

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**SUJET SORTI**

SESSION 2005

**PHYSIQUE-CHIMIE**

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8



**L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice**

**L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

*Les données sont en italique*

*Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.*

*Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :*

- I. Modulation et démodulation d'amplitude (4 points)**
- II. Quatre satellites terrestres artificiels parmi bien d'autres (5,5 points)**
- III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6,5 points)**

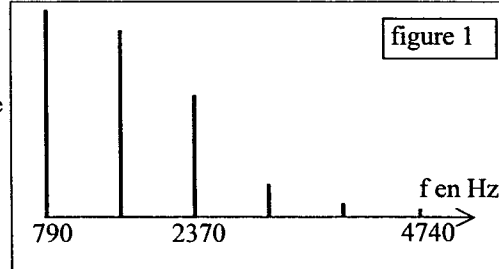
## EXERCICE I. MODULATION ET DÉMODULATION D'AMPLITUDE (4 points)

Le but de cet exercice est d'observer l'action d'une modulation d'amplitude, suivie d'une démodulation sur le spectre de fréquence d'une note émise par une flûte à bec.

### 1. Analyse du son émis par une flûte à bec

On joue, avec une flûte à bec, une note «sol» devant un microphone, muni d'un amplificateur et relié à l'interface d'un ordinateur. Un logiciel approprié permet d'obtenir le spectre en fréquence de cette note, reproduit en figure 1

- 1.1. Le son est-il pur ? Justifier.
- 1.2. Quelle est la fréquence du fondamental ?
- 1.3. Indiquer le nombre d'harmoniques (autres que le fondamental) qui composent ce son. Préciser la fréquence de chacun.

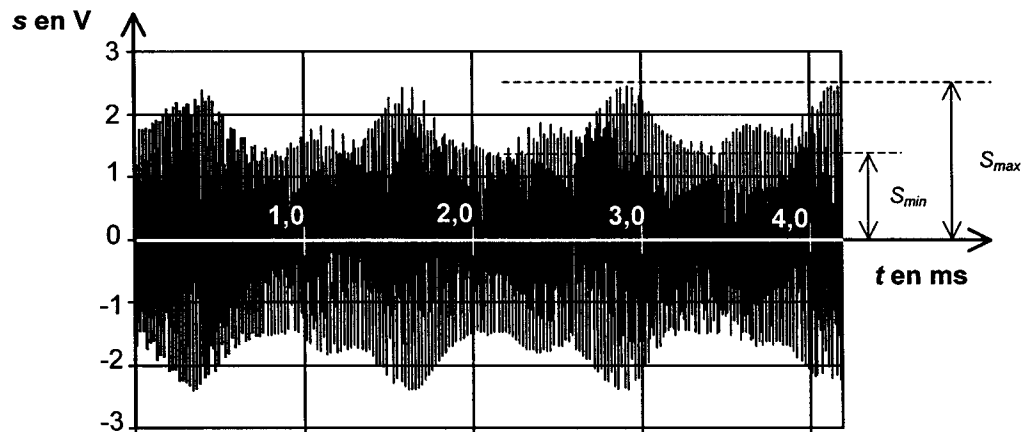


### 2. Modulation d'amplitude

On souhaite réaliser une modulation d'amplitude à l'aide de deux tensions alternatives et périodiques : l'une  $u_1(t)$ , tension sinusoïdale provenant d'un GBF, l'autre  $u_2(t)$  provenant d'un microphone M, muni d'un amplificateur, devant lequel on joue la note «sol» de la flûte.

On donne les caractéristiques de  $u_1(t)$ : amplitude voisine de 2V, fréquence 100 kHz.

- 2.1. Des tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$ , quelle est celle appelée porteuse ? Justifier.
- 2.2. On obtient la tension modulée  $s(t)$  représentée sur l'enregistrement ci-dessous :



Où retrouve-t-on le signal modulant sur l'enregistrement de la tension modulée en amplitude ?

- 2.3. Le taux de modulation, pour les valeurs positives de  $s(t)$ , est défini par  $m = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}}$ . Les

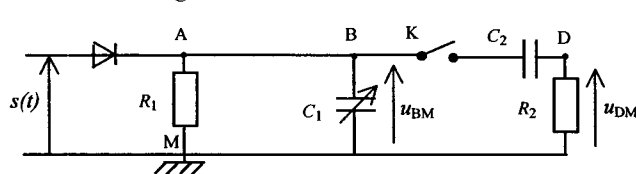
grandeurs  $S_{max}$  et  $S_{min}$  sont représentées sur l'enregistrement.

La modulation est de bonne qualité si ce taux de modulation est inférieur à 1.

Calculer m et conclure sur la qualité de la modulation.

### 3. Démodulation

On souhaite réaliser une démodulation, de façon à obtenir le signal modulant issu de la flûte.  
On réalise le montage suivant :



$R_1 = 15 \text{ k}\Omega$  ou  $150 \text{ k}\Omega$   
 $C_1 = 1,0 \text{ nF}$   
 $C_2 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$   
 $R_2 = 1,0 \text{ M}\Omega$

Une interface reliée à un ordinateur permet d'enregistrer successivement les tensions suivantes :

- la tension  $u_{BM}(t)$  pour deux valeurs différentes de la résistance  $R_1$ , l'interrupteur  $K$  étant ouvert (courbes 1 et 2) ;
- la tension  $u_{DM}(t)$  avec la valeur de  $R_1$  qui donne une démodulation correcte, l'interrupteur  $K$  étant fermé (courbe 3).

Les courbes 1, 2 et 3 sont représentées **PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

3.1. L'interrupteur  $K$  est ouvert. Étude du circuit ABMA appelé détecteur de crête ou d'enveloppe. Lorsque la tension modulée  $s(t)$  augmente, à partir d'une valeur suffisante, la diode est passante, le condensateur de capacité  $C_1$  se charge jusqu'à ce que  $u_{BM} = s_{max}$  puis  $s(t)$  diminue et la diode est bloquée

- 3.1.1. Que se passe-t-il dans le circuit ABMA lorsque la diode est bloquée ?
- 3.1.2. Donner l'expression littérale du temps caractéristique  $\tau_1$  de l'évolution de la tension  $u_{BM}$  lorsque la diode est bloquée.
- 3.1.3. Pour chacune des valeurs données à  $R_1$ , calculer la valeur de  $\tau_1$  correspondante.
- 3.1.4. Dire quelle propriété doit posséder ce temps caractéristique  $\tau_1$  par rapport à la période  $T$  de la porteuse pour avoir une bonne qualité de démodulation. Par observation des courbes 1 et 2, attribuer à chacune d'elles la valeur de  $R_1$  qui lui correspond.

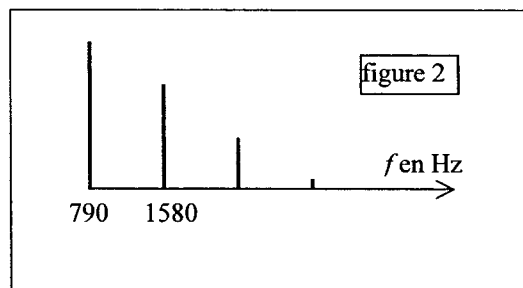
3.2. L'interrupteur  $K$  est fermé. La tension  $u_{DM}$  obtenue après la démodulation correcte est une tension alternative périodique représentant le signal modulant  
En comparant les courbes 2 et 3 représentées **PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, expliquer le rôle de l'ensemble  $\{R_2 - C_2\}$  série.

### 4. Analyse du signal obtenu après démodulation

Le spectre en fréquence de la tension démodulée  $u_{DM}$  est donné ci-contre : figure 2.

4.1. Si la tension démodulée était appliquée à un haut-parleur parfait, la hauteur du son serait-elle la même que celle du son émis par la flûte ? Justifier.

4.2. Le timbre de ce son serait-il le même ? Justifier.



**EXERCICE II. QUATRE SATELLITES TERRESTRES ARTIFICIELS PARM  
BIEN D'AUTRES (5,5 POINTS)**

*Passionné d'astronomie, un élève a collecté sur le réseau Internet de nombreuses informations concernant les satellites artificiels terrestres. Il met en œuvre ses connaissances de physique pour les vérifier et les approfondir.*

*Dans tout l'exercice, on notera :*

*Masse de la Terre :  $M_T$  (répartition de masse à symétrie sphérique de centre  $O$ )*

*Rayon de la Terre :  $R_T$*

*Masse du satellite étudié :  $m_S$*

*Altitude du satellite étudié :  $h$*

*Constante de gravitation universelle :  $G$*

**Les questions 2 et 3 sont indépendantes.**

**1. Le premier satellite artificiel.**

*Si la possibilité théorique de mettre un satellite sur orbite autour de la Terre fut signalée en 1687 par Isaac Newton, il a fallu attendre le 4 octobre 1957 pour voir le lancement du premier satellite artificiel, Spoutnik 1, par les soviétiques.*

1.1. Exprimer vectoriellement la force exercée par la Terre sur Spoutnik 1, supposé ponctuel, et la représenter sur un schéma.

1.2. L'étude se fait dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.

En appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite.

**2. Les satellites artificiels à orbites circulaires.**

*Le télescope spatial Hubble, qui a permis de nombreuses découvertes en astronomie depuis son lancement en 1990, est en orbite circulaire à 600 km d'altitude et il effectue un tour complet de la Terre en 100 minutes.*

**2.1. Étude du mouvement du satellite Hubble dans un référentiel géocentrique**

2.1.1. En reprenant les résultats de la partie 1, montrer sans calcul que le mouvement circulaire de Hubble est uniforme.

2.1.2. Exprimer littéralement sa vitesse en fonction des grandeurs  $M_T$ ,  $R_T$ ,  $h$  et  $G$ .

2.1.3. Exprimer la période  $T$  de son mouvement en fonction des grandeurs précédentes puis retrouver la troisième loi de Kepler appliquée à ce mouvement circulaire (l'énoncé de cette loi n'est pas demandé ici).

**2.2. Cas d'un satellite géostationnaire**

*Les satellites météorologiques comme Météosat sont des appareils d'observation géostationnaires.*

2.2.1. Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?

2.2.2. On propose trois trajectoires hypothétiques de satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre.

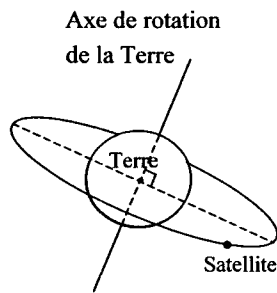


Figure 1

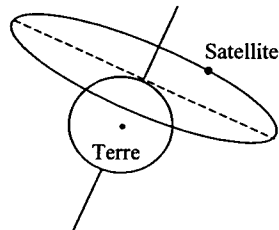


Figure 2

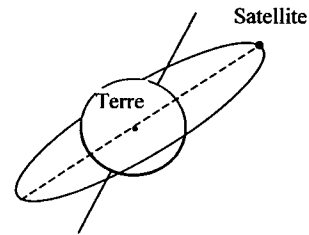


Figure 3

- Montrer que, seule, l'une de ces trajectoires est incompatible avec les lois de la mécanique.
- Quelle est la seule trajectoire qui peut correspondre au satellite géostationnaire ? Justifier la réponse.

### 3. Les satellites artificiels à orbites elliptiques.

Les satellites peuvent être placés sur différentes orbites, en fonction de leur mission. Un incident lors de leur satellisation peut modifier l'orbite initialement prévue. Hipparcos, un satellite d'astrométrie lancé par la fusée Ariane le 8 août 1989, n'a jamais atteint son orbite prévue. Un moteur n'ayant pas fonctionné, il est resté sur une orbite elliptique entre 36 000 km et 500 km d'altitude.

#### 3.1. Les satellites artificiels obéissent aux lois de Kepler.

La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », précise que « des aires balayées par le rayon, reliant le satellite à l'astre attracteur, pendant des durées égales, sont égales ».

Énoncer les deux autres lois dans le cas général d'une orbite elliptique.

3.2. Sans souci exagéré d'échelle ni d'exactitude de la courbe mathématique, dessiner l'allure de l'orbite du satellite Hipparcos. Placer sur ce schéma le centre d'inertie de la Terre et les points A et P correspondant respectivement aux valeurs 36 000 km et 500 km données dans le texte.

3.3. En appliquant la loi des aires au schéma précédent montrer, sans calcul, que la vitesse d'Hipparcos sur son orbite n'est pas constante.

3.4. Préciser en quels points de son orbite sa vitesse est maximale, minimale.

### 4. Les missions des satellites artificiels.

Aujourd'hui, plus de 2 600 satellites gravitent autour de la Terre. Ils interviennent dans de nombreux domaines : téléphonie, télévision, localisation, géodésie, télédétection, météorologie, astronomie ... Leur spectre d'observation est vaste, optique, radar, infrarouge, ultraviolet, écoute de signaux radioélectriques ...

4.1. Sachant que le spectre optique correspond à la lumière visible, donner les limites des longueurs d'onde dans le vide de ce spectre et situer l'infrarouge et l'ultraviolet .

4.2. La célérité de la lumière dans le vide est  $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ , en déduire les limites en fréquence de la lumière visible.

4.3. Pourquoi doit on préciser « dans le vide » pour donner les valeurs des longueurs d'onde ?

### EXERCICE III. LES INDICATEURS COLORÉS NATURELS DE LA CUISINE À LA CHIMIE (6,5 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 :

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

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 éthanóique de formule  $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$  (noté par la suite HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore.

La base conjuguée de cet acide sera notée  $\text{A}^-$ .

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  $V_A = 10,0$  mL de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté  $c_B = 1,0 \times 10^{-1}$  mol.L<sup>-1</sup>. On ajoute un volume  $V_{eau} = 60$  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 EN PAGE A4 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  $V_B = 6,0$  mL de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

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

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

2.2.2. Pour  $V_B = 6,0$  mL, déterminer le réactif limitant.

2.2.3. Pour  $V_B = 6,0$  mL, déterminer l'avancement maximal  $x_{max}$ . 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 ( $n_{HO^-}$ )<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 EN PAGE A4 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  $HA_{ind}$  pour sa forme acide et  $A_{ind}^-$  pour sa forme basique. Le  $pK_A$  des couples  $HA_{ind}/A_{ind}^-$  sera noté  $pK_i$ .

On donne les valeurs des  $pK_i$  à 25°C :

artichaut :  $(pK_i)_1 = 7,5$

betterave rouge :  $(pK_i)_2 = 11,5$

	<i>Artichaut</i>	<i>Betterave</i>
$pK_i$	7,5	11,5
Teinte pour $HA_{Ind}$ dominant	incolore	rouge
Teinte pour $A_{Ind}^-$ dominant	jaune	jaune

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

$$\frac{[A_{Ind}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{Ind}]_{\text{éq}}} = 10^{pH - pK_i}$$

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  $\frac{[A_{Ind}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{Ind}]_{\text{éq}}}$  puis compléter la ligne correspondante du tableau de l'ANNEXE EN PAGE

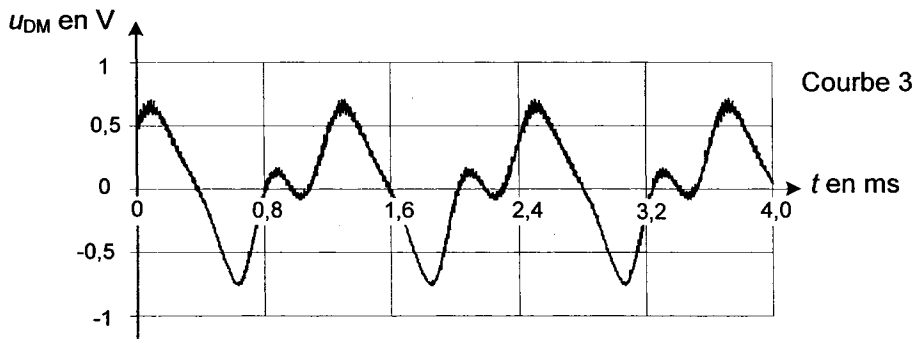
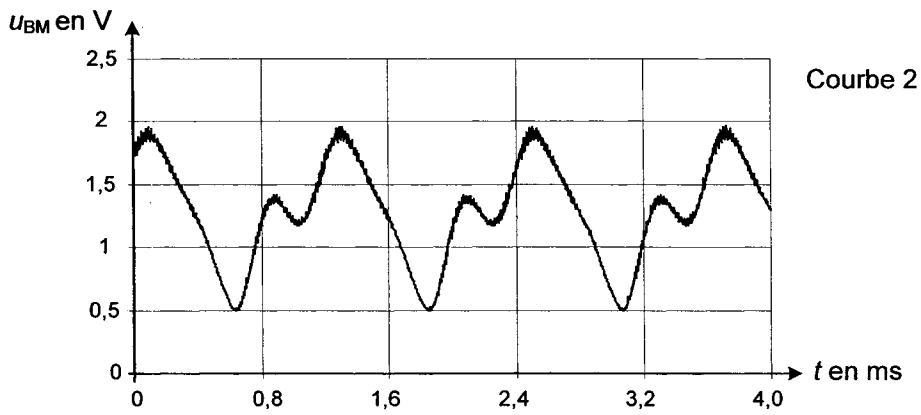
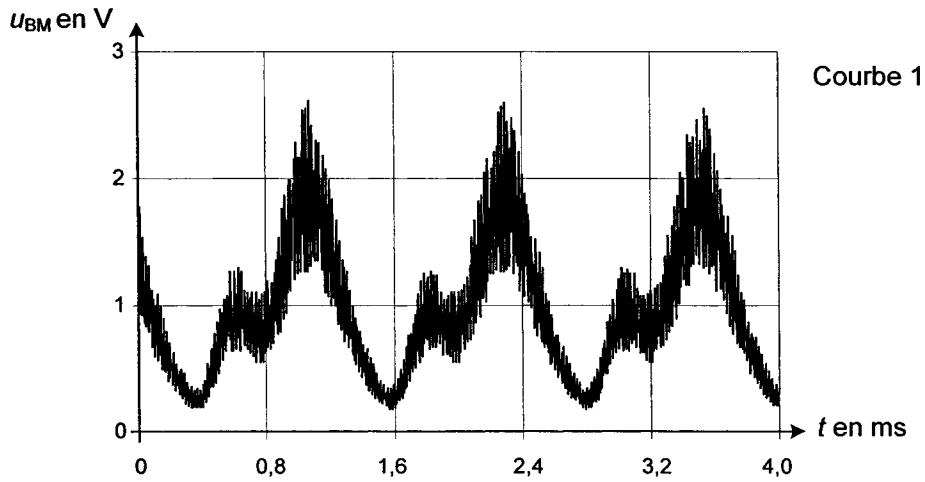
**A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.4.3. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de l'ANNEXE EN PAGE **A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

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

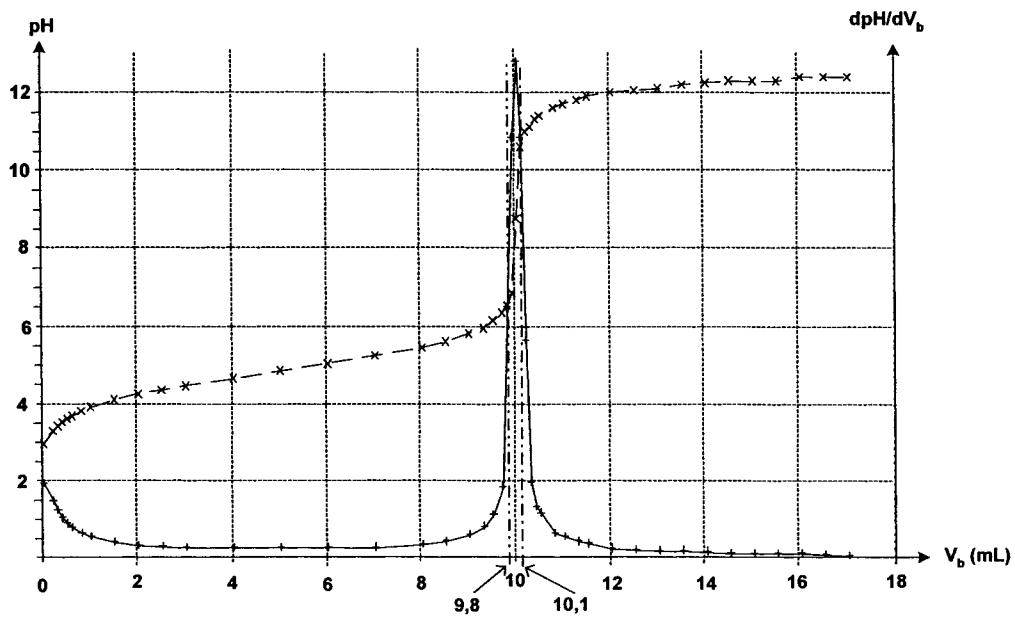
2.4.5. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

### EXERCICE I



**EXERCICE III**

**COURBE pH-MÉTRIQUE**



TABLEAU

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