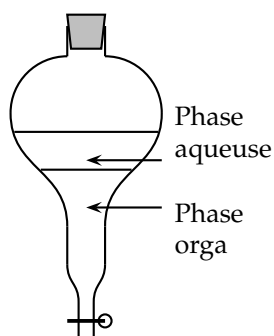
1. Condenser les vapeurs, **assurer un reflux**, afin de pouvoir chauffer le mélange à extraire (décoction) sans perte de produits.



2. En chauffant, la **solubilité de la caféine dans l'eau devient très importante** ; cela va permettre de mener à bien l'extraction solide/liquide.
3. Le **dichlorométhane se décante**, puisque :

$$d_{\text{dichlo}} = 1,30 > d_{\text{eau}} = 1,00$$

À froid, la solubilité de la caféine est plus importante dans le dichlorométhane que dans l'eau, donc, après agitation, la **caféine se trouve principalement dans la phase organique**.



4. Il s'agit d'une **extraction liquide-liquide par solvant**.
5. Le sulfate de magnésium anhydre est un **déshydratant**. Il permet d'éliminer les dernières traces d'eau dissoutes dans la phase organique.
6. Purification par **recristallisation** : on dissout les cris-

taux ayant emprisonné des impuretés dans un solvant à chaud, puis on refroidit cette solution pour provoquer la recristallisation du produit sans les impuretés, qui restent dissoutes dans le solvant.

2.2 Préparation de solutions de caféine de différentes concentrations

- Passer de 32 mg.L^{-1} à 16 mg.L^{-1} correspond à une dilution par 2 (les concentrations données sont des concentrations massiques et non molaires, mais cela ne change rien au facteur de dilution).
- Par exemple, on peut utiliser une **fiole jaugée de 10,0 mL** et une **pipette jaugée de 5,0 mL** pour effectuer cette dilution. Si l'on ne veut pas polluer la solution mère lors du pipetage, on pourra en transvaser quelques millilitres dans un bécher de 100 mL. (Ni l'éprouvette graduée, ni les béchers ne sont adaptés à la mesure d'un volume précis).

2.3 Mesures d'absorbance

1. Ces longueurs d'onde $\lambda < 400 \text{ nm}$ ne sont pas dans le domaine visible, mais dans les proches ultraviolets (UV).
2. $A_2 > A_1$ donc $c_2 > c_1$ puisque, d'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance A est proportionnelle à la concentration c ($A = kc$). Donc **le café 2 est plus excitant**.
3. Lecture graphique sur le spectre (figure 1) de l'ordonnée A_{max} , pour $\lambda_{\text{max}} = 271 \text{ nm}$: $A_{\text{max}} \approx 0,5$;
Seconde lecture graphique sur la figure 2 de l'abscisse c correspondant à $A = 0,5$: $c = 16 \text{ mg.L}^{-1}$.
4. Sur le spectre d'absorption (figure 1), pour $\lambda = 288 \text{ nm}$, on mesure 3,4 cm et 4,75 cm pour l'absorbance $A = 0,5$, donc une absorbance :

$$A = \frac{3,4}{4,75} \times 0,5 \approx 0,36$$

Sur la figure 3, pour une abscisse $c = 16 \text{ mg.L}^{-1}$, on lit une ordonnée $A = 0,5$ pour la droite (2), ce qui est conforme, et seule la **droite (3)** permet une lecture graphique proche de $A = 0,36$.

Spécialité DM2

- 1. Extraction** .../11
- Reflux
 - Schéma montage à reflux
 - Légende
 - Solubilité caféine + forte dans l'eau chaude
 - Schéma décantation
 - Phase organique qui se décante
 - Caféine principalement dans dichlorométhane
 - Solubilité caféine + forte dans dichlorométhane
 - Extraction par solvant
 - Desséchant
 - Recristallisation
- 2. Dilutions** .../4
- Fiole jaugée de 10,0 mL
 - Pipette jaugée de 5,0 mL
 - Dilution par deux
 - Précision supérieure // éprouvette ou bécher
- 3. Absorbances** .../5
- UV
 - Boisson 2 + excitante car + concentrée
 - $c = 16 \text{ mg.L}^{-1}$
 - Droite (3)
 - Droite (3)
- Note** .../20

3.1 Un premier didjéridoo

1. Les ondes sonores sont longitudinales, la perturbation s'effectuant parallèlement à la direction de propagation.
2. On compte un demi-fuseau dans la colonne d'air, donc :

$$L = \frac{1}{2} \lambda_1 \Rightarrow \lambda_1 = 4L$$

3. Lien entre fréquence et longueur d'onde :

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$$

- 4.1. Mesure de la période T_1 sur l'oscillogramme, sur dix périodes pour plus de précision :

$$T_1 = \frac{120}{10} = 12 \text{ ms}$$

Fréquence correspondante :

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{12 \cdot 10^{-3}} = 83 \text{ Hz}$$

- 4.2. Longueur du didjéridoo :

$$f_1 = \frac{v}{4L} \Leftrightarrow L = \frac{v}{4f_1}$$

$$\Rightarrow L = \frac{340}{4 \times 83} = 1,0 \text{ m}$$

5. La flûte devrait avoir une longueur minimale double, donc de 2 mètres.

3.2 Un second didjéridoo

1. Mesure de la période T'_1 sur l'oscillogramme, sur neuf périodes pour plus de précision :

$$T'_1 = \frac{125}{9} = 13,9 \text{ ms}$$

Fréquence correspondante :

$$f'_1 = \frac{1}{T'_1} = \frac{1}{13,9 \cdot 10^{-3}} = 71,9 \text{ Hz}$$

2. Longueur du deuxième didjéridoo :

$$L' = \frac{v}{4f'_1} \Rightarrow L' = \frac{340}{4 \times 71,9} = 1,18 \text{ m}$$

Le deuxième instrument est plus long ($L' > L$) et donne un son fondamental plus grave ($f'_1 < f_1$).

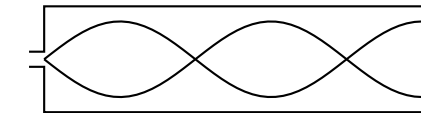
3. Le spectre de la figure 2b comporte peu d'harmoniques, l'instrumentiste a simplement soufflé dans son instrument ;

Le spectre de la figure 3b comporte un grand nombre d'harmoniques, l'instrumentiste a enrichi et coloré le son selon une technique propre aux meilleurs didjéridoo.

4. L'harmonique de plus grande amplitude semble aux alentours de 225 Hz, ce qui plaide pour un rang n tel que :

$$n = \frac{225}{71,9} \simeq 3$$

- 5.1.



Pour cet harmonique de rang $n=3$, nous comptons deux fuseaux et demi, donc :

$$L = \left(2 + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_3}{2}$$

- 5.2. La relation, pour un harmonique de rang n , est :

$$L = \left(n - 1 + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_n}{2} \Rightarrow L = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_n}{2}$$

$$\Rightarrow L = \frac{2n-1}{4} \lambda_n \Leftrightarrow \text{relation a}$$

3.3 Le concert

1. Exprimons l'intensité sonore I en fonction du niveau sonore L_s :

$$L_s = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow I = I_0 10^{\frac{L_s}{10}}$$

Application numérique dans chaque cas :

$$\begin{cases} I_1 = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2} \\ I_2 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2} \end{cases}$$

2. $I = I_1 + I_2 = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$; valeur que l'on reporte dans la formule donnant le niveau sonore :

$$L_s = 10 \log \frac{4,8 \cdot 10^{-5}}{10^{-12}} = 77 \text{ dB}$$

Ce résultat ne tiens pas compte de l'inévitable interférence entre les deux sources.

Spécialité DM3

- .../7
- Longitudinales, perturbation // propagation
 - $\lambda_1 = 4L$
 - $f_1 = v/4L$
 - $T_1 = 12,0 \text{ ms} + \text{précision}$
 - $f_1 = 83,3 \text{ Hz}$
 - $L = 1,02 \text{ m}$
 - Flûte de 2 m
- .../9
- $T'_1 = 13,9 \text{ ms} + \text{précision}$
 - $f'_1 = 71,9 \text{ Hz}$
 - $L' = 1,18 \text{ m}$
 - Plus long, plus grave
 - 3b** riche \neq **2b** fondamental seul
 - $n = 3$
 - Schéma avec 2 fuseaux 1/2
 - $L = 2,5 \times \lambda_3/2$
 - Relation **a**
- .../4
- $I_1 = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$
 - $I_2 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$
 - $I = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$
 - $L_s = 77 \text{ dB}$
- Note** .../20

Spécialité DM n°4
Annale n°44 p. 180 – Le quatuor : instruments à corde

- 1.1.** Gamme : do ré mi fa sol la si do ;

$$f(\text{ré}_3) < f(\text{la}_3)$$

Donc *in fine* :

$$f(\text{sol}_3) < f(\text{ré}_3) < f(\text{la}_3) < f(\text{mi}_4)$$

Les quatre cordes présentées ont même tension et même longueur, seule l'épaisseur e change. On peut donc attribuer les sons les plus graves, de fréquences les plus faibles, aux cordes les plus épaisses, et les sons les plus aigus, de fréquences les plus élevées, aux cordes les plus fines :

$$\begin{array}{ll} 1 : \text{mi}_4 & 2 : \text{la}_3 \\ 3 : \text{ré}_3 & 4 : \text{sol}_2 \end{array}$$

- 1.2.** Expression de la célérité v en fonction de la tension F et de la masse linéique μ :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (4.1)$$

Application numérique :

$$v = \sqrt{\frac{245}{2,9 \cdot 10^{-3}}} = 291 \text{ m.s}^{-1}$$

- 2.1.** Pour une onde de célérité v , de longueur d'onde λ et de période T_k :

$$\begin{aligned} \lambda = vT_k &\Rightarrow \lambda = \frac{v}{f_k} \\ f_k &= \frac{v}{\lambda} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Relation de quantification des modes propres :

$$2L = k\lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{2L}{k} \quad (4.3)$$

$$(4.2) + (4.3) \Rightarrow f_k = \frac{kv}{2L}$$

- 2.2.** Pour le mode fondamental : $k = 1$, donc :

$$\Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L} \quad (4.4)$$

Application numérique :

$$f_1 = \frac{291}{2 \times 330 \cdot 10^{-3}} = 440 \text{ Hz}$$

Conclusion : il s'agit de la fréquence du la_3 , donc de la corde n°2.

- 2.3.** Afin d'obtenir la fréquence f_1 du fondamental en fonction de la tension F de la corde, regroupons les relations (4.1) et (4.4) :

$$\Rightarrow f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Cette relation indique que f_1 est une fonction croissante de la tension F de la corde.

Or la hauteur d'un son est relié à la fréquence de son fondamental, donc tendre une corde d'avantage augmente la fréquence de son fondamental, et *in fine* la perception d'un son aigu.

- 2.4.** Le violoniste peut réduire la longueur de la corde en disposant un obstacle fixe sur la corde. En effet :

$$(4.4) : f_1 = \frac{v}{2L}$$

donc si $L \searrow$ alors $f_1 \nearrow$, le son sera plus aigu.

- 3.1.** On observe exactement cinq périodes dans l'intervalle de temps repéré sur l'enregistrement. Donc :

$$T = \frac{11,4}{5} = 2,28 \text{ ms}$$

- 3.2.** La fréquence f_1 du fondamental correspond à la plus grande période mesurable. Donc ici :

$$f_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,28 \cdot 10^{-3}} = 439 \text{ Hz}$$

On retrouve quasiment la fréquence du la_3 précédente.

- 4.1.** Le fondamental n°1 correspond au pic de plus basse fréquence. Lecture graphique de sa fréquence en abscisse :

$$f_1 \approx 0,5 \text{ kHz}$$

Pour améliorer la précision de la lecture graphique, on repère une fréquence facile à lire sur l'une des harmoniques, par

exemple celle du neuvième harmonique :

$$f_9 \approx 4,0 \text{ kHz}$$

Par définition :

$$f_9 = 9f_1 \Leftrightarrow f_1 = \frac{f_9}{9}$$

Application numérique :

$$f_1 = \frac{4,0 \cdot 10^3}{9} = 444 \text{ Hz}$$

Là encore on est très proche des 440 Hz de la fréquence du la_3 .

- 4.2.** Les trois premières harmoniques sont :

$$\begin{aligned} f_2 &= 2f_1 = 888 \text{ Hz} \\ f_3 &= 3f_1 = 1,33 \text{ kHz} \\ f_4 &= 4f_1 = 1,78 \text{ kHz} \end{aligned}$$

- 5.1.** La hauteur d'un son correspond à la fréquence de son fondamental f_1 . Donc ici :

$$T = \frac{4,55}{2} = 2,28 \text{ ms}$$

et pour la fréquence du fondamental :

$$f_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,28 \cdot 10^{-3}} = 444 \text{ Hz}$$

Les fréquences des fondamentaux des deux cordes sont égales, donc les deux sons sont de même hauteur. On dit qu'il y a unisson.

- 5.2.** Les spectres des deux sons sont différents. En particulier, sur le deuxième spectre, l'harmonique trois est absente, et l'harmonique sept est assez développée, à contrario du premier spectre.

On déduit de ces observations que le timbre des deux instruments est différent, ce timbre étant en grande partie lié au spectre (en plus de la forme des attaques et extinctions).

Spécialité DM n°4

- 1 : mi₄ et 2 : la₃
 - 3 : ré₃ et 4 : sol₂
 - $v = 291 \text{ m.s}^{-1}$
 - $f_k = kv/2L$
 - $f_k = kv/2L$
 - $f_1 = 440 \text{ Hz}$
 - Démo f_1 fcn ↗ de F
 - Tendre une corde ⇒ son plus aigu
 - Réduire la longueur de la corde
 - Justification $L \searrow \Rightarrow f_1 \nearrow$
 - $T = 2,28 \text{ ms}$
 - $f_1 = 439 \text{ Hz}$
 - Premier pic
 - Précision $f_1 = 444 \text{ Hz}$
 - Harmoniques $f_n = nf_1$
 - Hauteur son ⇔ fondamental f_1
 - Hauteur son ⇔ fondamental f_1
 - $T = 2,28 \text{ ms}$ et $f_1 = 444 \text{ Hz}$
 - Unisson
 - Spectres différents ⇔ Timbre différent
- Note** .../20

Corrigé DM Spécialité n°5
Annales n°74 p. 291 — Séparation fer et cuivre

5.1 Une technique par précipitation

① Étude sur les ions cuivre (II)

1. La précipitation de l'hydroxyde de cuivre (II) apparaît dès lors que le pourcentage en espèce $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ est supérieur à zéro ; on effectue une lecture graphique :

$$\text{pH} = 5,2$$

2. a. Expression de la constante d'équilibre pour la réaction (1) :

$$K_1 = \frac{1}{[\text{Cu}^{2+}]_{\text{éq}}[\text{OH}^-]_{\text{éq}}^2}$$

Attention, le produit est un précipité, donc un solide, qui n'apparaît pas dans l'écriture de K_1 . Il ne faut pas non plus oublier le carré, tenant compte du coefficient stœchiométrique devant l'ion hydroxyde.

On précise explicitement qu'il s'agit des concentrations à l'équilibre, en raison de la nature de la question suivante.

- b. Expression du quotient de réaction pour (1) :

$$Q_r = \frac{1}{[\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2}$$

Expression valable que l'on soit à l'équilibre ou non.

- c. Si $Q_r < K_1$, on a évolution dans le sens \rightarrow , sens direct, formation du précipité d'hydroxyde de cuivre (II).
3. On utilise la relation précédente :

$$K_1 = \frac{1}{[\text{Cu}^{2+}]_{\text{éq}}[\text{OH}^-]_{\text{éq}}^2} \Leftrightarrow [\text{OH}^-]_{\text{éq}}^2 = \frac{1}{K_1[\text{Cu}^{2+}]_{\text{éq}}}$$

$$\Leftrightarrow [\text{OH}^-]_{\text{éq}} = \frac{1}{\sqrt{K_1[\text{Cu}^{2+}]_{\text{éq}}}}$$

Application numérique :

$$[\text{OH}^-]_{\text{éq}} = \frac{1}{\sqrt{4,0 \cdot 10^{18} \times 0,10}} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

4. En raison de l'autoprotolyse de l'eau, équilibre toujours maintenu, on peut écrire :

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}[\text{OH}^-]_{\text{éq}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = \frac{K_e}{[\text{OH}^-]_{\text{éq}}}$$

Application numérique :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = \frac{10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-9}} = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = -\log (6,3 \cdot 10^{-6}) = 5,2$$

Il y a parfait accord avec la valeur du pH trouvée expérimentalement.

② Étude portant sur les ions fer (III)

1. Non, pour $\text{pH} > 3,5$, le pourcentage en ions fer (III) est quasi nul, tel que l'indique la courbe 2.
2. a. À $\text{pH} = 4$, les ions fer (III) ont disparu de la solution, ils ont tous précipités sous forme d'hydroxyde de fer (III), solide. En revanche, tel qu'indiqué par la courbe 1, les ions cuivre (II) sont encore présents à ce pH, le précipité d'hydroxyde de cuivre (II) étant quasiment absent. Donc l'extrait solide obtenu par filtration par gravité est l'hydroxyde de fer (III).
- b. Suivant le raisonnement précédent, l'espèce chimique présente dans la solution S_1 est majoritairement l'ion cuivre (II).
- c. On peut vérifier que la solution S_1 ne contient plus que des ions cuivre (II) par un test à la soude : verser goutte-à-goutte de la soude concentrée, et constater la formation d'un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre (II). En cas d'échec de l'expérience, on doit aussi constater un précipité rouille d'hydroxyde de fer (III).

5.2 Technique par oxydoréduction

① L'élément cuivre se retrouve sous forme de métal cuivre $\text{Cu}_{(s)}$. L'ion cuivre (II) $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$, réactif limitant de la réaction (3), a été totalement consommé.

② L'élément fer se retrouve partiellement sous forme de métal fer $\text{Fe}_{(s)}$, réactif restant, non consommé, et sous forme d'ions fer (II) $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$.

③ À la fin de la réaction, l'élément cuivre n'est plus mélangé aux ions fer (III), ces derniers ayant été eux même transformés. On a donc réalisé la séparation cuivre (II) / fer (III) désirée.

5.3 Conclusion

La première méthode, par précipitation, a comme avantage de conserver les ions cuivre (II) $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ en l'état, prêts à participer à l'électrolyse. On recommande donc cette première méthode.

Spécialité DM5

- pH = 5,2
 - Expression K_1 + indices éq
 - Expression Q_r
 - Sens direct
 - Calcul $[\text{OH}^-]$ posé
 - pH = 5,2, accord
 - Non, $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ à 0 %
 - Précipité solide $\text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{s})}$
 - Ion cuivre (II) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$
 - Test avec les ions hydroxyde $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$
 - Métal cuivre $\text{Cu}_{(\text{s})}$
 - Métal fer $\text{Fe}_{(\text{s})}$ et ions fer (II) $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$
 - Oui, séparation réalisée, justification
 - Choix méthode, justifié
- Total .../14
- Note** .../20

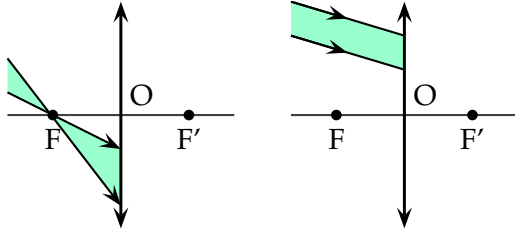
Quatrième partie

Devoirs surveillés

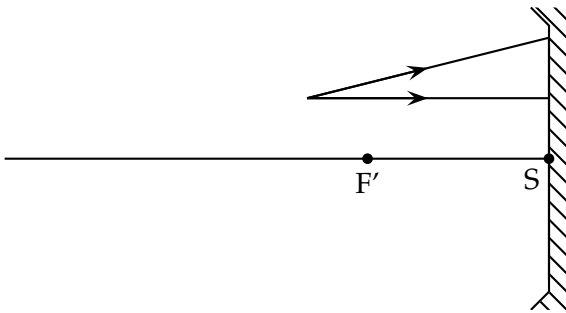
DS de Spécialité n°1
Lentilles, miroirs et microscope simple

1.1 Constructions

1. Compléter soigneusement les schémas en traçant les faisceaux émergents.



2. Compléter soigneusement le schéma en traçant les faisceaux réfléchis.



1.2 Projecteur de diapositives

L'objectif d'un projecteur de diapositives est assimilé à une lentille mince convergente de vergence 16δ . La distance entre l'objectif et l'écran est de 3 m.

1. Obtention d'une image nette

- 1.1. Calculer la position de la diapositive par rapport à l'objectif pour obtenir une image nette sur l'écran.
 1.2. Quelles sont les dimensions de l'image d'une diapositive $24\text{ mm} \times 36\text{ mm}$ sur l'écran ?

2. Conditions d'observation

- 2.1. La personne insérant les diapositives dans le projecteur essaye de les reconnaître en les observant directement à l'œil nu, à une distance $d_m = 25\text{ cm}$. Calculer l'angle α sous lequel la personne voit le côté le plus large (de 36 mm) de la diapositive.
 2.2. La personne observe maintenant l'image de la diapositive sur l'écran, en plaçant son œil exactement à 3 m de l'écran. Calculer l'angle α' sous lequel la personne voit le côté le plus large de l'image de la diapositive.

- 2.3. Calculer le grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ et conclure.

3. Déplacement de l'écran

- 3.1. On rapproche l'écran de 1 m de l'appareil. Dans quel sens doit-on déplacer l'objectif pour avoir une

image nette sur l'écran, sans toucher à la position de la diapositive ? Calculer la nouvelle position.

- 3.2. Quelles sont les nouvelles dimensions de l'image ?

1.3 Un microscope simple

- a. On considère un microscope modélisé par un objectif L_1 de vergence $+10\delta$ et un oculaire L_2 de vergence $+5\delta$. Calculer les distances focales correspondantes.
 b. Le microscope a un intervalle optique $\Delta = 20\text{ cm}$. Quelle distance sépare les centres des deux lentilles L_1 et L_2 ?
 c. L'objectif fournit d'un objet AB une image A_1B_1 , qui elle-même sert d'objet pour l'oculaire qui en fournit une image $A'B'$. Pourquoi faut-il que l'image $A'B'$ soit à l'infini ? Bien préciser.
 d. Sur un schéma avec comme échelle horizontale 1/10, représenter les deux lentilles et leurs foyers, puis placer A_1B_1 de façon à ce que l'image $A'B'$ donnée par l'oculaire respecte la condition précédente. *Nota bene* : les points A_1 et A sont sur l'axe optique, et on placera B_1 1 cm en dessous de A_1 . Tracer un faisceau lumineux partant de B_1 et traversant l'oculaire.
 e. À partir cette image A_1B_1 donnée par l'objectif, tracer sur le même schéma l'objet AB ainsi qu'un faisceau lumineux partant de B et traversant l'objectif jusqu'à B_1 .

1.4 Mesure d'une distance focale

- a. On place un objet AB dans le plan focal objet d'une lentille tel que A soit confondu avec F, foyer objet de la lentille.
 Comment ressortent les rayons issus de A ? Justifier par une construction.
 b. On place derrière la lentille et parallèle à elle, un miroir plan destiné à réfléchir les rayons provenant de la lentille. Comment reviennent les rayons issus de A suite à leur réflexion sur le miroir ? Cette propriété dépend-elle de la distance entre la lentille et le miroir ?
 c. Montrer par un second schéma que le plan dans lequel se forme l'image finale est confondu avec celui de l'objet. Cette propriété dépend-elle de la distance entre la lentille et le miroir ?
 d. On déplace maintenant l'objet, sans toucher au système lentille / miroir. L'image finale de l'objet se trouve-t-elle toujours dans le plan de l'objet ?
 e. En déduire une méthode de mesure de la distance focale, appelée « autocollimation ».

Corrigé du DS de Spécialité n°1 Lentilles, miroir et microscope simple

1.1 Constructions

Ces constructions étaient proposées telles qu'elles dans les énoncés 1 et 2. Voir les corrigés 1 et 2 pour la correction.

- Faisceau émergent parallèle ;
- Faisceau convergent vers un point du plan focal image autre que le foyer (car les rayons ne sont pas parallèles à l'axe optique) ;
- Faisceau convergent vers une image à la limite gauche de la page (!).

1.2 Projecteur de diapositives

1. Obtention d'une image nette

1.1. $\overline{OF'} = \frac{1}{16} = 0,0625$ m et $\overline{OA'} = 3$ m

Formule de conjugaison des lentilles :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OF'}}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{3} - \frac{1}{0,0625}} = -6,38 \text{ cm}$$

1.2. Grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{3}{-0,0638} = -47$$

Taille de l'image pour $\overline{AB} = 24 \cdot 10^{-3}$ m :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Rightarrow \overline{A'B'} = \gamma \overline{AB}$$

$$\Rightarrow \overline{A'B'} = -47 \times 24 \cdot 10^{-3} = -1,13 \text{ m}$$

Taille de l'image pour $\overline{AB} = 36 \cdot 10^{-3}$ m :

$$\Rightarrow \overline{A'B'} = -47 \times 36 \cdot 10^{-3} = -1,69 \text{ m}$$

L'image fait 1,69 m de large sur 1,13 m de haut.

2. Conditions d'observation

2.1. Angle sous lequel la diapositive est vue :

$$\alpha \approx \frac{AB}{d_m} = \frac{36 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-2}} = 0,144 \text{ rad}$$

2.2. Angle sous lequel l'image est vue :

$$\alpha' \approx \frac{A'B'}{d} = \frac{1,69}{3} = 0,563 \text{ rad}$$

Nota bene : l'approximation $\tan \alpha \approx \alpha$ est grossière ici, car on devrait trouver :

$$\alpha' = \arctan\left(\frac{A'B'}{d}\right) = 0,513 \text{ rad}$$

8 % d'écart avec la valeur approximée.

2.3. Grossissement :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{0,563}{0,144} = 3,91$$

3. Déplacement de l'écran

3.1. On recommence les mêmes calculs :

$$\Rightarrow \overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{2} - \frac{1}{0,0625}} = -6,45 \text{ cm}$$

Il faut donc éloigner très légèrement l'objet. Mais comme l'objet est fixe, il faut donc éloigner légèrement l'objectif en direction de l'écran.

3.2. Nouveau grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{2}{-0,0645} = -31$$

Taille de l'image pour $\overline{AB} = 24 \cdot 10^{-3}$ m :
 $\Rightarrow \overline{A'B'} = -31 \times 24 \cdot 10^{-3} = -0,744$ m

Taille de l'image pour $\overline{AB} = 36 \cdot 10^{-3}$ m :

$$\Rightarrow \overline{A'B'} = -31 \times 36 \cdot 10^{-3} = -1,12 \text{ m}$$

L'image fait 1,12 m de large sur 0,74 m de haut.

1.3 Un microscope simple

a. Distances focales :

$$O_1F'_1 = f'_1 = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{10} = 10 \text{ cm}$$

$$O_2F'_2 = f'_2 = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{5} = 20 \text{ cm}$$

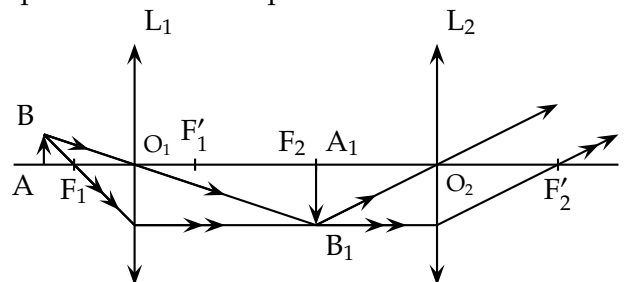
b. L'intervalle optique Δ est la distance entre F'_1 et F_2 . Donc :

$$O_1O_2 = O_1F'_1 + \Delta + F_2O_2$$

$$\Rightarrow O_1O_2 = 10 + 20 + 20 = 50 \text{ cm}$$

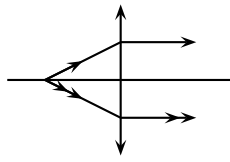
c. Avec une image $A'B'$ à l'infini, l'observation à la sortie de l'oculaire s'effectue sans fatigue, l'œil ne fournissant aucun effort d'accommodation pour observer un objet $A'B'$ à l'infini.

d. A_1B_1 doit être dans le plan focal objet de L_2 afin de respecter la condition précédente.

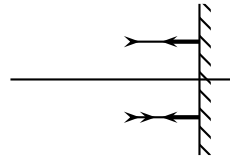


1.4 Mesure d'une distance focale

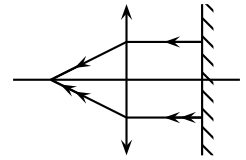
a. Les rayons ressortent parallèles à l'axe optique.



b. Les rayons se réfléchissent parallèles à l'axe optique. Cela ne dépend pas de la distance entre le miroir et la lentille.



c. Les rayons se focalisent dans le plan focal de la lentille. Cela ne dépend pas de la distance entre le miroir et la lentille.



d. Si on déplace l'objet, l'image ne se forme plus dans le plan de l'objet.

e. On déplace la lentille jusqu'à avoir l'image qui se forme dans le plan de l'objet, et alors la distance objet-lentille correspond à la distance focale de la lentille.

DS Spé n°1

Constructions	.../2
<input type="checkbox"/> // axe optique	
<input type="checkbox"/> Convergent plan focal	
Projecteur	.../8
<input type="checkbox"/> $\overline{OA} = -6,38 \text{ cm}$	
<input type="checkbox"/> 1,13 m et 1,69 m	
<input type="checkbox"/> $\alpha = 0,144 \text{ rad}$	
<input type="checkbox"/> $\alpha' \approx 0,563 \text{ rad}$	
<input type="checkbox"/> $G = 3,91$	
<input type="checkbox"/> Éloigner l'objectif	
<input type="checkbox"/> $\overline{OA} = -6,45 \text{ cm}$	
<input type="checkbox"/> 0,744 m et 1,12 m	
Microscope	.../7
<input type="checkbox"/> $f'_1 = 10 \text{ cm}$ et $f'_2 = 20 \text{ cm}$	
<input type="checkbox"/> $\overline{O_1O_2} = 50 \text{ cm}$	
<input type="checkbox"/> Pas d'effort d'accommodation	
<input type="checkbox"/> A_1B_1 dans plan focal objet L_2	
<input type="checkbox"/> Schéma	
<input type="checkbox"/> Schéma	
<input type="checkbox"/> Schéma	
Autocollimation	.../3
<input type="checkbox"/> Rayons parallèles	
<input type="checkbox"/> Image dans plan focal de objet	
<input type="checkbox"/> Autocollimation	
Note	.../20

DS de Spécialité n°2 Le télescope de Newton

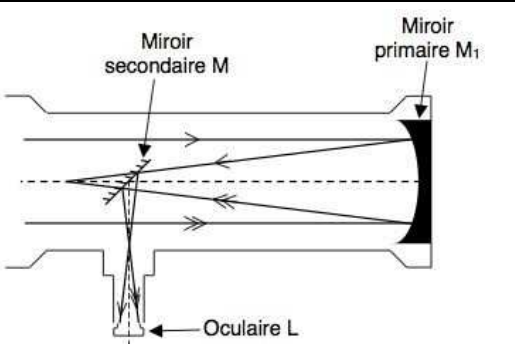
Un télescope de Newton est constitué de trois éléments optiques principaux :

- l'objectif (miroir concave convergent noté M_1) ;
- le miroir secondaire (miroir plan noté M) ;
- l'oculaire (lentille convergente notée L).

Le télescope amateur, dont la fiche technique figure ci-dessous, est utilisé par un élève pour observer la planète Mars sous son diamètre apparent. Le télescope sera considéré comme afocal. Les quatre figures en annexe seront à compléter et à rendre avec la copie.

Échelle pour les quatre figures :

10 mm sur la feuille correspondent à 100 mm pour le télescope.

Caractéristiques	Miroir secondaire M	Miroir primaire M_1
Objectif : miroir concave à courbure parabolique		
Focale : 720 mm		
Diamètre : 130 mm		
Pouvoir séparateur : $0,89''$		
Magnitude limite : 12,4		
Clarté : 469×		
Grossissement maxi théorique : 325	Oculaire L	

1. Miroir sphérique

Envisageons le miroir M_1 , en l'assimilant à un miroir sphérique.

- 1.1. Définir la distance focale d'un miroir concave.
- 1.2. Sur la figure 1, positionner le sommet (S), le centre (C) et le foyer (F_1) en respectant l'échelle.
- 1.3. Construire sur la figure 1 l'image A_1B_1 de la planète Mars située à l'infini.

2. Miroir secondaire

On considère maintenant le miroir plan M associé au miroir concave M_1 comme indiqué sur la figure 2. L'image A_2B_2 donnée par ce miroir plan est notée sur le schéma de cette figure 2.

- 2.1. À partir de A_2B_2 , replacer par construction géométrique l'image intermédiaire A_1B_1 de Mars sur la figure 2.
- 2.2. Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour le miroir plan M ?

3. Oculaire

Aux deux éléments optiques précédents, on associe une lentille convergente L qui constitue l'oculaire, comme indiqué sur la figure 3.

- 3.1. Placer le foyer objet F_2 de la lentille.
- 3.2. Où se situe l'image définitive de la planète Mars observée à l'aide de ce télescope ?
- 3.3. Justifier la réponse précédente en traçant, sur la figure 3, la marche des deux rayons caractéristiques, à partir du point B_2 et traversant la lentille L.

4. Grossissement

- 4.1. Le grossissement maximal du télescope, noté G,

correspond au quotient de la distance focale de l'objectif f'_1 par la distance focale de l'oculaire f'_2 :

$$G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

À partir des données de la fiche technique du télescope, calculer la distance focale f'_2 de l'oculaire. On n'essayera pas de vérifier cette mesure sur les schémas, qui sont volontairement faussés sur ce point particulier, pour permettre un tracé plus facile.

- 4.2. Le grossissement G est aussi égal au quotient du diamètre apparent α' sous lequel est vu l'astre à travers le télescope par le diamètre apparent α sous lequel est vu l'astre à l'œil nu, soit :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

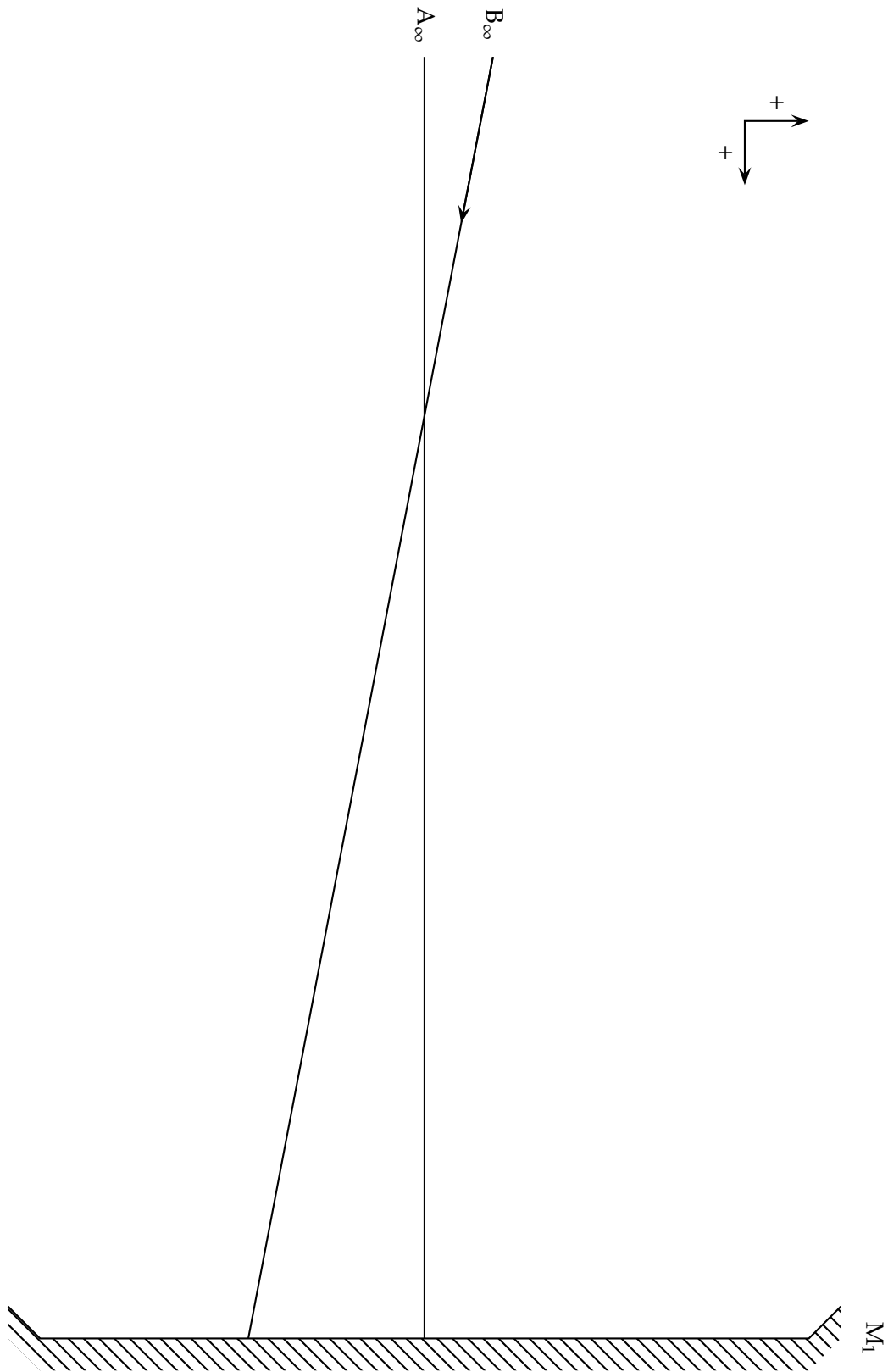
La planète Mars est observée sous le diamètre apparent $\alpha = 14'' = 3,88 \cdot 10^{-3}$ degrés.

- 4.2.1. Définir le diamètre apparent α .
- 4.2.2. Calculer le diamètre apparent α' .
- 4.2.3. Continuer le tracé de la marche d'un rayon issu de Mars, tel qu'indiqué sur la figure 4. Pour faciliter la construction, l'angle représenté sur la figure 4 est plus grand qu'en réalité.
- 4.2.4. Faire figurer l'angle α' sur la figure 4.

5. Cercle oculaire

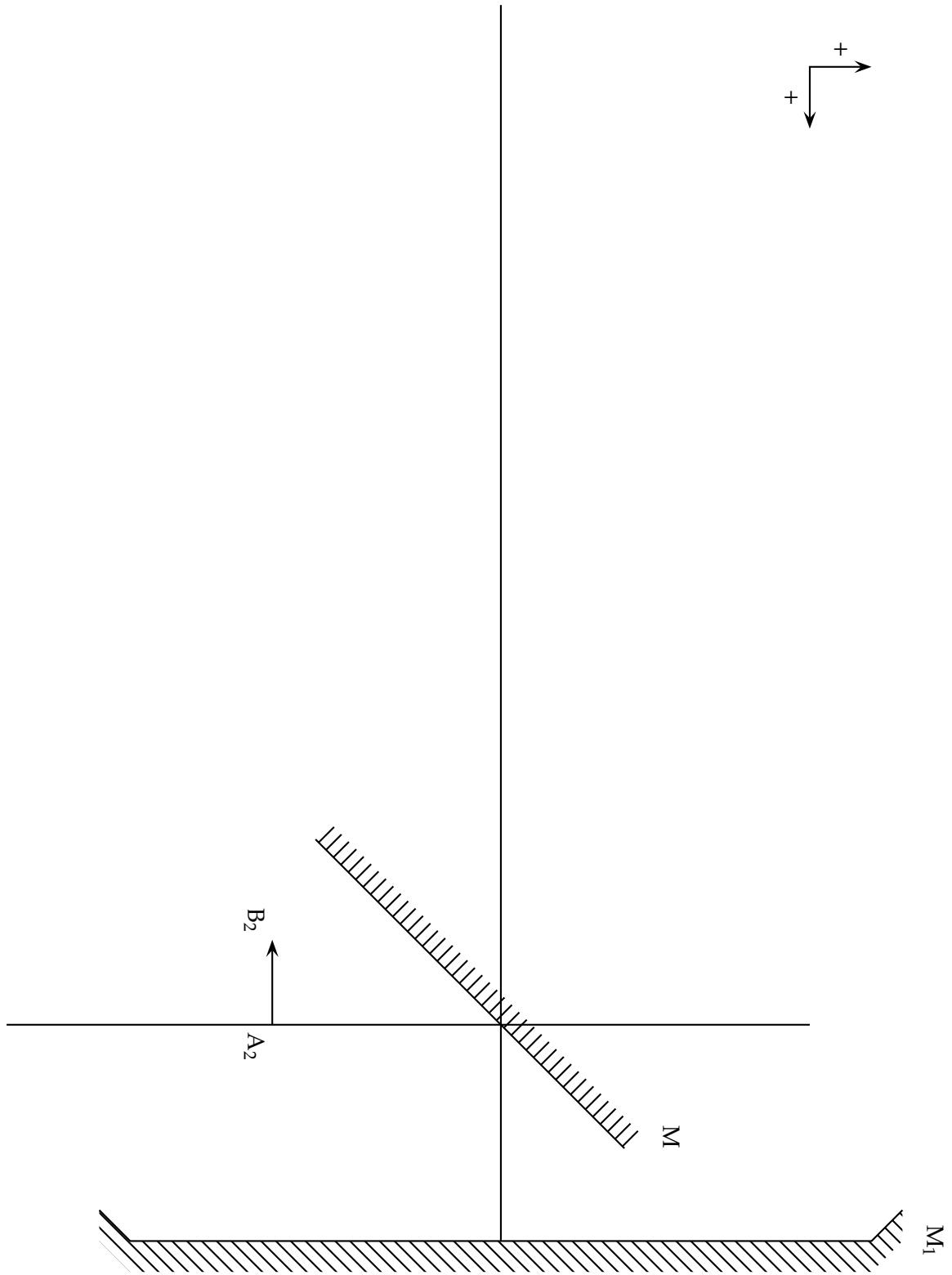
- 5.1. De quoi le cercle oculaire est-il l'image ? Quelle est son utilité ?
- 5.2. Calculer la position $\overline{O_2A_C}$ du cercle oculaire.
- 5.3. Calculer le diamètre $\overline{A_CB_C}$ du cercle oculaire.

Figure 1



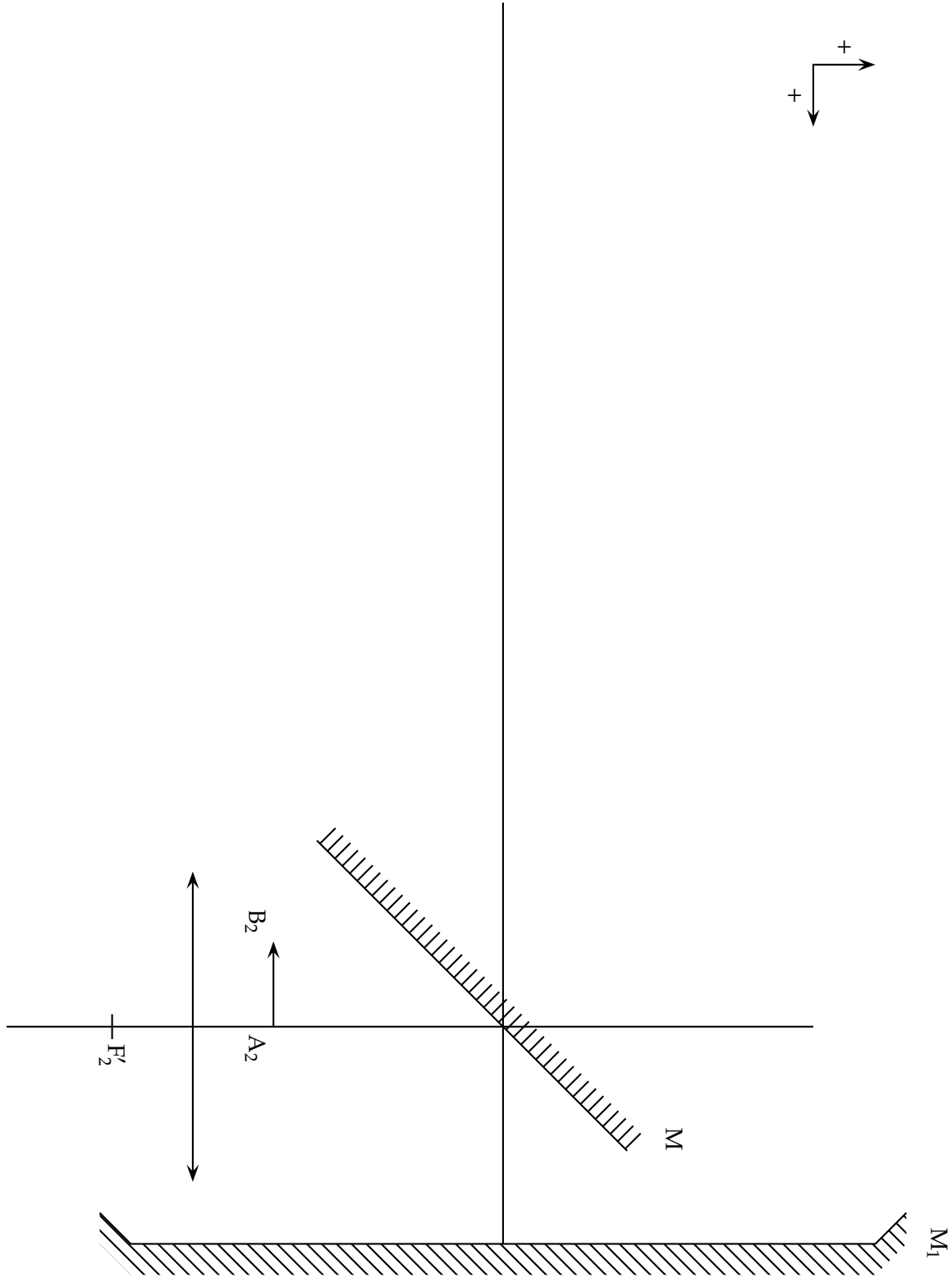
Nom : Prénom

Figure 2



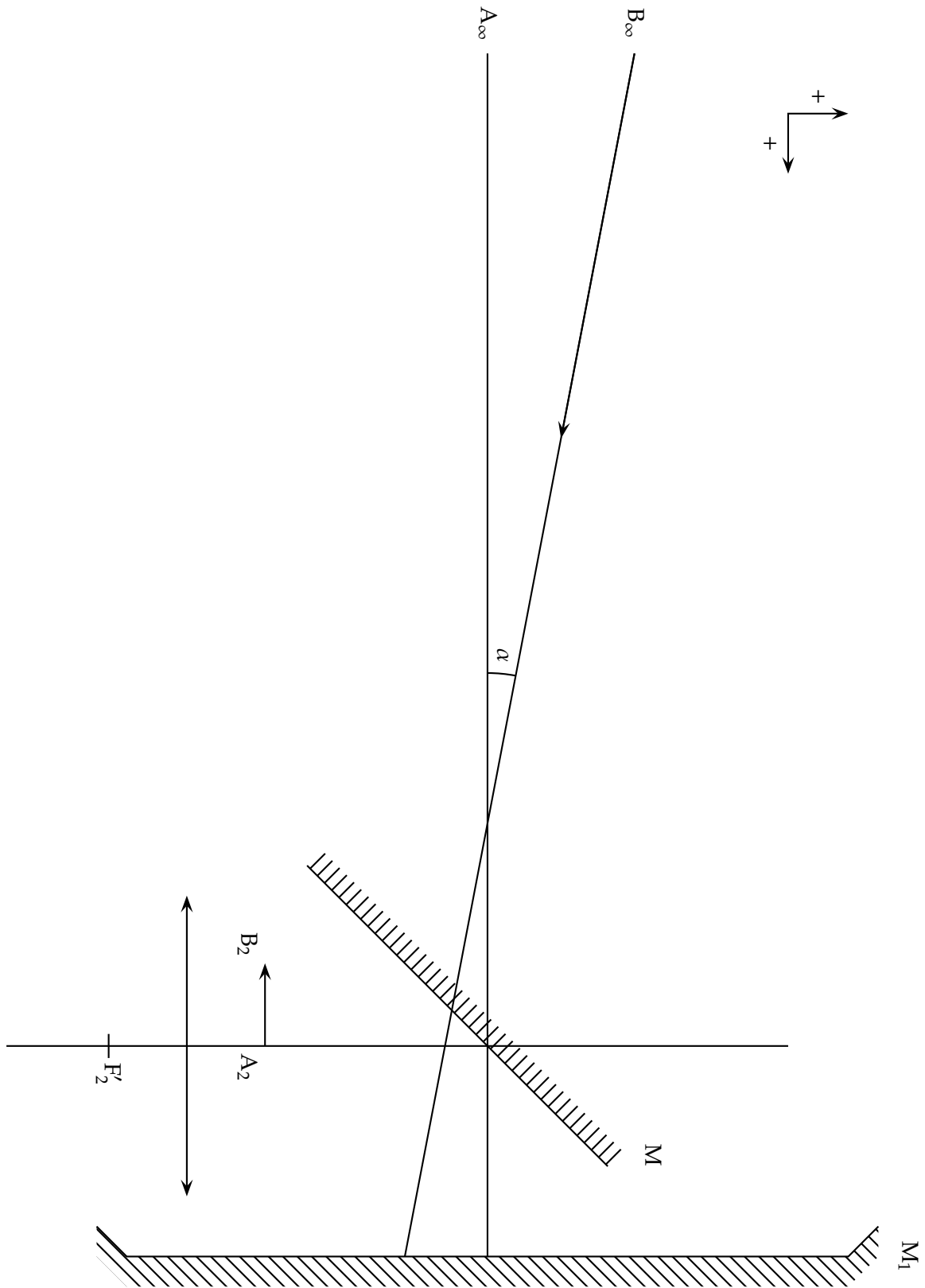
Nom : Prénom

Figure 3



Nom : Prénom

Figure 4



Nom : Prénom

Corrigé du DS de Spécialité n°2
Le télescope de Newton
1. Miroir sphérique

$$1.1. f' = \frac{R}{2} \text{ ou encore } \overline{F'S} = \frac{\overline{CS}}{2}$$

2. Miroir secondaire

2.2. L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'objet pour le miroir plan M.

3. Oculaire

3.2. L'image définitive $A'B'$ de la planète Mars se situe à l'infini, puisque A_2B_2 est dans le plan focal de la lentille oculaire L.

4. Grossissement

$$4.1. G = \frac{f'_1}{f'_2} \Rightarrow f'_2 = \frac{f'_1}{G}$$

$$\Rightarrow f'_2 = \frac{720}{325} = 2,22 \text{ mm}$$

$$4.1.1. \alpha = \frac{AB}{d} + \text{figure avec un œil.}$$

$$4.1.2. G = \frac{\alpha'}{\alpha} \Rightarrow \alpha' = G\alpha$$

$$\Rightarrow \alpha' = 325 \times 3,88 \cdot 10^{-3} = 1,26 \text{ degrés}$$

5. Cercle oculaire

5.1. Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif (miroir M_1). Il concentre tous les faisceaux lumineux sortant du télescope, c'est donc l'endroit idéal où placer l'œil pour recevoir un maximum de lumière.

5.2. Distance lentille L — miroir objectif M_1 pour un télescope afocal :

$$\overline{O_1O_2} = f'_1 + f'_2 = 720 + 2,22 = 722,22 \text{ mm}$$

Formule de conjugaison pour L, A_c étant l'image de O_1 :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_c}} - \frac{1}{\overline{O_2O_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{O_2A_c}} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{O_2O_1}} + \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}}$$

$$\Rightarrow \overline{O_2A_c} = \frac{1}{\frac{1}{-722,22} + \frac{1}{2,22}} = 2,23 \text{ mm}$$

5.3. Grandissement pour L :

$$\gamma_2 = \frac{\overline{O_2A_c}}{\overline{O_2O_1}} = \frac{2,23}{-722,22} = -3,08 \cdot 10^{-3}$$

Diamètre de l'objectif : 130 mm ;

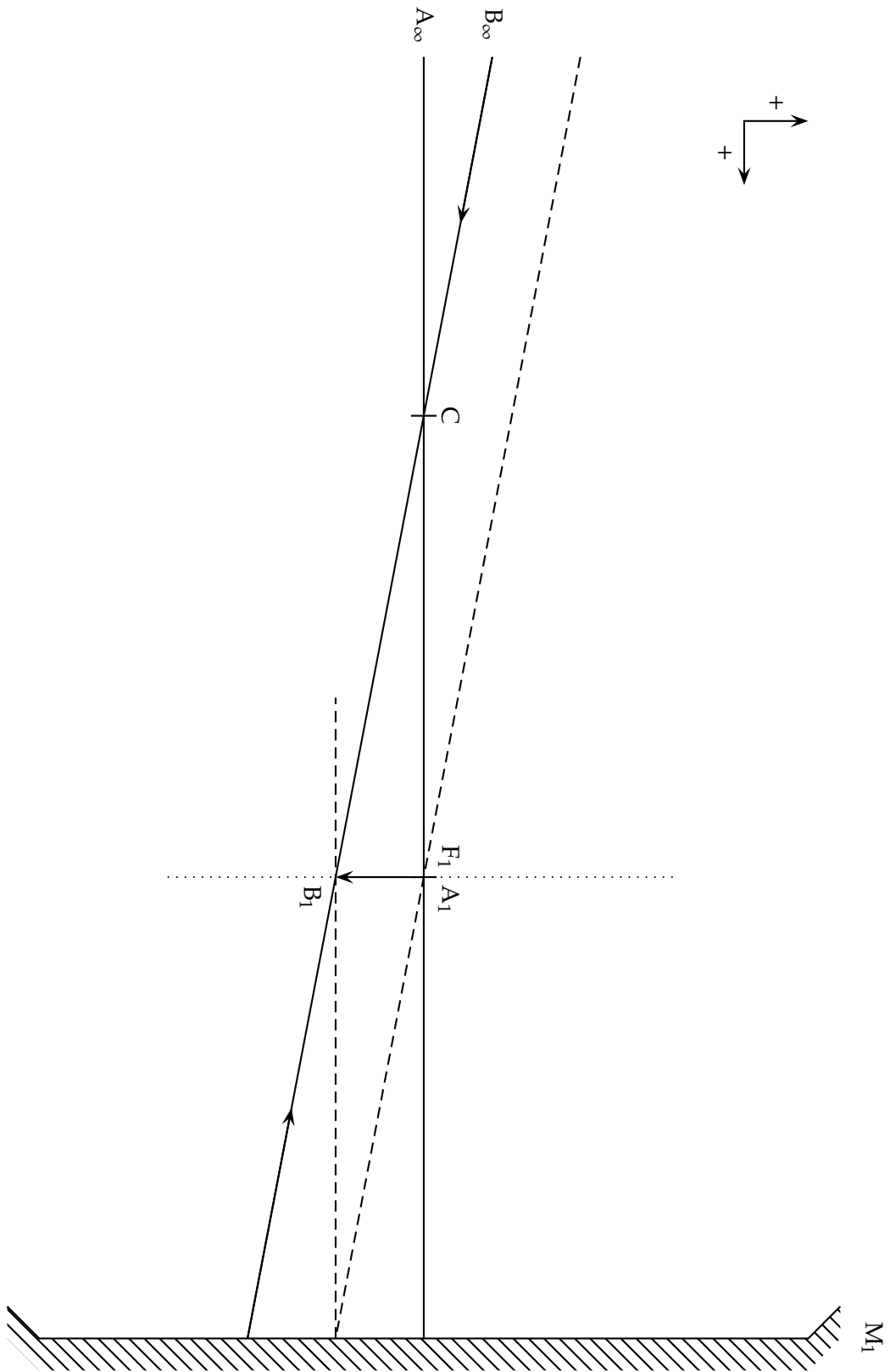
\Rightarrow Diamètre de l'oculaire :

$$130 \times 3,08 \cdot 10^{-3} = 0,401 \text{ mm}$$

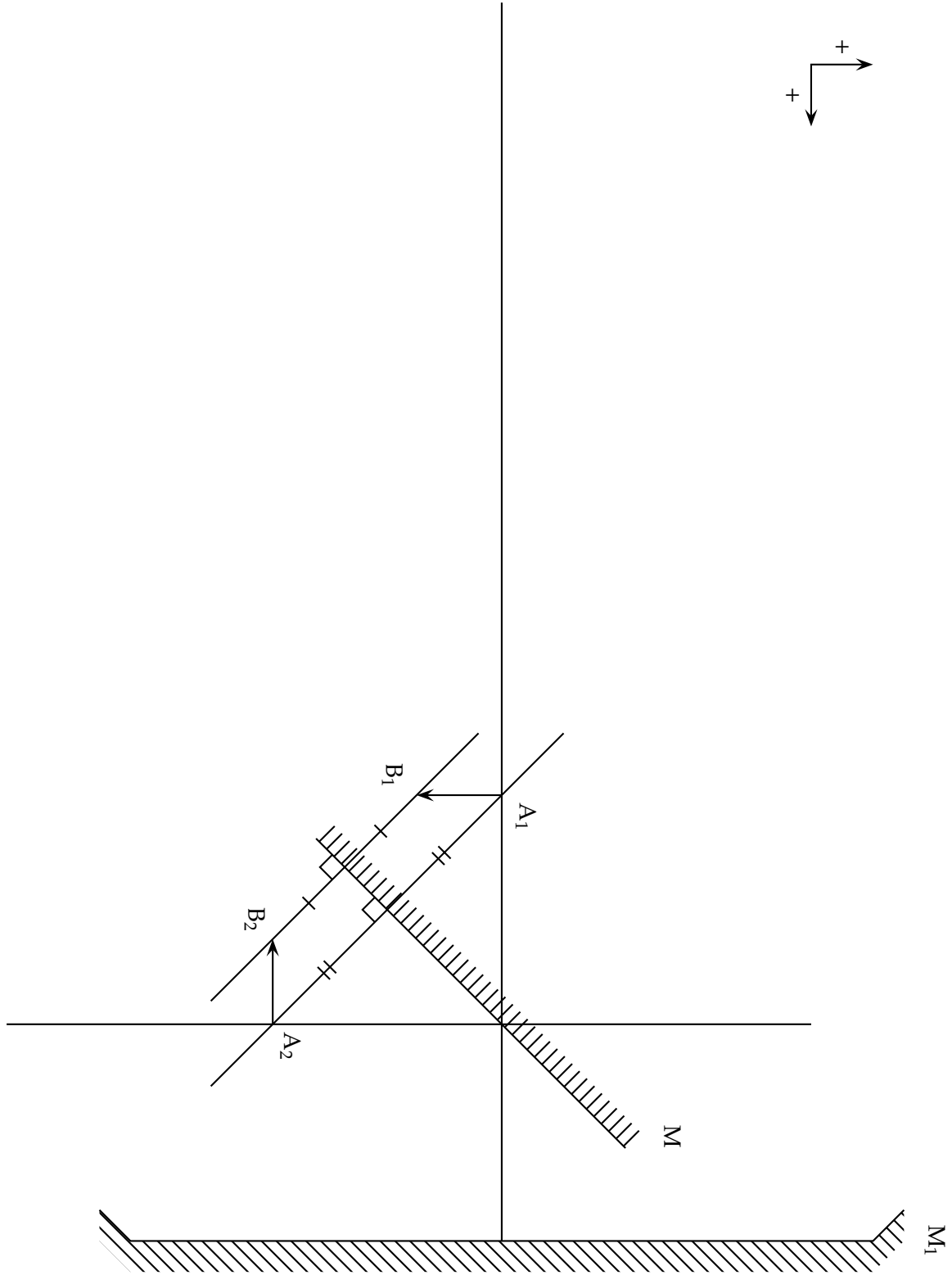
Le diamètre est nettement inférieur à celui de la pupille, l'observation avec cet instrument sera facile même si l'œil n'est pas exactement positionné au cercle oculaire.

★★
★

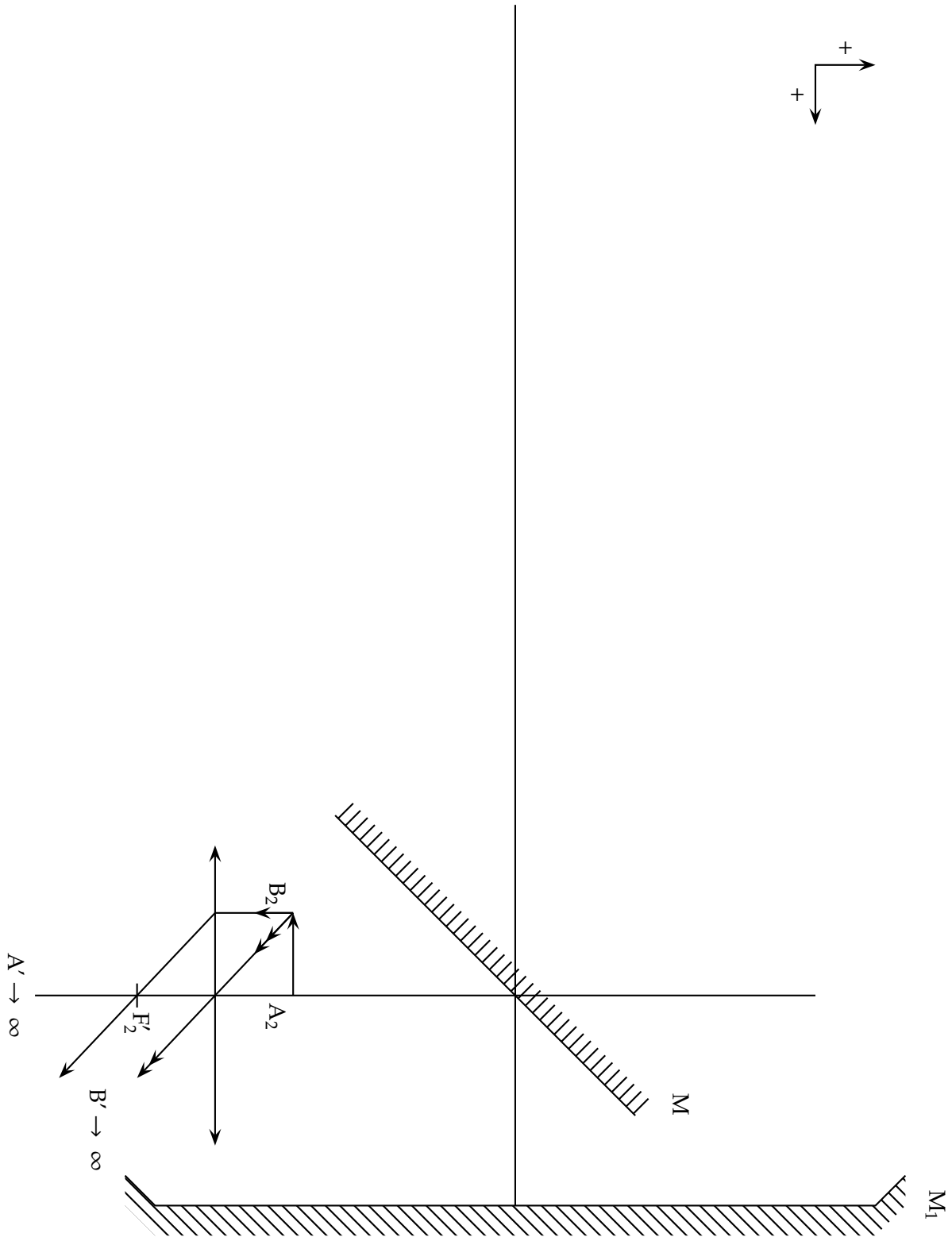
Correction Figure 1



Correction Figure 2



Correction Figure 3

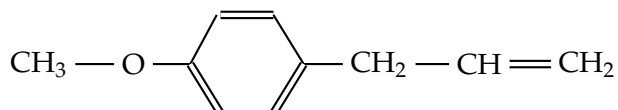


DS Spé n°2

Constructions	../10
<input type="checkbox"/> F1 : positions de C et de F ₁	
<input type="checkbox"/> F1 : rayon revenant sur lui-même	
<input type="checkbox"/> F1 : A ₁ B ₁	
<input type="checkbox"/> F2 : A ₁ B ₁	
<input type="checkbox"/> F2 : tracé géométrique	
<input type="checkbox"/> F3 : tracé des rayons	
<input type="checkbox"/> F3 : A'B' à l'∞	
<input type="checkbox"/> F4 : fin du tracé du rayon	
<input type="checkbox"/> F4 : fin du tracé du rayon	
<input type="checkbox"/> F4 : bonus si A ₁ B ₁ aligné	
<input type="checkbox"/> F4 : angles α et α'	
Réponses 1 à 4	../6
<input type="checkbox"/> $f' = R/2$	
<input type="checkbox"/> A ₁ B ₁ objet pour M	
<input type="checkbox"/> A'B' à l'∞	
<input type="checkbox"/> $f'_2 = 2,22$ mm	
<input type="checkbox"/> $\alpha = AB/d$ + figure	
<input type="checkbox"/> $\alpha' = 1,26^\circ$ ou $2,20 \cdot 10^{-2}$ rad	
Cercle oculaire	../4
<input type="checkbox"/> Cercle oculaire	
<input type="checkbox"/> $\overline{O_2A_c} = 2,23$ mm	
<input type="checkbox"/> $\overline{O_2A_c} = 2,23$ mm	
<input type="checkbox"/> 0,401 mm	
<input type="checkbox"/> 0,401 mm	
<input type="checkbox"/> Bonus comparaison pupille	
Note	../20

DS de Spécialité n°3 Extraction & identification de l'estragole

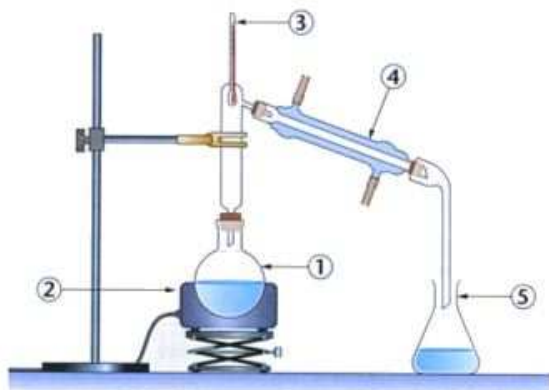
L'estragole existe dans les essences d'estragon, de basilic, d'anis et de fenouil. La formule semi-développée de l'estragole est :



3.1 Hydrodistillation des feuilles d'estragon

Mode opératoire

- Dans un ballon de 500 mL, on introduit 200 mL d'eau distillée, des feuilles finement découpées d'estragon frais et quelques grains de pierre ponce (ou des billes de verre).
- On réalise le montage d'hydrodistillation représenté ci-après et on porte à ébullition le mélange contenu dans le ballon.
- On laisse se poursuivre l'hydrodistillation jusqu'à obtenir environ 50 mL de distillat dont l'aspect est trouble.
- On ajoute au distillat 5,0 g de chlorure de sodium que l'on dissout par agitation.



- On verse ensuite le distillat dans une ampoule à décanter et on introduit 10 mL de dichlorométhane. Après agitation et décantation, on récupère la phase organique.
- On ajoute ensuite du sulfate de magnésium anhydre ; après filtration, on obtient une solution H (huile essentielle).

Questions

- Quel est le rôle de l'eau introduite dans le ballon ?
- Dans le schéma du montage d'hydrodistillation, nommer les différentes parties numérotées 1 à 5 et préciser la fonction des tubulures latérales du dispositif 4.

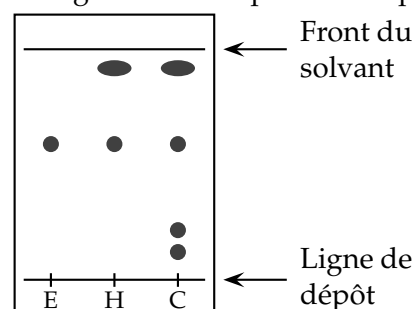
- Expliquer l'aspect trouble du distillat.
- Justifier l'ajout de chlorure de sodium au distillat, en utilisant les données.
- Schématiser l'ampoule à décanter, après agitation et décantation. Préciser les positions de la phase aqueuse et de la phase organique. Justifier à partir des données.
- Quelle précaution liée à la sécurité doit-on prendre lors de l'agitation de l'ampoule à décanter ?
- Pourquoi, après décantation, récupère-t-on la phase organique plutôt que la phase aqueuse ?
- Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?

3.2 Caractérisation de l'estragole

On se propose de vérifier la présence d'estragole dans l'essence d'estragon obtenue par hydrodistillation.

Mode opératoire

- Sur une plaque de silice sensible au rayonnement ultraviolet, on effectue les dépôts suivants :
 - une goutte d'estragole pur notée E ;
 - une goutte de solution notée H ;
 - une goutte d'essence d'estragon du commerce notée C.
- L'éluant est un mélange de cyclohexane à 97,5 % et d'acétate d'éthyle à 2,5 % en volume. La plaque est révélée avec une lampe émettant des radiations ultraviolettes. Le chromatogramme est reproduit ci-après :



- Le chromatogramme vérifie-t-il la présence d'estragole dans la solution H ? Justifier.
- Calculer le rapport frontal R_f de l'estragole dans les conditions de la chromatographie.

Données

Espèce	estragole	dichlorométhane	eau	eau salée
μ (g.cm ⁻³)	0,96	1,34	1,00	1,1
Solubilité de l'estragole	-	très soluble	peu soluble	très peu soluble

Corrigé du DS Spécialité n°3 Extraction & identification de l'estragole

3.1 Extraction

- a. L'eau sert à entraîner l'essence d'estragole lors de l'hydrodistillation.
- b. 1 : ballon à fond rond ; 2 : chauffe-ballon ; 3 : thermomètre ; 4 : réfrigérant droit ; 5 : erlenmeyer.
Les tubulures latérales sont des tubes par lesquelles rentre (par en bas) et sort (par en haut) l'eau de refroidissement.
- c. Le distillat se présente sous la forme d'une émulsion : estragole peu soluble dans l'eau, sous forme de petites gouttes huileuses en suspension dans l'eau.
- d. Il s'agit d'un relargage : l'ajout d'ions diminue la solubilité (déjà faible) de l'estragole dans l'eau. Le tableau des données permet de justifier cela : solubilité de l'estragole faible dans l'eau, mais très faible dans l'eau salée.
- e. Il faut dégazer, et comme le dichlorométhane est un solvant toxique suspecté mutagène, il faudrait même opérer sous la hotte aspirante.

- f. Lors de l'extraction par solvant, l'estragole se dissout préférentiellement dans le dichlorométhane, dans lequel elle est très soluble. Il faut donc récupérer cette phase organique pour récupérer un maximum d'estragole.
- g. Le sulfate de magnésium anhydre est, comme l'indique l'emploi de « anhydre », un desséchant, qui va absorber les dernières traces d'eau encore dissoutes dans le dichlorométhane.

3.2 Identification

- a. Oui, puisque l'on obtient une tache au niveau du corps pur E.
- b. Attention, pour cette mesure, bien prendre le haut de la tache, comme à chaque fois dans les schémas de chromatogrammes simplifiés :

$$R_f = \frac{h}{H} = \frac{1,9}{3,0} = 0,63$$

★★
★

DS Spé n°3

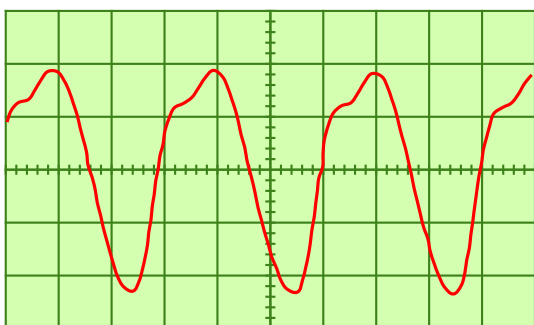
Extraction	.../12
<input type="checkbox"/> Eau entraînant l'estragole <input type="checkbox"/> Ballon, chauffe-ballon <input type="checkbox"/> Thermomètre, erlenmeyer <input type="checkbox"/> Réfrigérant <input type="checkbox"/> Tubulures : entrée basse et sortie haute d'eau <input type="checkbox"/> Émulsion, estragole peu soluble dans l'eau <input type="checkbox"/> Relargage : diminuer solubilité de l'estragole <input type="checkbox"/> Justification tableau « très peu soluble » <input type="checkbox"/> Dégazer, se méfier du dichloro poison chronique <input type="checkbox"/> Récupération de la phase contenant l'estragole <input type="checkbox"/> Estragole + soluble dans dichloro donc s'y dissout <input type="checkbox"/> Desséchant	
Identification	.../3
<input type="checkbox"/> Oui car tache au même niveau que E <input type="checkbox"/> Formule R_f quelconque <input type="checkbox"/> $R_f = 0,63$	
Totaux	.../15
Note	.../20

DS de Spécialité n°4
 Guitare sèche & éprouvette

4.1 Guitare sèche

Une corde de guitare s'appuie d'une part sur le sillet incrusté dans le manche et d'autre part sur le chevalet collé sur la caisse de résonance. La distance entre le chevalet et le sillet est de 65,0 cm. La corde est excitée sinusoïdalement. On constate que pour une fréquence d'excitation égale à 880 Hz, la guitare émet un son. En observant la corde, on remarque la présence de trois fuseaux.

- a. Représenter l'aspect de la corde.
- b. Combien y a-t-il de ventres de vibration ?
- c. Quelle est la distance entre deux nœuds voisins ? Entre deux ventres voisins ?
- d. À quelle fréquence faudrait-il exciter sinusoïdalement la corde pour qu'elle vibre selon le mode fondamental ?
- e. Même question pour obtenir sa vibration selon l'harmonique 5.
- f. Déterminer pour ce mode harmonique la position des nœuds.
- g. On tire maintenant sur la corde en son milieu. On la lâche : elle oscille librement. L'analyse fréquentielle du son émis par la guitare fournit les fréquences des trois principales composantes sinusoïdales : 293 Hz ; 880 Hz ; 1 467 Hz. Interpréter ce résultat.
- h. On pince une corde de la guitare et on visualise à l'oscilloscope le signal délivré par un microphone placé près de l'instrument (oscillogramme représenté ci-dessous). La corde pincée est-elle celle étudiée précédemment ?



Échelle : verticale, 100 mV/div ; horizontale, 1 ms/div.

4.2 Étude expérimentale de la vibration d'une colonne d'air

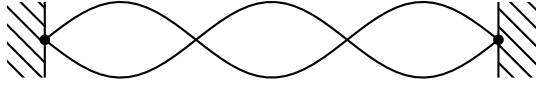
Afin d'étudier la vibration d'une colonne d'air de longueur L réglable contenue dans une éprouvette graduée, on dispose du matériel suivant :

- Éprouvette graduée partiellement remplie d'eau ;
 - Haut-parleur ;
 - Oscilloscope ;
 - Microphone à l'extrémité d'une perche ;
 - GBF.
- a. Décrire un protocole expérimental permettant de mettre en évidence les modes propres de vibration de la colonne d'air comprise entre la surface supérieure du liquide et l'embouchure de l'éprouvette.
 - b. La fréquence la plus faible faisant résonner la colonne d'air vaut 440 Hz et les suivantes valent 1 320 Hz, 2 200 Hz et 3 080 Hz. Comment appelle-t-on ces fréquences ?
Les valeurs de ces fréquences sont dans un rapport simple avec la plus faible ; pour chacune d'entre elles, trouver la valeur de ce rapport.
 - c. L'extrémité ouverte de l'éprouvette correspond-elle à un ventre ou à un nœud ? Même question pour l'extrémité au niveau de la surface de l'eau.
Trouver alors la différence entre ce cas et celui déjà étudié en TP, pour lequel le tuyau était ouvert aux deux extrémités.
 - d. Pour les fréquences produisant la résonance, on étudie l'amplitude de la vibration des points le long de la colonne d'air. Décrire un protocole permettant cette étude.
 - e. Pour une fréquence de 1 320 Hz, on observe deux ventres et deux nœuds de vibration. Schématiser le tuyau sonore en indiquant les positions des nœuds et des ventres. Justifier.

Corrigé du DS Spécialité n°4 Guitare sèche & éprouvette

4.1 Guitare sèche

a. Aspect de la corde avec trois fuseaux :



b. Trois fuseaux, trois ventres.

c. Les distances entre deux nœuds ou entre deux ventres sont égales ; les extrémités étant des nœuds :

$$\frac{L}{3 \text{ fuseaux}} = \frac{65,0}{3} = 21,7 \text{ cm}$$

Cette longueur correspond à $\lambda/2$.

d. Pour la troisième harmonique :

$$f_3 = 880 \text{ Hz} \quad \text{et} \quad f_3 = 3f_1$$

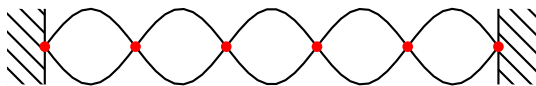
et donc :

$$f_1 = \frac{f_3}{3} = \frac{880}{3} = 293 \text{ Hz}$$

e. Pour obtenir la vibration de la corde selon l'harmonique 5, il faut forcer la vibration à la fréquence f_5 telle que :

$$f_5 = 5f_1 = 5 \times 293 = 1467 \text{ Hz}$$

f. Un schéma valant mieux qu'un long discours, les nœuds sont repérés par les points rouges • :



g. On compte six nœuds sur la corde. La distance entre deux nœuds vaut :

$$\frac{L}{5 \text{ fuseaux}} = \frac{65,0}{5} = 13,0 \text{ cm}$$

Les positions des nœuds sont donc : 0 cm, 13 cm, 26 cm, 39 cm, 52 cm et 65 cm.

h. La plus faible fréquence correspond au mode fondamental :

$$f_1 = 293 \text{ Hz}$$

Si on multiplie cette fréquence par trois, on retrouve le troisième harmonique :

$$f_3 = 3f_1 = 3 \times 293 = 879 \text{ Hz} \approx 880 \text{ Hz}$$

Et enfin, si on multiplie la fréquence du fondamental par cinq, on retrouve le cinquième harmonique :

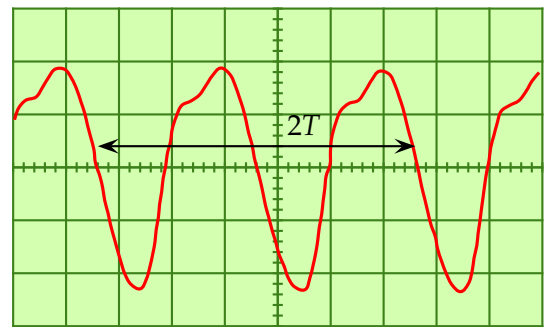
$$f_5 = 5f_1 = 5 \times 293 = 1465 \text{ Hz} \approx 1467 \text{ Hz}$$

En conclusion nous pouvons remarquer que la corde vibre librement selon ses trois premières harmoniques *impaires*.

i. Pour vérifier que l'enregistrement correspond à la corde précédente, on mesure la période du signal, qui correspond obligatoirement à celle du fondamental. Pour augmenter la précision de la mesure, on effectue la mesure de T_1 sur le plus grand nombre de périodes possible, ici deux :

$$2T_1 = 6,0 \text{ div} \times 1 \text{ ms/div} = 6,0 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow T_1 = 3,0 \text{ ms}$$



À partir de la période, on en déduit la fréquence :

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{3,0 \cdot 10^{-3}} = 333 \text{ Hz}$$

La fréquence trouvée présente un écart en pourcentage de 14 % avec la fréquence du fondamental trouvée précédemment, donc l'enregistrement ne correspond pas à celui de la corde étudiée.

4.2 Étude expérimentale de la vibration d'une colonne d'air

a. Protocole expérimental :

- Disposer le haut-parleur au niveau de l'extrémité ouverte de l'éprouvette graduée ;
- Brancher le haut-parleur sur la sortie 8 Ω du GBF, et régler l'amplitude du signal de sortie de ce dernier afin que le son soit tout juste audible ;
- Changer lentement la fréquence f du signal du GBF, en notant les fréquences f_i donnant lieu à des résonances. Ces fréquences correspondent aux modes propres de la colonne d'air.

b. Les fréquences dont il est question sont des harmoniques, ou fréquences des modes propres de la colonne d'air. Trouver le rapport n entre ces fréquences et celle du fondamental $f_1 = 440 \text{ Hz}$ est un jeu d'en-

fant :

$$\frac{1320}{440} = 3 \Rightarrow \text{harmonique 3, } f_3 = 1320 \text{ Hz}$$

$$\frac{2200}{440} = 5 \Rightarrow \text{harmonique 5, } f_5 = 2200 \text{ Hz}$$

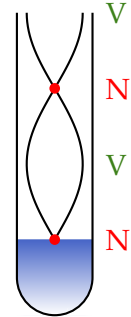
$$\frac{3080}{440} = 7 \Rightarrow \text{harmonique 7, } f_7 = 3080 \text{ Hz}$$

- c. L'extrémité ouverte de l'éprouvette, libre de tout mouvement, correspond à un ventre. L'extrémité à la surface de l'eau, en contact avec un liquide que l'on peut considérer comme immobile en première approximation, correspond à un nœud.

En TP, le tuyau était ouvert aux deux extrémités, donc les extrémités correspondaient toutes deux à des ventres.

- d. Pour étudier l'amplitude de la vibration le long de la colonne d'air, il suffit de descendre la perche terminée par le microphone dans l'éprouvette, en observant à l'oscilloscope l'amplitude des vibrations captées. En notant les minimums et les maximums dans ces amplitudes, on peut alors déterminer la position des nœuds et des ventres.

- e. Sur les deux nœuds, un correspond à la surface de l'eau. Reste alors un nœud à placer. De même, sur les deux ventres, un correspond à l'extrémité ouverte de l'éprouvette. Reste alors un seul ventre à placer.



★★
★

Spé DS n°4

Guitare

.../15

- Corde 3 fuseaux
- 3 ventres
- $L/3 = 21,7 \text{ cm}$
- Idem pour nœuds & ventres
- $f_1 = f_3/3$
- $f_1 = 293 \text{ Hz}$
- $f_5 = 5f_1$
- $f_5 = 1467 \text{ Hz}$
- Corde 5 fuseaux
- N à 0, 13, 26, 39, 52 et 65 cm
- $f_1 = 293 \text{ Hz}$
- $f_3 = 879 \text{ Hz}$
- $f_5 = 1465 \text{ Hz}$
- $T_1 = 3 \text{ ms}$
- $f_1 = 333 \text{ Hz}$, réponse négative

Éprouvette

.../10

- Disposer le HP à l'extrémité
- Brancher le HP sur 8Ω de GBF
- Changer $f \rightarrow$ résonances
- Harmoniques
- 3, 5 et 7
- Ventre & nœud
- TP : ventres aux 2 extrémités
- Descendre la perche
- Noter amplitudes à l'oscillo
- Schéma avec 1 fuseau 1/2

Total

.../25

Note

.../20

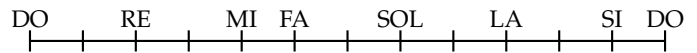
DS de Spécialité n°5 Xylophone

On s'intéresse au son émis par des plaques métalliques de longueurs ℓ , frappées à l'aide d'un petit marteau. Une plaque en vibration résonne et produit un son bref pendant quelques secondes.

5.1 Étude de quelques périodes

On capte le son à l'aide d'un microphone qui convertit les vibrations acoustiques en une tension électrique supposée reproduire fidèlement l'onde sonore. L'un des enregistrements fournit le graphe reproduit sur la figure 1 en annexe.

- ① Quelle serait l'allure de la tension si le son émis était pur ?
- ② Si f désigne la fréquence de la tension enregistrée, à quelle caractéristique du son émis, f est-elle reliée ?
- ③ Effectuez une mesure de période T sur la figure 1, de la façon la plus précise possible. Faites apparaître sur cette figure la façon dont vous effectuez cette mesure de période. En déduire la fréquence f du son émis.
- ④ À main levée, dessinez sur la figure 2 l'allure de l'enregistrement si le son émis était pur.
- ⑤ Rappeler à quelle fréquence exacte correspond le LA_3 , puis le LA_4 , de fréquence plus élevée que le LA_3 .
- ⑥ Trouvez alors à quelle note correspond le son émis par la plaque métallique. Rappel de l'ordre des notes :



Nota bene : selon la qualité de votre mesure de période effectuée à la question 3, il peut y avoir jusqu'à une dizaine de hertz de différence entre la fréquence f du signal et la fréquence de la note la plus proche.

5.2 Étude des transitoires

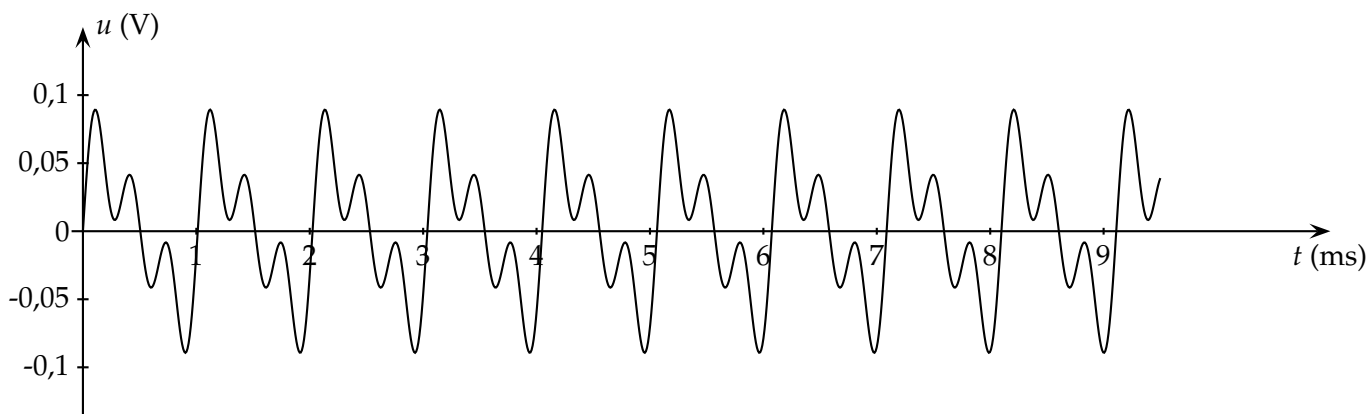
La figure 3 reproduit l'enregistrement du son sur le temps total de 4 secondes.

- ⑦ Distinguez trois phases dans cet enregistrement (vous pouvez répondre directement sur l'enregistrement). Ces différentes phases du son ont-elles de l'influence sur la façon dont le son est perçu ?

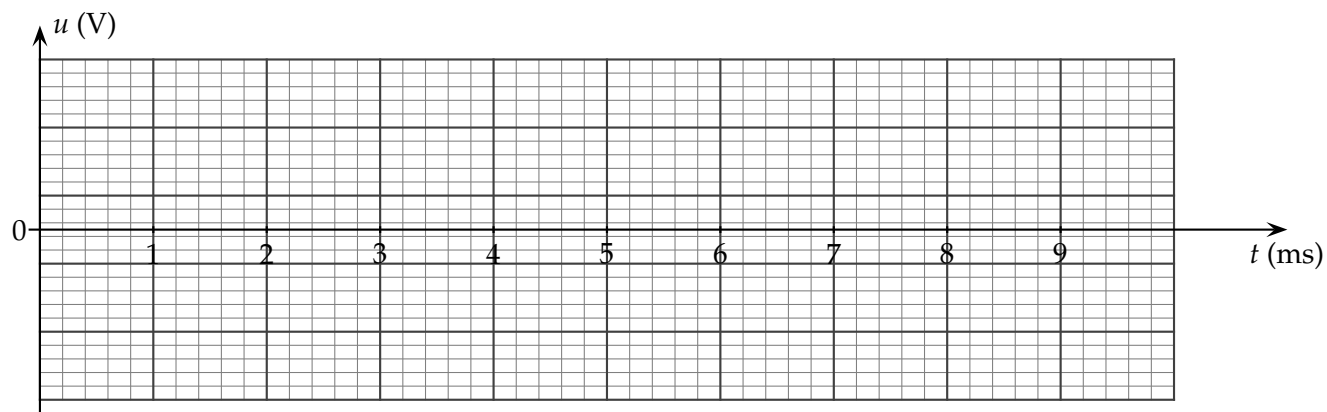
5.3 Intensité sonore perçue

- ⑨ Rappeler la définition du niveau sonore et de l'intensité sonore.
- ⑩ À un mètre du xylophone, on mesure $L = 60 \text{ dB}_A$. Calculez l'intensité sonore associée.

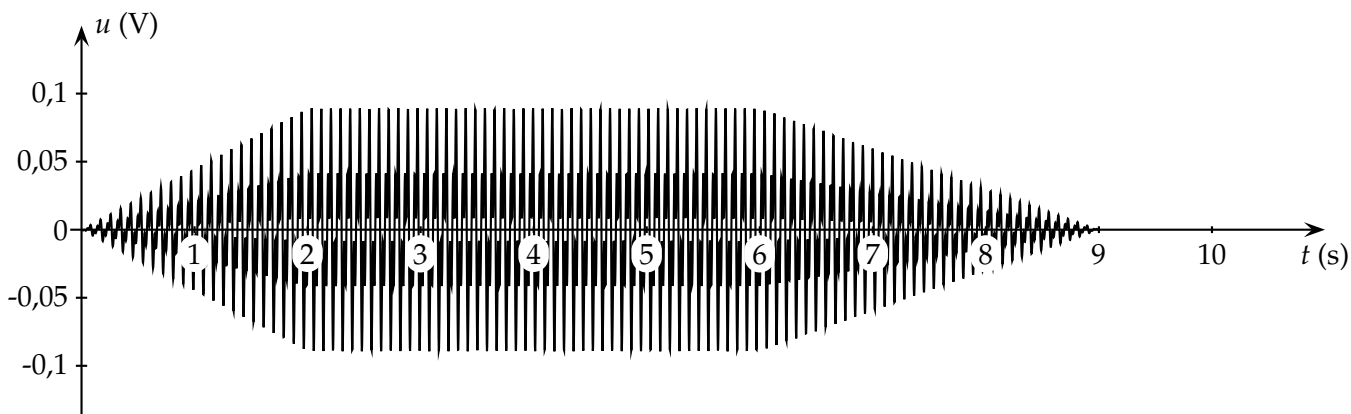
Nom : Prénom :



F . 1 — Enregistrement de quelques périodes du signal (attention à l'unité de l'axe des abscisses).



F . 2 — Cas d'un son pur, reproduction d'une période, à compléter.



F . 3 — Totalité de l'enregistrement sonore (attention à l'unité de l'axe des abscisses).

Corrigé du DS Spécialité n°5 - Xylophone

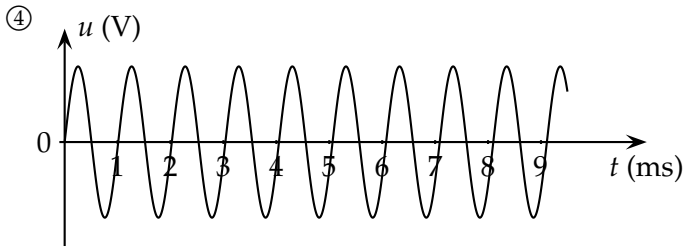
5.1 Étude de quelques périodes

- ① Sinusoïde.
 ② Hauteur du son.
 ③ On mesure pour 9 périodes :

$$T = \frac{13.65}{13.5} \times \frac{9 \cdot 10^{-3}}{9} \approx 1,011 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

La fréquence f est l'inverse de la période :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,011 \cdot 10^{-3}} = 989 \text{ Hz}$$



- ⑤ Le LA_3 correspond à 440 Hz, et le LA_4 à 880 Hz (une octave de différence).
 ⑥ Calculons la fréquence correspondant à un SI_4 :

$$880 \times (2)^{\frac{1}{12}} \approx 988 \text{ Hz}$$

Cette fréquence est très proche de celle trouvée pour le son, donc ce dernier est un SI_4 .

5.2 Étude des transitoires

- ⑦ On distingue l'attaque et l'extinction, de la partie centrale où le son se maintient. Ces différentes phases ont une influence sur la façon dont le son est perçu.

5.3 Intensité sonore perçue

- ⑨ L'intensité sonore I est la puissance de la vibration sonore, reçue par unité de surface :

$$I = \frac{\mathcal{P}}{S} \quad \text{unité : } \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Le niveau sonore L , exprimé en décibels acoustiques (dB_A), est donné par :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

et est mesuré par un sonomètre. I_0 est l'intensité de référence, seuil d'audibilité de l'oreille humaine à 1 000 Hz, qui vaut :

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

⑩ $I = I_0 10^{\frac{L_{\text{dB}_A}}{10}} = 10^{-12} \times 10^{\frac{60}{10}} = 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

DS Spé n°5

- Sinusoïde
- Hauteur
- Mesure sur plusieurs périodes
- $T \approx 1,011 \text{ ms}$
- $f \approx 989 \text{ Hz}$
- Schéma sinusoïde
- Dessin d'un sinusoïde
- 440 Hz pour le LA_3 , 880 Hz pour le LA_4
- Calcul avec $2^{1/12}$
- SI_4
- Attaque, maintient, extinction
- Intensité $I = \mathcal{P}/S$
- Niveau $L = 10 \log (I/I_0)$
- $I = 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Total	.../14
Note	.../20

DS de Spécialité n°6
Dosage des ions cuivre (II)

Cet exercice est la suite du Bac blanc n°1 ; cependant, il est totalement indépendant de ce dernier.

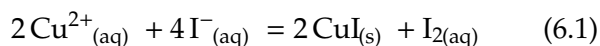
Le but de l'exercice est d'illustrer le dosage de solutions parfois utilisées en hydrométallurgie et contenant des ions cuivre (II) : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

On dispose d'une solution S_1 contenant des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

6.3 Une troisième méthode de dosage

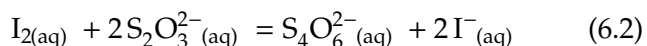
Cette méthode met en jeu deux réactions successives : on prélève un volume $V_1 = 20,0$ mL de la solution S_1 que l'on place dans un erlenmeyer, on ajoute une solution d'iodure de potassium ($\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$).

La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :



On dose ensuite le diiode formé $\text{I}_{2(\text{aq})}$ par une solution de thiosulfate de sodium ($2\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$) : l'erlenmeyer est placé sous une burette contenant la solution de thiosulfate de sodium telle que $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = 0,40$ mol.L⁻¹. L'équivalence est repérée grâce à la décoloration d'empois d'amidon ajouté. Le volume de solution de thiosulfate de sodium ajouté est alors $V_E = 12,4$ mL.

La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :



1. Quelques questions sur cette méthode de dosage.

1.1. Dans la réaction (6.1), il est nécessaire que l'ion iodure $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ soit en excès par rapport aux ions cuivre $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$. Justifier cette nécessité.

On considérera que cette condition est vérifiée par la suite.

1.2. La méthode proposée constitue-t-elle un dosage direct ou indirect des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$? Justifier votre réponse.

2. Exploitation du dosage.

On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

2.1. Quelle relation lie les quantités de diiode n_{I_2} et d'ions thiosulfate $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$ ayant réagi à l'équivalence ?

2.2. Quelle relation lie les quantités de diiode n_{I_2} et d'ions cuivre $n_{\text{Cu}^{2+}}$ mises en jeu lors de la réaction (6.1) ?

2.3. En déduire la concentration $[\text{Cu}^{2+}]$ de la solution S_1 en ion cuivre (II).

★ ★
★

Corrigé du DS Spécialité n°6 Dosage des ions cuivre (II)

- 1.1.** Lorsque l'on va doser le diiode formé par la réaction (1), celui-ci ne sera lié à la quantité d'ions cuivre si et seulement si le cuivre est le réactif limitant dans (1). Si ce n'est pas le cas, les quantités de produits formés seront liées à la quantité d'ions iodure, par à celle d'ions cuivre.
- 2.2.** À nouveau à partir des coefficients stœchiométriques, mais cette fois-ci de la réaction (1) :

$$\frac{1}{2}n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{I}_2}$$

- 2.3.** Des deux égalités précédentes, on déduit :

$$n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$$

$$\Rightarrow [\text{Cu}^{2+}]V_1 = [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]V_E$$

$$\Leftrightarrow [\text{Cu}^{2+}] = [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] \frac{V_E}{V_1}$$

- 1.2.** La méthode constitue un dosage indirect des ions cuivre. En effet, ce ne sont pas directement les ions cuivre qui sont dosés, mais un produit formé par une première réaction (1) avec les ions cuivre.

- 2.1.** Les coefficients stœchiométriques de l'équation de dosage (2) permettent d'écrire :

$$n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2}n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$$

Application numérique :

$$[\text{Cu}^{2+}] = 0,40 \times \frac{12,4}{20} = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$$

Spé DS n°6

- Explication Cu^{2+} réactif limitant
- Dosage indirect, justification
- $n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2}n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$
- $\frac{1}{2}n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{I}_2}$
- $[\text{Cu}^{2+}]V_1 = [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]V_E$ ou équivalent
- $[\text{Cu}^{2+}] = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$

Total .../6

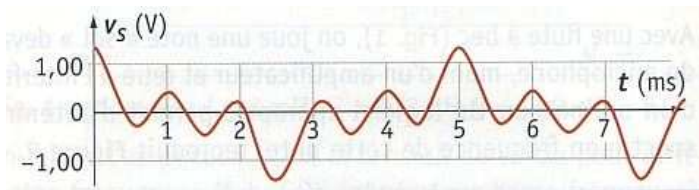
Note .../10

DS de Spécialité n°7 Transmission des informations

7.1 Émetteur radiophonique

A. Étude du signal à transmettre

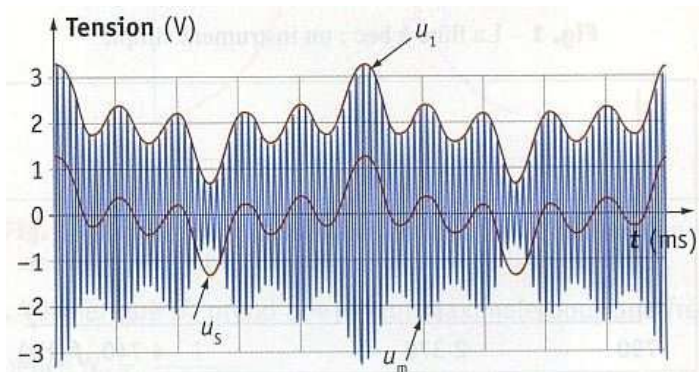
On veut transmettre un signal musical. Pour cela, on joue une note sur un instrument de musique, devant un microphone relié à un système d'acquisition par ordinateur. On visualise alors à l'aide d'un logiciel le signal à transmettre.



- Déterminer la période et calculer la fréquence du signal à transmettre.

B. Étude du signal émis

Pour émettre le signal précédent, on réalise une modulation d'amplitude à l'aide d'un multiplieur. On contrôle le bon fonctionnement du matériel à l'aide du logiciel d'acquisition. On précise que $u_1 = u_s + 2 \text{ V}$ est une tension intermédiaire.



- Que représentent les courbes u_s et u_m ?
- Que se passerait-il si on oubliait d'ajouter une tension continue à u_s ?
- Le signal porteur a pour expression :

$$u_p = 2 \cos(62800 t)$$

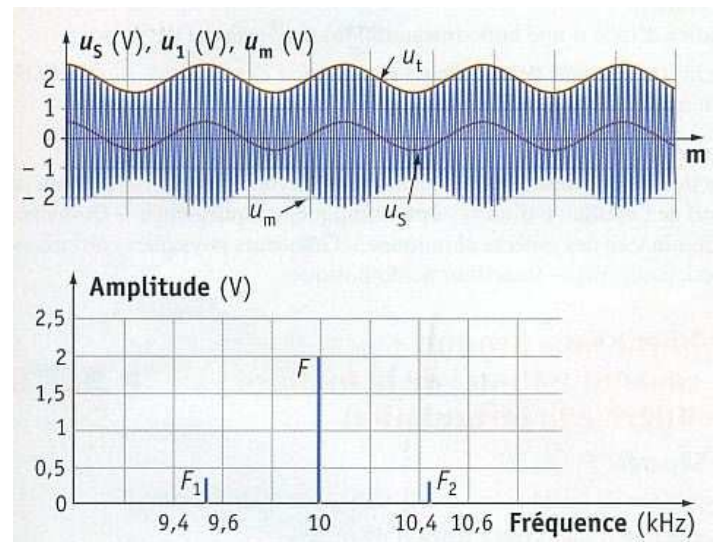
avec u_p en volts (V) et t en secondes (s).

Donner les valeurs de son amplitude et de sa fréquence.

- Retrouver la valeur de la fréquence du signal de la porteuse à partir de la figure ci-dessus.

C. Étude du spectre du signal émis

On réalise le spectre de u_m dans le cas le plus simple, où u_s est le signal correspondant au son d'un diapason. On obtient la figure ci-dessous.



- Exprimer les fréquences F_1 , F_2 et F_3 indiquée sur la figure ci-dessus, en fonction de la fréquence F de la porteuse et f du signal modulant.
- En déduire f .
- Quelle est la longueur de bande nécessaire pour transmettre la note émise par le diapason ?
- Quelle est cette note ?
- Si on avait réalisé le spectre de la tension modulée au B, y aurait-il eu des différences avec le spectre de la figure ci-dessus ? Si oui, lesquelles ?

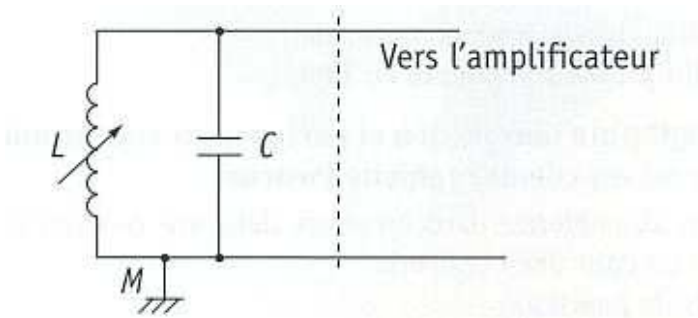
7.2 Récepteur radiophonique

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève a réalisé un récepteur radio réglé sur 164 kHz, et permettant l'écoute de France Inter. La mise en œuvre des différentes étapes suivantes a été effectuée :

capteur — amplificateur — démodulateur — vers écouteurs.

A. Le capteur d'onde électromagnétiques

Ce capteur est équivalent à une bobine idéale d'inductance L associée en parallèle avec un condensateur de capacité C .

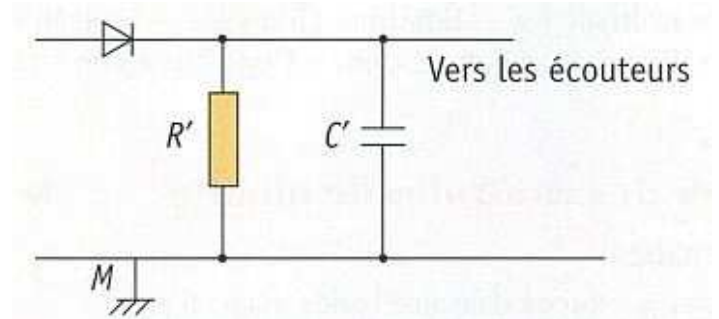


1. Pour une valeur donnée de L , ce circuit permet une bonne écoute de France Inter : quelle est alors la valeur de la fréquence propre du circuit ?
2. Déterminer l'inductance de la bobine permettant de capter France Inter, si la valeur de la capacité C est 0,47 nF.
3. Certains récepteurs anciens différencient les émetteurs par une indication sur un cadran d'une valeur m qui correspond à la longueur d'onde de l'onde porteuse, plutôt qu'à sa fréquence. Déterminer cette indication pour repérer France Inter sur le récepteur.

Donnée : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

B. Le démodulateur

Le démodulateur est constitué d'une diode, d'un conducteur ohmique de résistance R' et d'un condensateur de capacité C' .



4. Le dipôle (R', C') est un détecteur de crête ou détecteur d'enveloppe. Montrer que le produit $R'C'$ est homogène à un temps.
5. Pour avoir une bonne détection, il faut que la constante de temps $\tau = R'C'$ satisfasse la double inégalité suivante :

$$T_p \ll \tau < T_s$$

T_p et T_s étant respectivement les périodes de la porteuse et du signal sonore.

Le conducteur ohmique a une résistance R' de 15 k Ω , les ondes sonores ont une fréquence moyenne de 1 kHz.

Dans la liste suivante, déterminer la valeur de la capacité C' permettant de respecter au mieux la condition indiquée :

1 pF ; 10 pF ; 100 pF ; 1 nF ; 10 nF ; 100 nF ; 1 μ F ; 10 μ F ; 100 μ F.

Corrigé du DS Spécialité n°7 - Radio

7.1 Émetteur radiophonique

1. $T_S = 5 \text{ ms}$ et $f_S = 1/T_S = 200 \text{ Hz}$. Attention de bien choisir une période comme un motif entier qui se répète à l'identique.
2. u_S représente le signal à transmettre.
 u_m correspond au signal modulé.
3. Sans la tension de décalage de 2 volts, il y aurait surmodulation, l'enveloppe du signal modulé ne reproduirait pas le signal à transmettre.
4. L'amplitude vaut $u_{Pm} = 2 \text{ V}$.
La fréquence est telle que $2\pi f_P = 62800$, soit $f_P \approx 10 \text{ kHz}$.
5. Il faut compter le nombre de périodes de porteuse dans le signal modulé, par exemple 10 périodes environ pour une milliseconde, donc $T_P = 0,1 \text{ ms}$ et $f_P = 1/T_P = 10 \text{ kHz}$. On retrouve bien le résultat précédent.
6. $F_3 = F, F_1 = F - f$ et $F_2 = F + f$.
7. On peut lire f comme l'écart entre le pic principal du spectre et l'un des deux pics secondaires :
 $f \approx 0,43 \text{ kHz} = 430 \text{ Hz}$.
8. La longueur de la bande nécessaire à la transmission de ce signal est $2f \approx 460 \text{ Hz}$.
9. Aux erreurs de lecture graphique, la note est un La₃ de 440 Hz.
10. Le pic central aurait été identique (même porteuse), mais les pics latéraux auraient été plus larges (le signal a un spectre riche, que l'on aurait retrouvé sur les deux pics 1 et 2).

7.2 Récepteur radiophonique

1. $f_0 = 164 \text{ kHz}$.

2. Fréquence propre du circuit LC :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Leftrightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C}$$

Application numérique :

$$L = \frac{1}{4 \times 3,14^2 \times (164 \cdot 10^3)^2 \times 0,47 \cdot 10^{-9}} = 2,0 \text{ mH}$$

3. Les longueurs d'onde dans l'air s'identifient à celles dans le vide, l'indice de l'air étant proche de 1 à ces fréquences :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{164 \cdot 10^3} = 1830 \text{ m}$$

Les antennes France Inter en Sologne font $\lambda_0/4 \approx 457 \text{ m}$ de haut.

4. Pour l'analyse dimensionnelle, il faut utiliser en sous-main les lois d'Ohm et du condensateur :

$$[R'C'] = \Omega \cdot F = V \cdot A^{-1} \cdot C \cdot V^{-1}$$

Or $C = A \cdot s$ donc $[R'C'] = s$.

5. La porteuse a une fréquence de 164 kHz, donc une période $T_P = 1/f_P = 6 \cdot 10^{-6} \text{ s}$; Le signal a une fréquence de 1 kHz, donc une période $T_S = 1/f_S = 10^{-3} \text{ s}$. La condition peut être réécrite, en secondes :

$$6 \cdot 10^{-6} \ll \tau < 10^{-3} \Leftrightarrow 6 \cdot 10^{-5} < \tau < 10^{-3}$$

Les valeurs des produits $R'C'$ sont, avec les valeurs données, les suivants : $1,510^{-8} \text{ s}$; $1,510^{-7} \text{ s}$; $1,510^{-6} \text{ s}$; $1,510^{-5} \text{ s}$; $1,510^{-4} \text{ s}$; $1,510^{-3} \text{ s}$; $1,510^{-2} \text{ s}$; $1,510^{-1} \text{ s}$; $1,5 \text{ s}$.

On constate que la cinquième valeur, correspondant à $C = 10 \text{ nF}$, est la seule qui convienne.

DS Spé n°7

Émetteur radiophonique	.../11
<input type="checkbox"/> $T_S = 5 \text{ ms}$ et $f_S = 200 \text{ Hz}$	
<input type="checkbox"/> u_S signal à transmettre, u_m signal modulé	
<input type="checkbox"/> Surmodulation	
<input type="checkbox"/> Amplitude $u_{Pm} = 2 \text{ V}$ et fréquence $f_P = 10 \text{ kHz}$	
<input type="checkbox"/> Compter les périodes de porteuse, accord	
<input type="checkbox"/> $F_3 = F, F_1 = F - f$ et $F_2 = F + f$	
<input type="checkbox"/> $f \approx 0,43 \text{ kHz}$	
<input type="checkbox"/> Longueur de la bande $2f \approx 0,46 \text{ kHz}$	
<input type="checkbox"/> $\Delta f_3, 440 \text{ Hz}$	
<input type="checkbox"/> $\Delta f_3, 440 \text{ Hz}$	
<input type="checkbox"/> Spectres latéraux	
Récepteur radiophonique	.../9
<input type="checkbox"/> $f_0 = 164 \text{ kHz}$	
<input type="checkbox"/> $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	
<input type="checkbox"/> $L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C}$	
<input type="checkbox"/> $L = 2,0 \text{ mH}$	
<input type="checkbox"/> $\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$	
<input type="checkbox"/> $\lambda_0 = 1830 \text{ m}$	
<input type="checkbox"/> Analyse dimensionnelle	
<input type="checkbox"/> $C = 10 \text{ nF}$	
<input type="checkbox"/> $C = 10 \text{ nF}$	
Note	.../20

Cinquième partie

Bacs blancs

Exercice III — 4 points

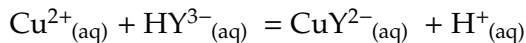
Dosage des ions cuivre

Le but de l'exercice est d'illustrer le dosage de solutions parfois utilisées en hydrométallurgie et contenant des ions cuivre (II) : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

On dispose d'une solution S_1 contenant des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

1. Une première méthode de dosage

Cette méthode consiste à prélever un volume $V_1 = 20,0$ ml de solution S_1 , que l'on place dans un erlenmeyer, et que l'on dose par l'EDTA. Afin que le dosage s'effectue correctement, le milieu réactionnel est tamponné à $\text{pH} = 10$, afin que l'EDTA soit sous la forme d'ions $\text{HY}^{3-}_{(\text{aq})}$. La concentration de l'EDTA utilisé vaut $[\text{HY}^{3-}] = 0,40$ mol.L⁻¹. La transformation chimique mise en jeu lors du dosage est une réaction de complexation, totale et rapide, modélisée par :



Le fait que le milieu réactionnel soit à $\text{pH} = 10$ a pour conséquence la présence d'ions hydroxyde $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ en concentration non négligeable. Du coup la présence de ces ions provoque la précipitation des ions cuivre sous la forme d'un précipité d'hydroxyde de cuivre (II).

Cette dernière réaction peut apparaître comme une réaction parasite par rapport à la réaction de dosage. Il y a « compétition » entre l'EDTA et les ions hydroxyde pour s'accaparer les ions cuivre, mais heureusement dans cette compétition l'EDTA est gagnant : le complexe $\text{CuY}^{2-}_{(\text{aq})}$ est plus stable que le précipité d'hydroxyde de cuivre (II). On parle aussi à ce propos de « masquage de l'ion métallique », car

une fois que l'EDTA a été versé en quantité suffisante, l'ion cuivre a littéralement disparu pour les ions hydroxyde : plus de précipité !

L'équivalence du dosage est repérée grâce à la disparition complète du précipité blanc, donc le retour à une solution limpide. Le volume d'EDTA ajouté est alors $V_E = 12,4$ mL.

- 1.1. Quelques questions sur la méthode de dosage.
 - a. Rappeler les critères de choix d'une réaction de dosage. Ces critères sont-ils respectés ici ? Justifier votre réponse.
 - b. La méthode proposée constitue-t-elle un dosage complexométrique ou par étalonnage ? Justifier votre réponse.

1.2. Exploitation du dosage.

On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

- a. Quelle relation lie les quantités d'ions cuivre $n_{\text{Cu}^{2+}}$ et d'EDTA $n_{\text{HY}^{3-}}$ ayant réagi à l'équivalence ?
- b. En déduire la concentration $[\text{Cu}^{2+}]$ de la solution S_1 en ion cuivre.

2. Deuxième méthode de dosage

On va maintenant réaliser le dosage spectrophotométrique de la solution S_1 .

Pour cela, on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) à partir d'une solution mère S_m de concentration $c_m = 0,50$ mol.L⁻¹. La teinte bleue de ces solutions est due à la présence des ions Cu^{2+} .

Solutions	S_m	S_{d1}	S_{d2}	S_{d3}	S_{d4}	S_{d5}
$[\text{Cu}^{2+}]$ (mol.L ⁻¹)	0,500	0,250	0,200	0,100	0,050	0,010

3.1. Préparation d'une solution diluée : décrire soigneusement la préparation de 50 mL de la solution S_{d2} à partir de la solution mère S_m sachant que l'on dispose de la verrerie suivante :

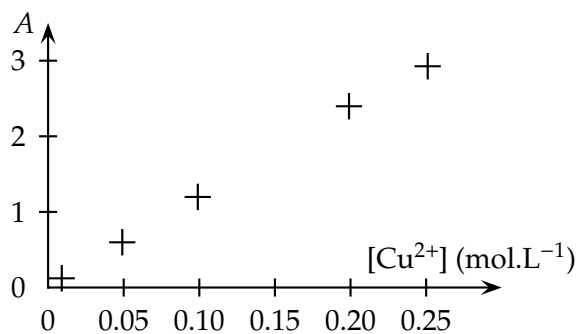
- fioles jaugées de 25 mL, 50 mL, 100 mL ;
- pipettes jaugées de 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- béchers de 50 mL et de 100 mL ;
- éprouvettes graduées de 20 mL et 50 mL.

3.2. Mesure de l'absorbance de chacune des solutions avec un spectrophotomètre.

- a. L'opérateur introduit de l'eau distillée dans une cuve qu'il place dans le spectrophotomètre, il règle alors l'absorbance sur la valeur « zéro ».

Justifier cette opération.

- b. On mesure l'absorbance des solutions préparées. Les points expérimentaux sont présentés sur le graphique suivant :



La loi de Beer-Lambert $A = k \cdot [\text{Cu}^{2+}]$ est-elle vérifiée ?

3.3. Détermination de la concentration de la solution S_1 .

On prélève 25,0 mL de cette solution que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 mL dont on complète le niveau avec de l'eau distillée. Après homogénéisation l'absorbance de cette solution S_2

est mesurée : on trouve $A = 1,5$.

Déterminer graphiquement la concentration en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ de la solution S_2 . En déduire celle de la solution S_1 .

3.4. La méthode employée constitue-t-elle un dosage par titrage ou un dosage par étalonnage ? Justifier.

4. Validité des dosages

4.1. Préparation de la solution S_1 .

En réalité, la solution S_1 a été préparée par dissolution de sulfate de cuivre pentahydraté solide ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) de masse molaire $M = 249,6 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Une masse $m = 15,6 \text{ g}$ de ce produit est utilisée pour préparer un volume $V = 250 \text{ mL}$ de solution, déterminer la concentration en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ de cette solution.

4.2. Conclure sur la validité des dosages effectués précédemment. Justifier votre réponse.

★ ★
★

Corrigé Exercice III Dosage des ions cuivre

1. Première méthode

1.1. a. Une réaction de dosage doit être rapide, totale, unique, avec une équivalence facile à repérer.

Ces critères sont respectés ici : le texte précise que la « réaction de complexation est totale et rapide », qu'elle peut être considérée comme unique puisque « le complexe est plus stable que le précipité », et que l'équivalence « est repérée grâce à la disparition complète du précipité ».

b. La réaction support du dosage est une réaction complexométrique. Il s'agit donc d'un dosage complexométrique.

1.2. a. À l'équivalence, les réactifs titrant & titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, qui valent ici 1 puisque les coefficients stœchiométriques sont 1 dans l'équation-bilan du dosage. Donc :

$$n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{HY}^{3-}}$$

b. En notant c_2 la concentration en ions cuivre (II), titrés, et $c_1 = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$ la concentration en EDTA, titrant :

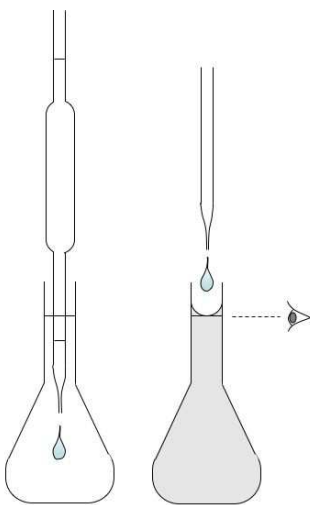
$$c_1 V_1 = c_2 V_{2E} \Rightarrow c_1 = c_2 \frac{V_{2E}}{V_1}$$

Application numérique :

$$c_2 = 0,40 \times \frac{12,4}{20,0} = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$$

2. Deuxième méthode

2.1. Pour expliquer cette dilution, préférer des schémas à une longue explication :



- On prélève 20 mL de solution mère S_m dans un bécher de 50 mL, à l'aide d'une pipette jaugée de 20 mL munie de sa poire aspirante ;
- On transvase ce volume dans une fiole jaugée de 50 mL, et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, sans oublier d'homogénéiser à mi-parcours et surtout à la fin.

Justification du volume V_m de solution mère à prélever :

$$\begin{cases} c_m = 0,50 \text{ mol.L}^{-1} \\ V_m = ? \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} c_{d2} = 0,200 \text{ mol.L}^{-1} \\ V_{d2} = 50 \text{ mL} \end{cases}$$

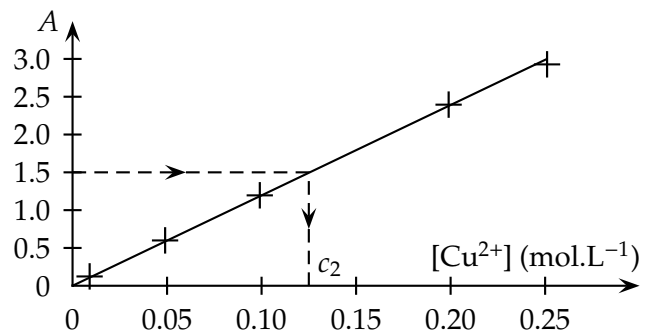
$$c_m V_m = c_{d2} V_{d2} \Leftrightarrow V_m = \frac{c_{d2}}{c_m} V_{d2}$$

Application numérique :

$$V_m = 50 \times \frac{0,200}{0,50} = 20 \text{ mL}$$

2.2. a. Cette opération permet de s'affranchir de l'absorption due aux faces de la cuve et au solvant (ici, l'eau). Il s'agit d'un étalonnage. Cela revient à un changement d'origine de l'échelle d'absorbance. À propos de cette opération, on parle de « faire le blanc ».

b. Les points expérimentaux sont quasiment alignés :



De plus, la droite d'interpolation moyenne passe par l'origine. Ces deux observations confirment totalement la relation linéaire correspondant à la loi de Beer-Lambert :

$$A \propto [\text{Cu}^{2+}]$$

2.3. La détermination graphique est représentée sur la graphique ci-dessus. Entre les solutions S_1 et S_2 , on a une dilution par 2, donc :

$$c_2 = 0,125 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow c_1 = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$$

2.4. Il s'agit d'un dosage par étalonnage, car on a utilisé une gamme étalon ou échelle de teinte pour tracer l'absorbance A en fonction de la concentration $[\text{Cu}^{2+}]$.

3. Validité des dosages

$$3.1. [\text{Cu}^{2+}] = \frac{n}{V} = \frac{m}{VM}$$

Application numérique :

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{15,6}{250 \cdot 10^{-3} \times 249,6} = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$$

3.2. Il y a accord parfait entre les trois valeurs.

Exo III - Cuivre

- Rapide, totale, unique, éq repérable
 - Critères O. K., citation texte
 - Dosage complexométrique
 - $n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{HY}^{3-}}$
 - $c_2 = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$
 - Fiole de 50, pipette de 20
 - Explications dilution
 - Explications « zéro »
 - Relation linéaire donc O. K. pour B.-L.
 - $c_2 = 0,125 \text{ mol.L}^{-1}$
 - $c_1 = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$
 - Dosage par étalonnage
 - $[\text{Cu}^{2+}] = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$
 - Accord parfait
- Total .../14
Note .../4

Exercice III — 4 points

Le microscope

Depuis une vingtaine d'années la microscopie confocale a connu un développement considérable. Ces microscopes équipent maintenant un grand nombre de laboratoires de biologie. Par rapport à la microscopie optique classique, la microscopie confocale permet de réaliser l'image d'un plan à l'intérieur d'un échantillon transparent (par exemple dans le cas d'une cellule biologique). À partir d'une série d'images des différents plans de l'échantillon on peut reconstruire, en utilisant l'outil informatique, l'image tridimensionnelle de l'objet étudié.

Cet exercice comporte une annexe, notée ANNEXE 3 page 117, à rendre avec la copie.

Opérations & formules utiles :

$$\frac{180}{45} = 4$$

La première partie de cet exercice concerne l'étude d'un microscope optique classique.

La seconde partie illustre le principe de fonctionnement d'un microscope confocal.

Dans tout l'exercice, les figures ne sont pas réalisées à l'échelle.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Étude d'un microscope optique classique

L'objet éclairé AB (par exemple une cellule musculaire) est positionné sur la platine porte-échantillon, solidaire du bâti du microscope (figure 1 EN ANNEXE 3 À RENDRE AVEC LA COPIE). L'objectif est modélisé par une lentille mince convergente (L_1) de centre optique O_1 et de distance focale $\overline{O_1F'_1} = f'_1 = 4,5 \text{ mm}$. L'oculaire est modélisé par une lentille mince convergente (L_2) de centre optique O_2 et de distance focale $\overline{O_2F'_2} = f'_2$ supérieure à f'_1 . La distance $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire, appelée intervalle optique, est imposée par le constructeur et est égale à 180 mm.

1.1. Position de l'image intermédiaire A_1B_1

1.1.1. Construire sur la **figure 1 EN ANNEXE AVEC LA COPIE** l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB.

1.1.2. Rappeler la formule de conjugaison des lentilles minces (relation de Descartes) qui *permettrait* de calculer la position de l'image A_1B_1 .

1.2. Observation de l'objet à travers le microscope

1.2.1. Quelle est le rôle joué par l'image intermédiaire A_1B_1 pour l'oculaire (L_2) ?

1.2.2. Le biologiste désire observer la cellule sans fatigue, c'est à dire sans accommoder. Dans ce cas l'image définitive $A'B'$ donnée par le microscope doit se situer à l'infini.

Où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 pour répondre à cette condition ?

1.2.3. Sur la **figure 1 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, placer dans ce cas les foyers de la lentille (L_2).

1.3. Calcul du grandissement

1.3.1. Rappeler la formule définissant le grandissement pour la lentille mince (L_1) dans le cas étudié.

1.3.2. En s'aidant de la **figure 1**, montrer que le grandissement γ_1 de l'objectif peut s'écrire :

$$\gamma_1 = \frac{-\Delta}{f'_1}$$

1.3.3. Calculer la valeur algébrique du grandissement γ_1 . Que peut-on dire de l'inscription "×40" inscrite sur la monture de l'objectif ?

2. Étude du microscope confocal

De nos jours on préfère souvent l'acquisition d'images numériques à la visualisation directe de l'image. Pour cela on peut utiliser un capteur d'image appelé « capteur CCD ». Le microscope classique est alors modifié de la façon suivante : on supprime l'oculaire (L_2) et on positionne le capteur CCD dans le plan de l'image intermédiaire donnée par l'objectif (L_1), en le centrant sur l'axe optique. Par extension ce système imageur continuera à être appelé microscope.

Pour réaliser un « microscope confocal », on introduit également un diaphragme de petite taille (par exemple $50 \mu\text{m}$), lui aussi centré sur l'axe optique, dans le plan du capteur : de cette façon l'ensemble (capteur CCD + diaphragme) permet de réaliser un détecteur quasi ponctuel.

2.1. Sur la **figure 2 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, on a construit le faisceau lumineux issu du point objet A limité par les bords de la lentille.

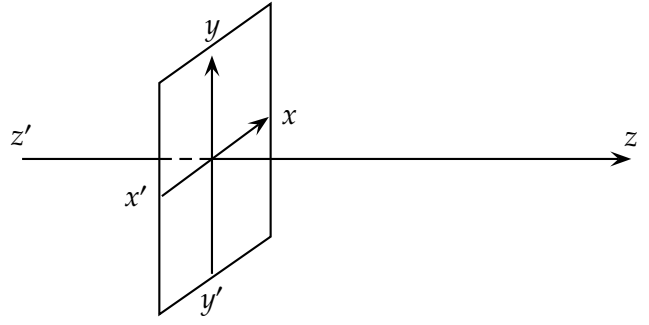
2.1.1. On s'intéresse d'abord au point B de la cellule biologique n'appartenant pas à l'axe optique. Sur la **figure 2 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, construire l'image B_1 du point B ainsi

que le faisceau lumineux issu de B passant par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

2.1.2. On s'intéresse ensuite au point D de la cellule biologique. Sur la **figure 3 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, construire l'image D_1 du point D et le faisceau lumineux issu du point D limité par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

2.1.3. En utilisant les **figures 2 et 3** complétées précédemment **DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, montrer que la plus grande partie de la lumière détectée par le capteur est émise par le point A et non par les point B et D.

2.2. Le système (capteur CCD + diaphragme) étant fixe et centré sur l'axe optique, il est nécessaire de déplacer l'objet pour former successivement toutes les images des points situés entre A et B. Pour cela on utilise une platine porte-échantillon motorisée. Cette platine permet un déplacement dans les trois directions $x'x$, $y'y$ et $z'z$ (voir figure ci-dessous). On construit alors point par point l'image d'un plan de l'échantillon. Pour cette raison, on appelle cette technique « *microscopie à balayage* ». Par opposition à la *microscopie classique*, elle nécessite donc un temps d'acquisition correspondant au déplacement point par point de l'échantillon.



Selon quel axe et dans quel sens faut-il déplacer l'échantillon et où faut-il placer l'objet AB de façon à pouvoir détecter l'image du point B ? Positionner alors l'objet AB sur la **figure 4 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** ; tracer le faisceau issu de B et limité par les bords de la lentille.

2.3. En utilisant le même système d'axes, indiquer comment il faut déplacer l'échantillon pour acquérir l'image du point D de la cellule biologique ?

La microscopie confocale permet ainsi d'acquérir une série d'images des plans en profondeur dans un échantillon transparent et par suite, d'obtenir, grâce à un traitement informatique, des informations sur la structure spatiale de l'échantillon.

★ ★
★

ANNEXE 3 — À rendre avec la copie

Attention : les schémas ne sont pas à l'échelle, et la figure 2 n'est pas à la même échelle horizontale que la figure 1.

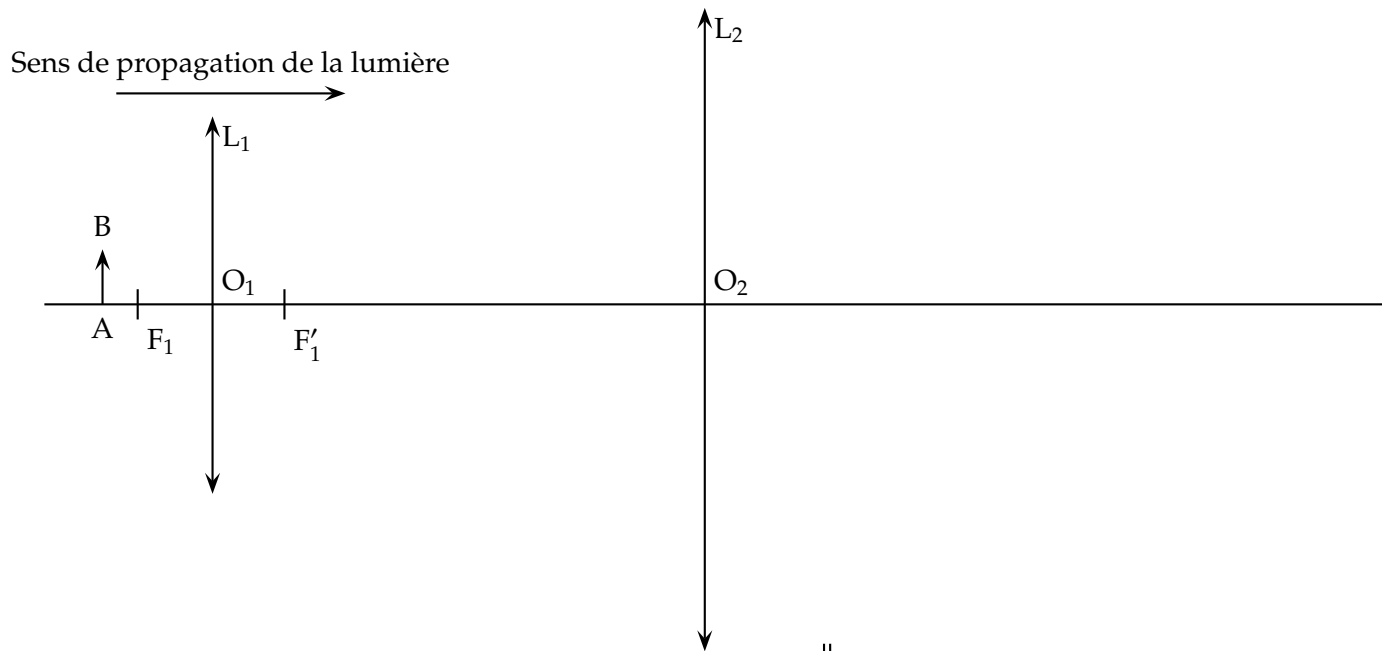


Figure 1

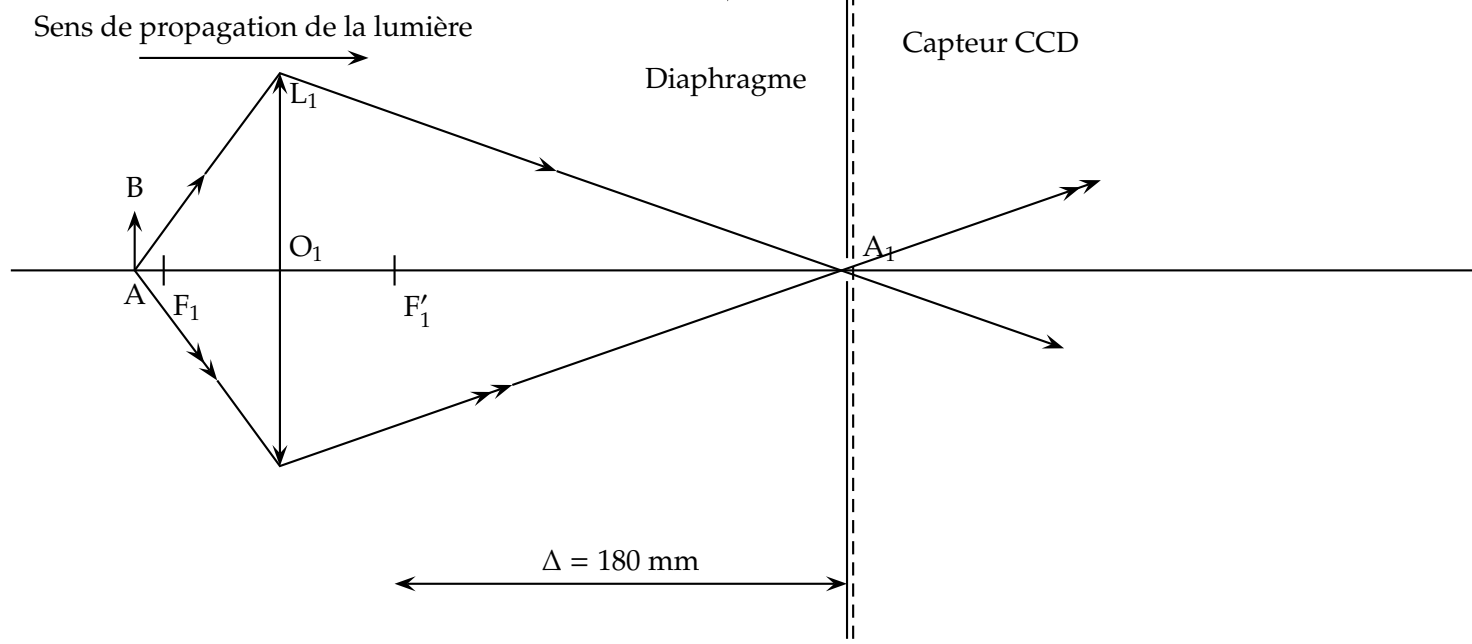
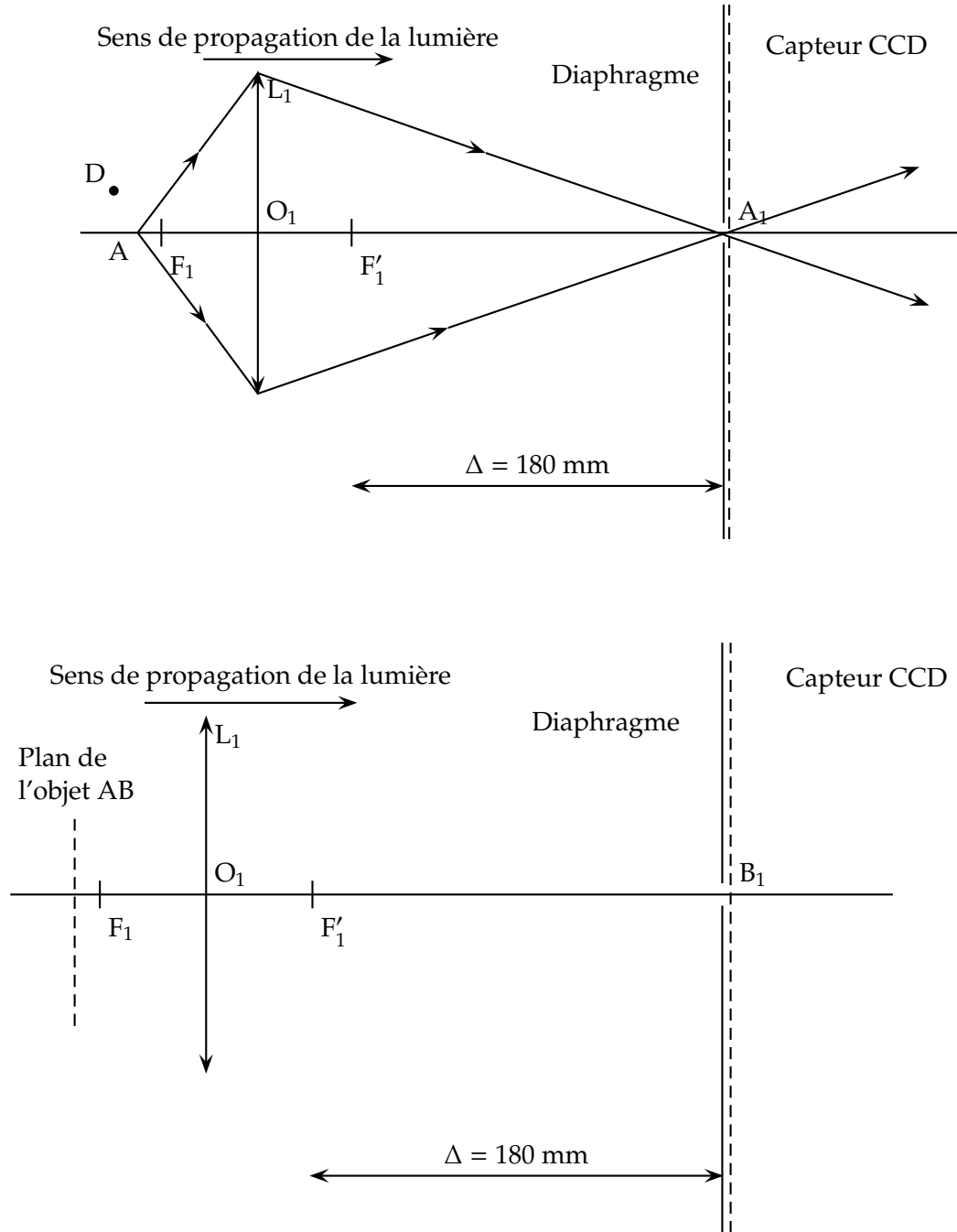


Figure 2

ANNEXE 3 (suite) — À rendre avec la copie



Corrigé Exercice III Le microscope

1.1.1. Voir la figure 1.

1.1.2. Loi de conjugaison pour la lentille (L_1) :

$$\frac{1}{\overline{A_1B_1}} - \frac{1}{\overline{AB}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}}$$

1.2.1. A_1B_1 joue le rôle d'objet réel pour la lentille oculaire (L_2).

1.2.2. Pour une observation sans fatigue, l'image $A'B'$ à la sortie de l'objectif doit se former à l'infini. L'objet intermédiaire A_1B_1 doit se former dans le plan focal objet de (L_2).

1.2.3. Voir figure 1.

1.3.1. Grandissement pour la lentille objectif (L_1) :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

1.3.2. Notons J le point à l'intersection de la lentille (L_1) et du rayon émergent de B, parallèle à l'axe optique ; les triangles ($O_1J_1F'_1$) et ($A_1B_1F'_1$) sont semblables. On peut appliquer Thalès. En apportant une attention particulière à utiliser des grandeurs algébriques toutes positives, on a :

$$\frac{\overline{B_1A_1}}{\overline{O_1J}} = \frac{\overline{F'_1A_1}}{\overline{O_1F'_1}}$$

On a les égalités :

$$\begin{cases} \overline{B_1A_1} = -\overline{A_1B_1} \\ \overline{O_1F'_1} = f'_1 \\ \overline{O_1J_1} = \overline{AB} \\ \overline{F'_1A_1} = \overline{F'_1F_2} = \Delta \end{cases}$$

En remplaçant dans la formule précédente :

$$\begin{aligned} \frac{-\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} &= \frac{\Delta}{f'_1} \\ \Rightarrow \gamma_1 &= -\frac{\Delta}{f'_1} \end{aligned}$$

1.3.3. Application numérique :

$$\gamma_1 = -\frac{180 \times 10^{-3}}{4,5 \times 10^{-3}} = -\frac{180}{45} \frac{1}{10^{-1}} = -40$$

L'inscription "×40" correspond donc à l'indication du grandissement.

2.1.1. B appartient au même plan que A, donc B_1 se forme dans le même plan que A_1 . Ceci justifie la construction de la figure 2.

2.1.2. Voir la figure 3.

2.1.3. En raison de la présence du diaphragme, qui fait écran, le capteur ne peut pas détecter la lumière émise par les points B et D, tel que le montre les constructions des figures 2 et 3.

2.2. L'objet AB doit être placé dans le plan (xOy), typiquement sur l'axe ($y'y$). L'objet doit être placé le long de cet axe avec le point B soit positionné sur l'axe optique ($z'z$). L'image B_1 est alors elle-même sur l'axe optique, au milieu du diaphragme.

2.3. L'échantillon doit être déplacé selon l'axe ($z'z$), en le rapprochant de l'objectif, et doit aussi subir un déplacement selon l'axe ($y'y$), jusqu'à ce que le point D soit positionné sur l'axe optique ($z'z$). L'image D_1 est alors elle-même sur l'axe optique, au milieu du diaphragme.

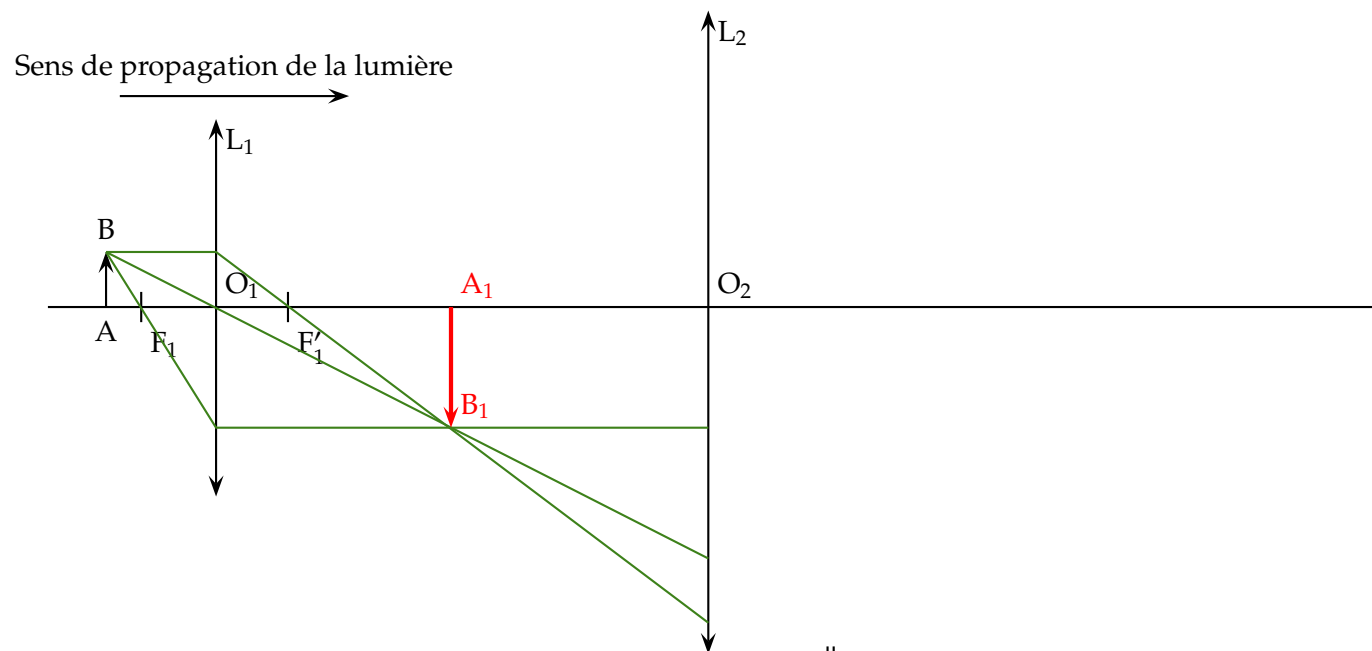


Figure 1

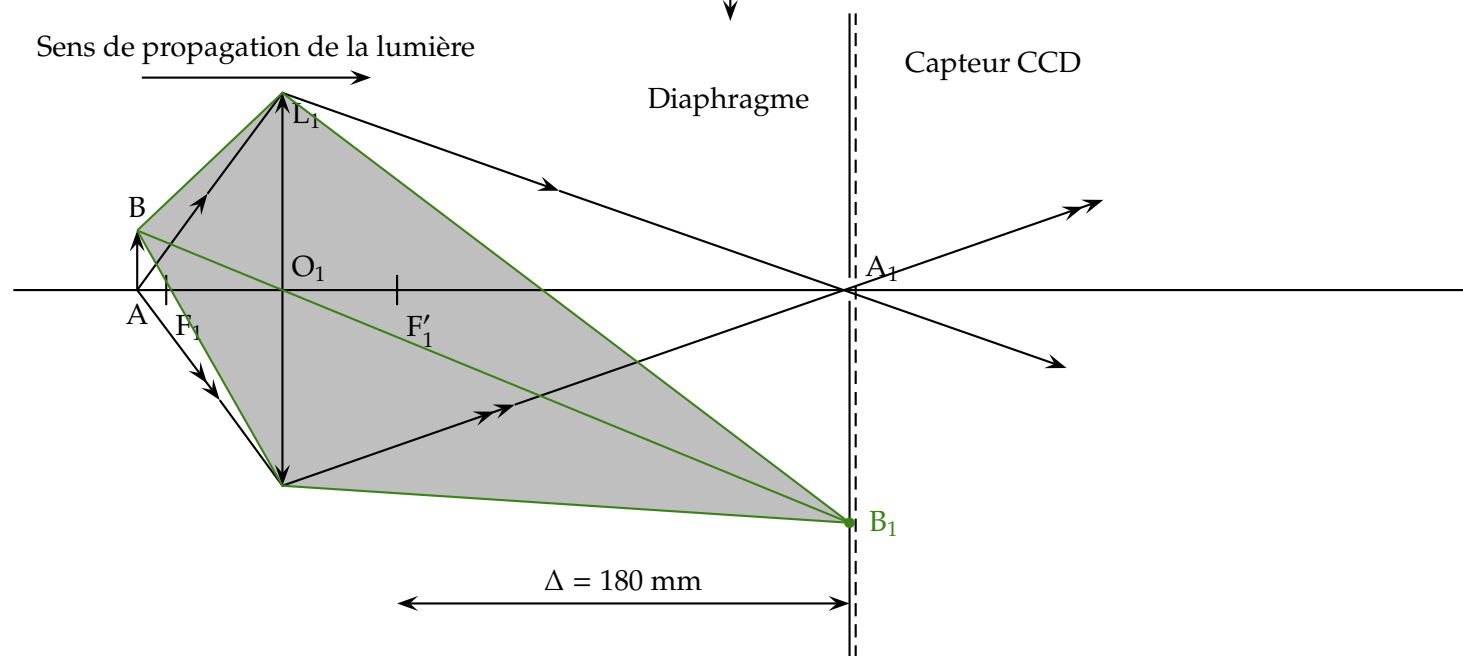


Figure 2

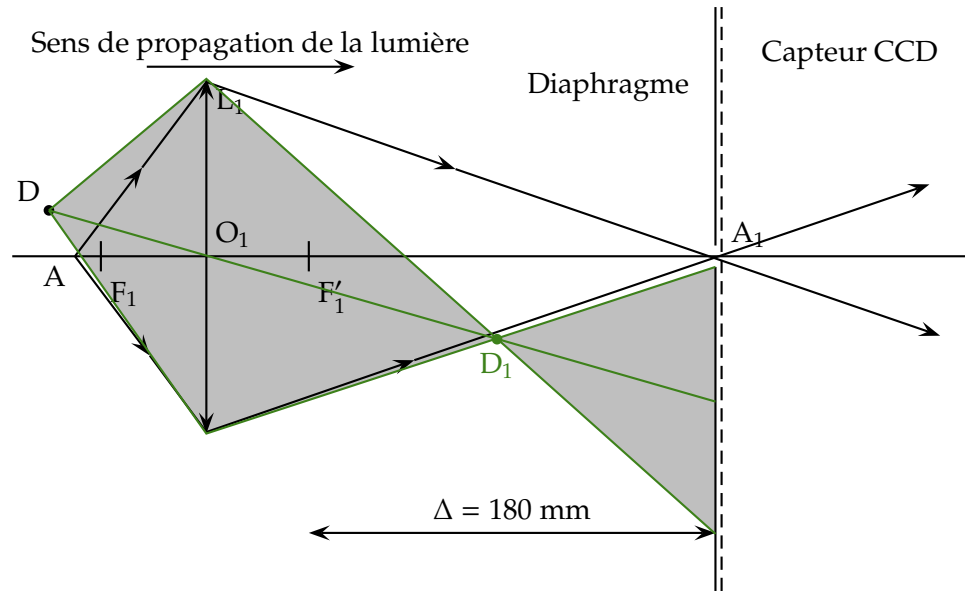


Figure 3

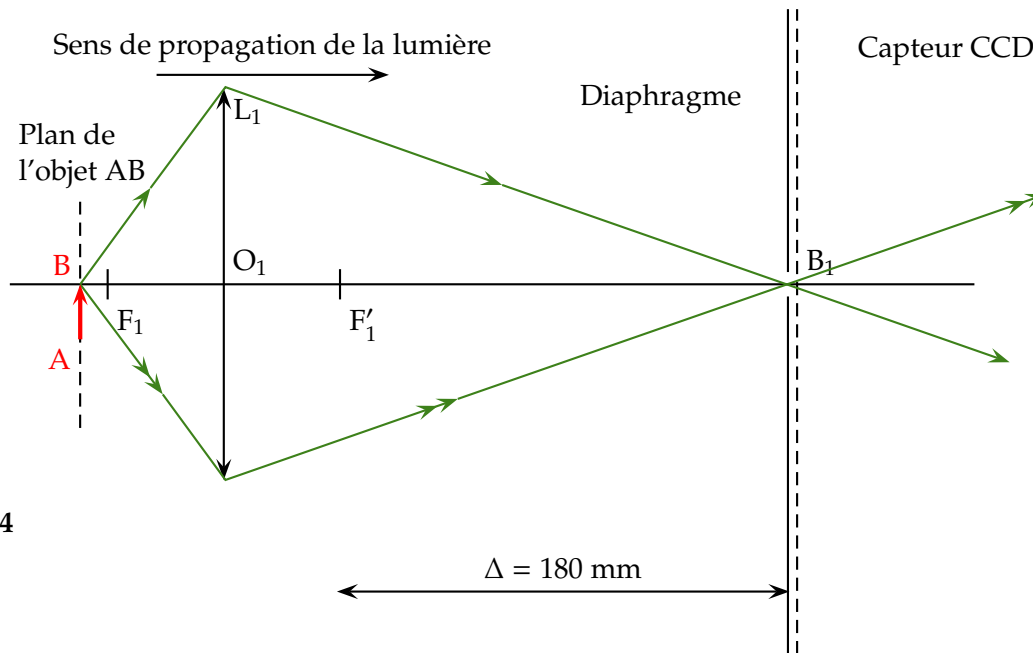


Figure 4

Exo III – Microscope

Constructions

.../9

- Figure 1 : construction A_1B_1 (3 rayons fléchés)
- Figure 1 : construction A_1B_1 (soin, position correcte)
- Figure 1 : positions des foyers F_2 et F'_2
- Figure 2 : construction de B_1 (3 rayons fléchés)
- Figure 2 : construction de B_1 (soin, position correcte, hachures)
- Figure 3 : construction de D_1 (3 rayons fléchés)
- Figure 3 : construction de D_1 (soin, position correcte, hachures)
- Figure 4 : position de l'objet AB
- Figure 4 : faisceau issu de B

1. Microscope optique

.../9

- $\frac{1}{A_1B_1} - \frac{1}{AB} = \frac{1}{O_1F'_1}$ (0 si indices absents ou incorrects)
- A_1B_1 objet (réel) pour L_2
- $A_1B_1 \in$ plan focal objet L_2 (1/2 si foyer)
- $\gamma_1 = \overline{A_1B_1}/\overline{AB}$ ou $\overline{O_1A_1}/\overline{O_1A}$ (0 si mauvais indices ou sans m. a.)
- Démonstration $\gamma_1 = -\Delta/f'_1$ (Thalès ou équivalent)
- Démonstration $\gamma_1 = -\Delta/f'_1$ (notations)
- Démonstration $\gamma_1 = -\Delta/f'_1$ (respect des signes)
- $\gamma_1 = -40$
- $\times 40 =$ valeur absolue grandissement

2. Microscope confocal

.../3

- Faisceaux issus de B et de D écartés par le diaphragme
- Déplacement $y'y$ ou $x'x$ pour observer B
- Déplacement supplémentaire $z'z$ pour observer D

Total

.../21

Note

.../4