

## PHYSIQUE-CHIMIE

Ce sujet comporte 5 exercices. Vous devez en traiter 4  
Ne pas oublier de rendre les feuilles de l'annexe

### Calculatrice non autorisée

Les spécialistes de physique-chimie traitent les exercices 1,2,4 et 5	Les non spécialistes de physique-chimie traitent les exercices 1,2,3 et 5
--	--

### PHYSIQUE (12 points)

#### Exercice 1 : Distance d'arrêt d'un véhicule lors d'un freinage (5 points)

Dans cet exercice, il s'agit d'étudier le freinage d'une automobile. le système {conducteur + voiture} est assimilé à son centre d'inertie G avec une masse  $m = 1,0$  tonne.

Entre le moment où le conducteur perçoit un obstacle et celui où il commence à freiner s'écoule une durée appelée temps de réaction. Cette durée moyenne est de 1 seconde. La distance parcourue pendant le temps de réaction est notée  $D_{TR}$ .

Entre le moment où le conducteur actionne les freins et celui où le véhicule s'arrête, la distance parcourue est appelée distance de freinage notée  $D_F$ .

La distance d'arrêt notée  $D_A$  est la somme de la distance parcourue pendant le temps de réaction et de la distance de freinage.

**Les parties I et II de l'exercice sont indépendantes.**

#### Partie I.

L'automobile roule à vitesse constante  $v = 90 \text{ km.h}^{-1}$  ( $25 \text{ m.s}^{-1}$ ) sur une route rectiligne et horizontale lorsque le conducteur réalise un freinage d'urgence.

##### 1. Phase de réaction

1.1 Calculer la distance  $D_{TR}$  que parcourt l'automobile pendant le temps de réaction.

##### 2. Phase de freinage sur route sèche

On considère que pendant la phase de freinage, l'accélération de l'automobile reste constante. Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les positions successives du centre d'inertie G du système est donnée en annexe 1 figure1 à rendre avec la copie (échelle : 1 cm pour 200 cm).

La durée  $\tau = 0,50 \text{ s}$  sépare deux positions successives du centre d'inertie G. À  $t = 0$ , le centre d'inertie du système est au point  $G_0$  début de la phase de freinage. Au point  $G_8$  le véhicule est à l'arrêt.

2.1 Combien de temps met la voiture pour s'arrêter dans cette phase de freinage ?

2.2 Déterminer la distance de freinage  $D_F$ . En déduire la distance d'arrêt  $D_A$ .

2.3 Exprimer les valeurs des vitesses  $v_2$  et  $v_4$  du centre d'inertie G aux points  $G_2$  et  $G_4$  puis les calculer.

2.4 Représenter les vecteurs vitesses  $\vec{v}_2$  et  $\vec{v}_4$  sur la figure 1 de l'annexe 1 en respectant l'échelle 1 cm pour  $4 \text{ m.s}^{-1}$ .

2.5 Représenter sur la même figure le vecteur  $\vec{\Delta v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$

2.6 Donner l'expression du vecteur accélération  $\vec{a}_3$  au point  $G_3$  puis calculer sa valeur.

L'annexe 1 figure 2 représente l'automobile dans la phase de freinage au point G<sub>3</sub>.

2.7 Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent sur la voiture et les représenter sur le schéma sachant que pendant cette phase, on négligera le frottements de l'air et on assimilera l'ensemble des forces de frottement et de freinage à une force unique  $\vec{F}$ .

2.8 En appliquant la seconde loi de Newton au véhicule dans le référentiel terrestre galiléen, déterminer la valeur de F, (ensemble des forces de frottement et de freinage).

### 3. Phase de freinage sur route verglacée

Le même système dans les mêmes conditions initiales réalise un freinage d'urgence sur route verglacée. La vitesse du centre de gravité G du système est donnée par le graphique de la figure 3.

3.1 Exploiter le graphique pour déterminer la valeur de l'accélération subie par l'automobile pendant ce freinage.

3.2 Combien de temps la voiture met-elle pour s'arrêter.

3.3 La position du véhicule pendant la phase de freinage sur route mouillée est donnée par l'expression  $x(t) = -1,25.t^2 + 25.t$ . Calculer la distance nouvelle distance de freinage  $D_F$  et comparer sa valeur à celle calculée à la question 2.2 puis conclure.

### Parti II.

Sur une autre route, l'automobile roule à vitesse constante  $v'$  lorsque le conducteur réalise un freinage d'urgence. La date  $t = 0$  est choisie au moment où le conducteur actionne les freins. L'équation du mouvement donnant la position  $x(t)$  du véhicule est donnée par la relation  $x(t) = -4,5.t^2 + 36.t$

4.1 Dédire de l'expression de  $x(t)$ , l'expression de la vitesse  $v'(t)$ .

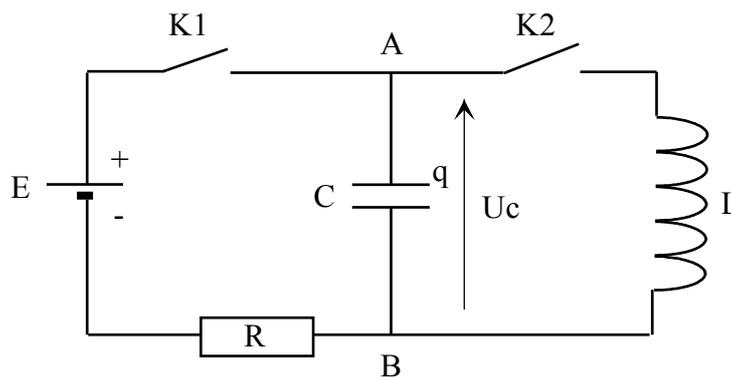
4.2 Quelle est la vitesse du système au moment où le freinage commence ?

4.3 Combien de temps met le système pour s'arrêter ?

4.4 Quelle est l'accélération subit par le véhicule pendant cette phase de freinage ?

### Exercice 2 : Oscillateur électrique (3 points)

Soit le circuit électrique représenté par la figure ci-dessous :



Données :

E : force électromotrice du générateur supposé parfait  $E = 6,0$  V.

C : capacité du condensateur  $C = 5$   $\mu$ F.

R : conducteur ohmique  $R = 10$   $\Omega$

L : bobine de résistance négligeable  $L = 0,20$  H.

q : charge portée par l'armature du condensateur située du côté de A.

4.  $\pi^2 \approx 40$  ; 2.  $\pi \approx 6,3$  ;  $6 \times 0,63 \approx 3,8$  ;  $6 \times 0,37 \approx 2,2$

### Partie I. Charge du condensateur

Le condensateur étant initialement déchargé, on abaisse l'interrupteur K1, K2 étant ouvert.

1. Quel est l'ordre de grandeur du temps nécessaire à la charge du condensateur ?
2. On se place alors en fin de charge du condensateur. Donner en le justifiant les valeurs de :
  - 2.1. La tension aux bornes du condensateur.
  - 2.2. La charge  $q$ .
3. Tracer l'allure de l'évolution de la tension  $U_c$  aux bornes du condensateur au cours du temps ( placer sur les axes quelques valeurs caractéristiques ).

### Partie II. Oscillateur idéal

Le condensateur étant chargé, on ouvre l'interrupteur K1 puis on ferme l'interrupteur K2.

4. Établir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension  $U_c(t)$ .
5. Montrer que cette équation admet une solution de la forme  $U_c(t) = U_{cm} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$  pour une expression de  $T_0$  à donner.
6. Déterminer les valeurs numériques de  $U_{cm}$  et de  $T_0$ .

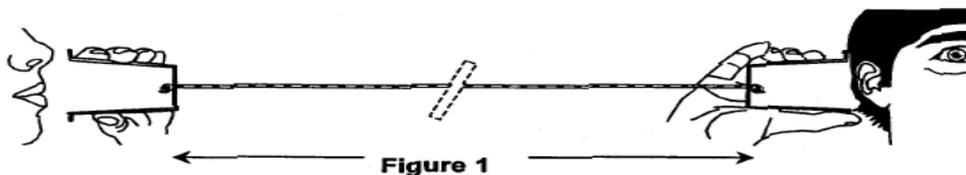
### Partie III. Oscillateur réel

En réalité, les oscillations sont amorties.

7. Quelle est la raison principale de l'amortissement ?
8. Tracer l'allure de la courbe qui donne l'évolution de la tension  $U_c$  en fonction du temps ( placer sur les axes quelques valeurs caractéristiques ).

### Exercice 3 : Le téléphone « pot de yaourt » ( 4 points )

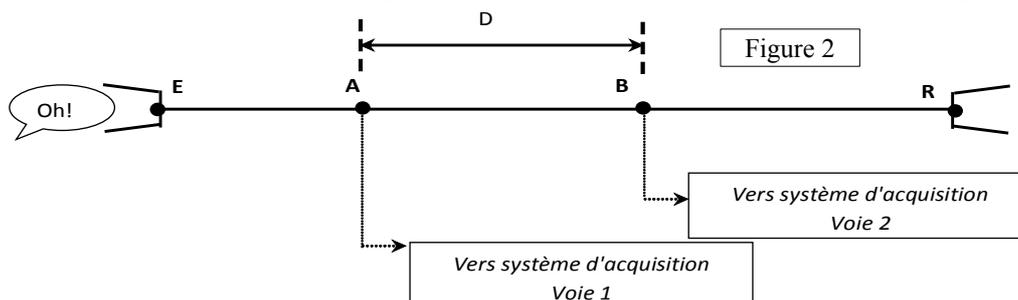
À l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque...



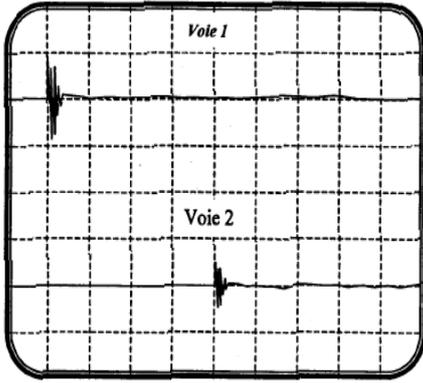
L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va et vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt et l'énergie véhiculée par le fil peut être ainsi restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste.

Données: célérité du son dans l'air à 25°C  $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

À 25°C, on réalise le montage suivant (figure 2), afin de mesurer la célérité des ondes sur le fil du dispositif. Deux capteurs, reliés en deux points A et B distants de  $D = 20 \text{ m}$  sur le fil, du pot de yaourt émetteur E. Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.



- À partir de l'enregistrement suivant, déterminer avec quel retard  $\tau$ , par rapport au point A, le point B est atteint par le signal.



sensibilité verticale 1 mV par division  
sensibilité horizontale 5 ms par division

- Donner l'expression de la célérité  $v$  de l'onde sur ce fil en fonction de  $D$  et  $\tau$ . Calculer sa valeur. Comparer cette valeur à celle de la célérité du son dans l'air à 25°C. Quelle propriété justifie ce résultat ?

Le fil ER de longueur  $L = 50$  m est assimilé à un ressort de constante de raideur  $K = 20 \text{ kg.s}^{-2}$  et de masse linéique  $\mu = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}$ . Dans le cas d'un fil, le produit  $K.L$  est une constante caractéristique du milieu de propagation.

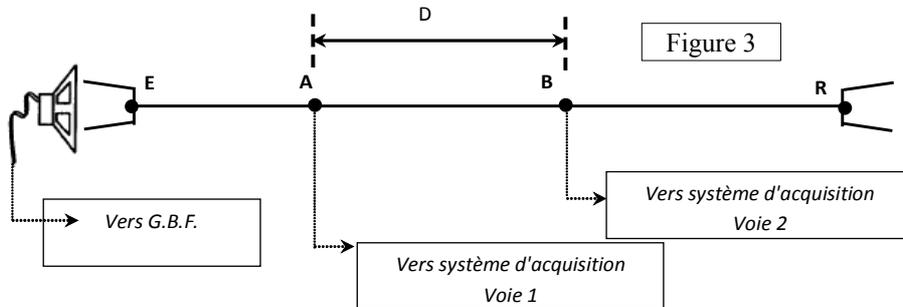
- Un modèle simple de la célérité  $v$  d'une onde de ce type dans ce fil correspond à l'une des expressions suivantes:

$$(1) \quad v = \sqrt{\frac{\mu}{K.L}} \qquad (2) \quad v = \sqrt{\frac{K.L}{\mu}} \qquad (3) \quad v = \frac{K.L}{\mu}$$

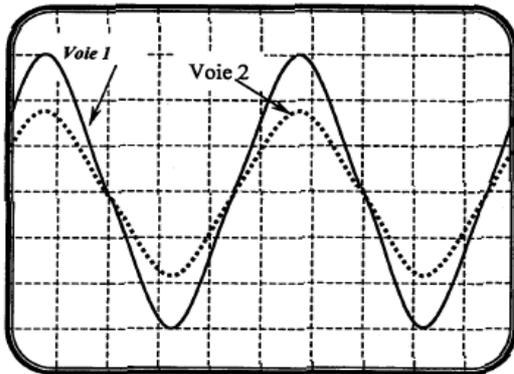
Retrouver la bonne expression parmi celle proposées en effectuant une analyse dimensionnelle.

- Calculer la célérité de l'onde sur le fil ER.

Une autre méthode, permettant de déterminer la célérité  $v$  de l'onde se propageant dans le fil, consiste à placer, devant le pot de yaourt émetteur, un haut parleur (figure 3) qui émet des ondes sonores sinusoïdales de fréquence  $f_E$ . Les ondes sinusoïdales qui se propagent dans le fil ont la même fréquence.



Lorsque la distance  $D$  est égale à 20,0 m, on obtient l'enregistrement suivant :



Pour les deux voies :  
sensibilité verticale 1 mV par division  
sensibilité horizontale 1 ms par division

- Comment peut-on expliquer que l'amplitude du signal au point B (voie 2) soit plus faible que l'amplitude du signal au point A (voie 1) ?

6. À partir de l'enregistrement, déterminer la fréquence de l'onde qui se propage dans le fil.
7. Lorsque l'on éloigne le point B, du point A, on constate que les signaux se retrouvent dans la même configuration pour les valeurs de la distance :  $D = 25,0 \text{ m}$ ,  $D = 30,0 \text{ m}$ ,  $D = 35,0 \text{ m}$  ...  
En déduire la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  associée à l'onde qui se propage dans le fil, puis la célérité  $v$  de cette onde.
8. La voix est un signal complexe constitué d'ondes sonores de fréquences différentes. À l'écoute des signaux transmis, le fil ne semble pas être un milieu de propagation notablement dispersif. Qu'est-ce qu'un milieu dispersif ? Quelle serait la conséquence sur les signaux reçus si le fil qui constitue le dispositif était un milieu de propagation très dispersif ?

#### **Exercice 4 : Lentilles et miroirs (4 points)**

Cet exercice comporte 9 affirmations **indépendantes** concernant les lentilles convergentes et les miroirs.  
Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires.  
A chaque affirmation, vous répondrez donc par **VRAI** ou **FAUX** en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, de schémas à compléter sur l'annexe (à rendre avec la copie).

❶ Affirmation: Suivant sa position par rapport au miroir, l'image A'B' d'un objet AB donnée par un miroir plan peut être plus grande ou petite que l'objet.

Donnée pour les affirmations ❷ et ❸. On dispose d'une lentille convergente de distance focale:  $f' = 10 \text{ cm}$ .

❷ Affirmation: Cette lentille a une vergence  $C = 0,10 \text{ δ}$ .

❸ Affirmation: L'image A'B' d'un objet placé devant la lentille, à 60 cm du centre optique se forme derrière la lentille, à 12 cm du centre optique.

❹ Affirmation: Après avoir traversé la lentille, le rayon (1) passe par le point B'. (voir **annexe**)

❺ Donnée: Dans un microscope, la distance objectif-oculaire est fixe. (voir annexe)

Affirmation: Dans un microscope, le diamètre du cercle oculaire dépend de la position et de la taille de l'objet observé.

❻ Le schéma en annexe représente un miroir sphérique de sommet S, de centre C et de foyer F.

Affirmation: L'image A'B' de l'objet AB donnée par le miroir sphérique est située dans le même plan vertical que l'objet AB.

Données pour les affirmations ❼, ❽ et ❾:

La lunette représentée en annexe est afocale: le foyer image  $F'_1$  de l'objectif  $L_1$  coïncide avec le foyer objet  $F_2$  de l'oculaire  $L_2$ .

L'objectif a une distance focale  $f'_1 = 0,75 \text{ m}$ .

Le diamètre apparent de l'astre observé est  $\alpha = 9,0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ .

❼ Affirmation: Tous les rayons issus de B qui traversent l'objectif  $L_1$  traversent l'oculaire  $L_2$ . (voir annexe)

❽ Le grossissement d'une lunette est défini par la relation  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$  dans laquelle  $\alpha$  est l'angle sous lequel

on voit l'objet à l'œil nu et  $\alpha'$  l'angle sous lequel on voit son image dans l'instrument.

On pourra faire les approximations  $\tan \alpha = \alpha$  et  $\tan \alpha' = \alpha'$ ,  $\alpha$  et  $\alpha'$  en rad.

Affirmation: Dans le cas d'une lunette afocale, le grossissement s'exprime également par la relation:

$$G = \frac{f_1'}{f_2'} \quad f_1' \text{ étant la distance focale de l'objectif et } f_2' \text{ celle de l'oculaire.}$$

⑨ Affirmation: L'image  $A_1B_1$  donnée par l'objectif mesure 13,5 mm.

### **Exercice 5 : De la cuisine à la chimie (8 points )**

*La première utilisation d'un indicateur coloré pour les titrages acido-basiques remonte à 1767 par W. Lewis. Il employait un extrait de tournesol (...). On utilisait à l'époque des extraits de plantes qui changent de couleur avec l'acidité du milieu (...).*

*On peut en citer quelques-uns parmi les plus connus et les meilleurs :*

- l'artichaut (...)*
- la betterave rouge (...)*
- le chou rouge, de loin l'extrait le plus intéressant car sa couleur change nettement suivant la valeur du pH :*

<i>pH</i>	<i>0-3</i>	<i>4-6</i>	<i>7-8</i>	<i>9-12</i>	<i>13-14</i>
<i>couleur</i>	<i>rouge</i>	<i>violet</i>	<i>bleu</i>	<i>vert</i>	<i>jaune</i>

*d'après Chimie des couleurs et des odeurs*

#### **1. Des indicateurs colorés en cuisine.**

*Le chou rouge est un légume riche en fibres et en vitamines, qui se consomme aussi bien en salade que cuit. Mais la cuisson du chou rouge peut réserver des surprises: chou rouge et eau de cuisson deviennent rapidement bleus. Pour rendre au chou sa couleur violette, on peut ajouter un filet de citron ou du vinaigre. Après avoir égoutté le chou, une autre modification de couleur peut surprendre le cuisinier: versée dans un évier contenant un détergent, l'eau de cuisson devient verte.*

En utilisant les textes ci-dessus

1.1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido basique.

1.2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

#### **2. Des indicateurs colorés pour les titrages.**

*De nos jours, les indicateurs colorés sont toujours largement utilisés pour les titrages. La pH-métrie est une autre technique de titrage acido-basique qui permet en outre de choisir convenablement un indicateur coloré acido-basique pour ces mêmes titrages.*

*Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse au titrage de l'acide éthanoïque de formule  $CH_3 - CO_2H$  (noté par la suite HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore. La base conjuguée de cet acide sera notée  $A^-$ .*

2.1. Dilution du vinaigre.

Le vinaigre commercial étant trop concentré pour être titré par la solution d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire, on le dilue dix fois. On dispose pour cela de la verrerie suivante :

Éprouvettes :	5 mL	10 mL	25 mL	50 mL	100 mL
Pipettes jaugées :	1,0 mL	5,0 mL	10,0 mL	20,0 mL	
Fioles jaugées :	150,0 mL	200,0 mL	250,0 mL	500,0 mL	

Choisir dans cette liste la verrerie la plus appropriée pour effectuer la dilution. Justifier.

## 2.2. Réaction de titrage.

On titre un volume  $V_A = 10,0 \text{ mL}$  de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté  $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

On ajoute un volume  $V_{\text{eau}} = 60 \text{ mL}$  afin d'immerger les électrodes du pH-mètre après agitation.

Le suivi pH-métrique de la transformation permet de construire la courbe fournie dans **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Cette partie a pour but de vérifier que la transformation associée à la réaction de titrage est totale.

Pour cela, on déterminera son taux d'avancement final pour un volume  $V_B = 6,0 \text{ mL}$  de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

Donnée : produit ionique de l'eau à  $25^\circ\text{C}$   $K_e = 10^{-14}$

2.2.1. Écrire l'équation associée à la réaction de titrage.

2.2.2. Pour  $V_B = 6,0 \text{ mL}$ , déterminer le réactif limitant.

2.2.3. Pour  $V_B = 6,0 \text{ mL}$ , déterminer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$ . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.4. Après avoir relevé la valeur du pH du mélange obtenu, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde restante après la transformation ( $n_{\text{HO}^-}$ )<sub>f</sub> dans le volume total de mélange réactionnel.

2.2.5. Déterminer le taux d'avancement final et conclure.

## 2.3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté du vinaigre.

2.3.1. Déterminer graphiquement sur **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.

2.3.2. Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté  $c_A$  dans le vinaigre dilué et en déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté  $c_0$  du vinaigre commercial.

## 2.4. Retour historique ...

On souhaite réaliser un titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre dilué avec un des deux extraits naturels (artichaut et betterave rouge) utilisés au dix huitième siècle.

Pour chaque indicateur coloré, on considère que les teintes sont dues à la prédominance d'une espèce chimique, notée  $HA_{\text{Ind}}$  pour sa forme acide et  $A^-_{\text{Ind}}$  pour sa forme basique. Le  $pK_A$  des couples  $HA_{\text{Ind}}/A^-_{\text{Ind}}$  sera noté  $pK_i$ .

	<i>Artichaut</i>	<i>Betterave</i>
$pK_i$	7,5	11,5
<i>Teinte pour HA<sub>Ind</sub> dominant</i>	<i>incolore</i>	<i>rouge</i>
<i>Teinte pour A<sup>-</sup><sub>Ind</sub> dominant</i>	<i>jaune</i>	<i>jaune</i>

2.4.1. En utilisant l'expression de la constante d'acidité  $K_i$ , montrer que la relation suivante est vérifiée :

$$\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_i}$$

On s'interroge sur les couleurs que prendrait le mélange réactionnel lors du titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque en présence d'une petite quantité de l'un ou l'autre de ces extraits naturels.

2.4.2. La courbe pH-métrique montre que, pour  $V_B = 9,8 \text{ mL}$ , le pH de la solution est voisin de 6,5 et que, pour  $V_B = 10,1 \text{ mL}$ , il est voisin de 10,5.

Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes  $V_B$ , déterminer la valeur du

rapport  $\frac{[A_{\text{ind}}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{\text{ind}}]_{\text{éq}}}$  puis compléter la ligne correspondante du tableau de **l'ANNEXE À RENDRE**

**AVEC LA COPIE.**

2.4.3. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.4.4. Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.

2.4.5. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

Annexe 1

Nom :

Prénom :

Classe :

Figure 1

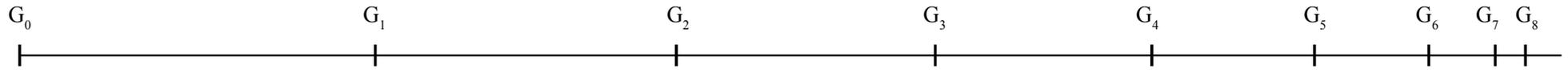


Figure 3

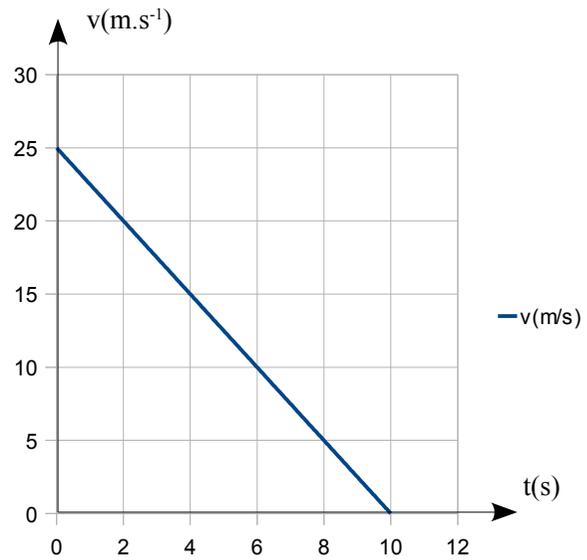


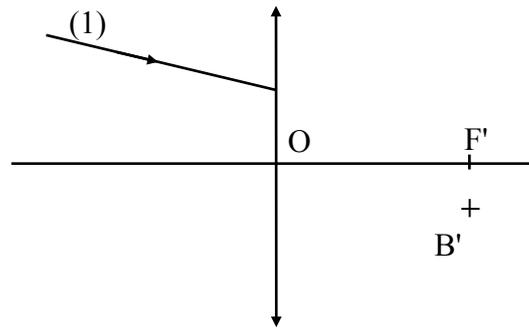
Figure 2



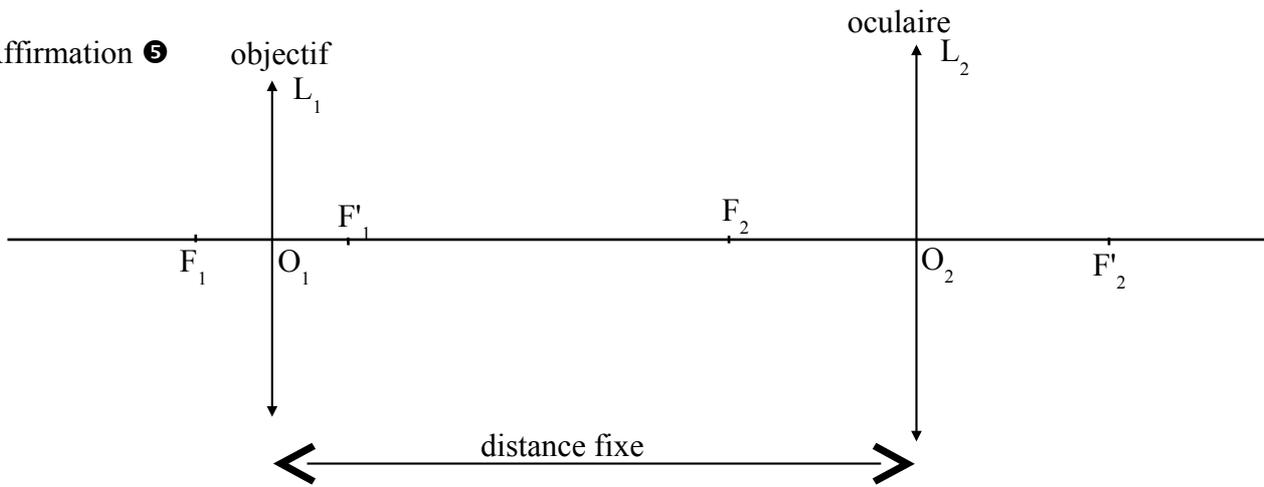
## Annexe exercice 4 (spécialité)

Les schémas suivants peuvent éventuellement être utilisés pour répondre à certaines affirmations.

Affirmation ④

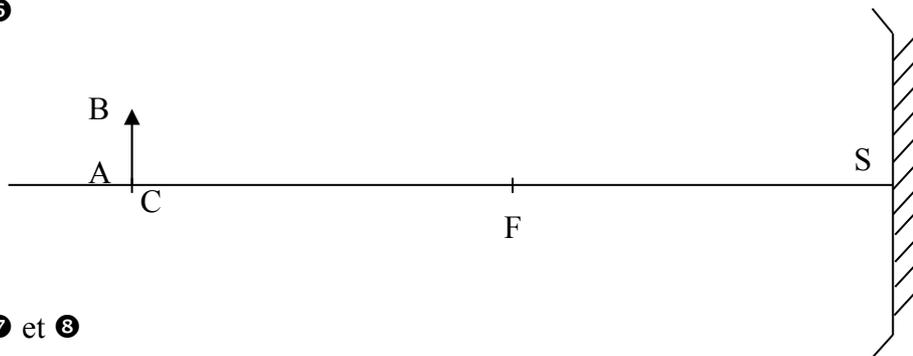


Affirmation ⑤

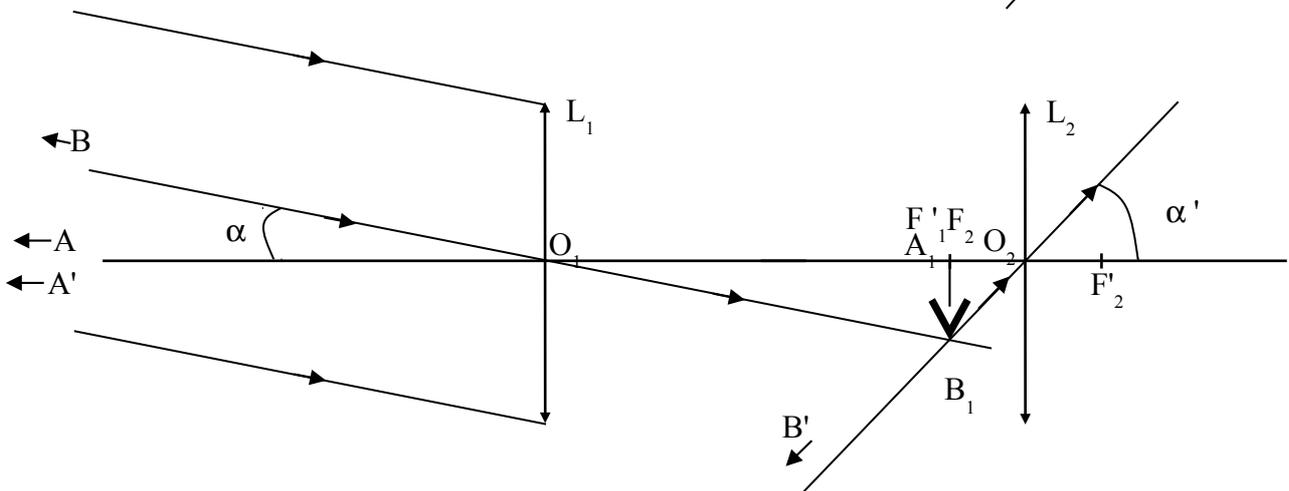


*Schéma d'un microscope*

Affirmation ⑥

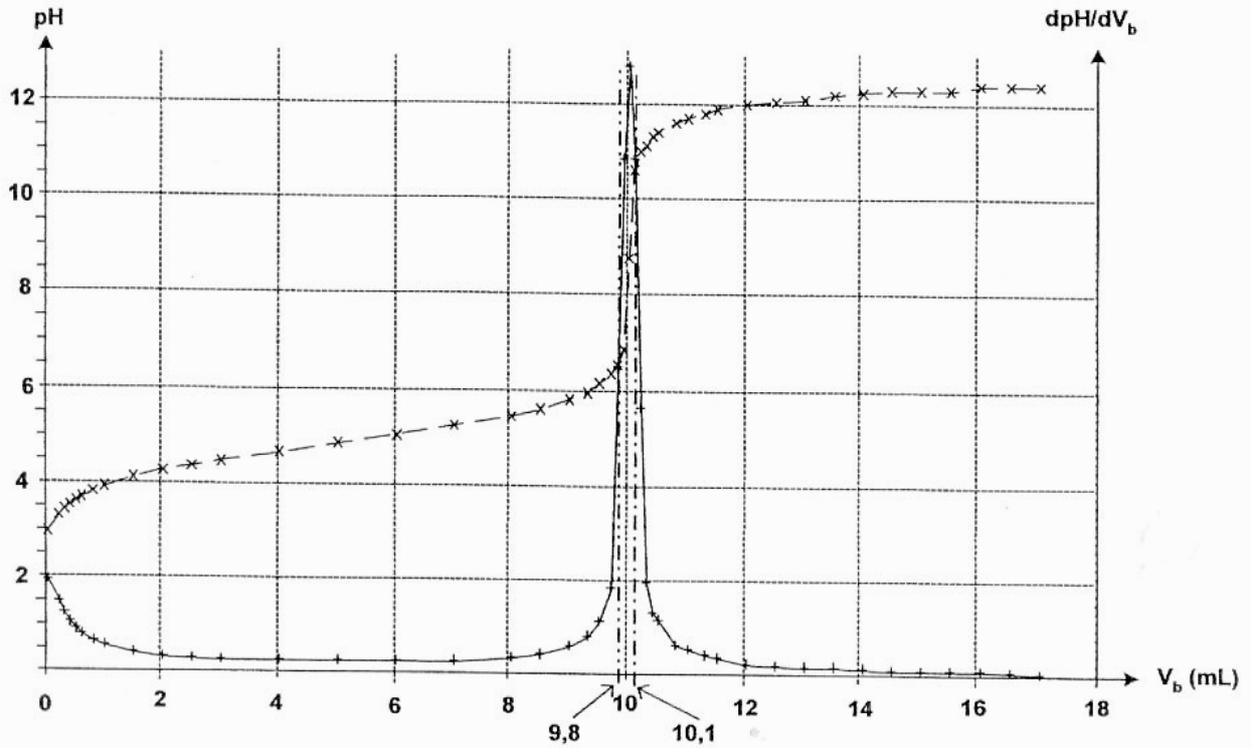


Affirmation ⑦ et ⑧



Annexe exercice 5 (de la cuisine à la chimie) à rendre avec la copie

COURBE pH-MÉTRIQUE



	Artichaut		Betterave	
	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL	$V_B = 9,8$ mL	$V_B = 10,1$ mL
$\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$				
Couleur				