

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ**

**L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ**

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE et deux exercices de CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12, y compris celle-ci.

**Les pages 10, 11 et 12 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.**

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

- |   |            |
|---|------------|
| I. La physique sur un plan d'eau                      | (9 points) |
| II. Communication entre les insectes : les phéromones | (3 points) |
| III. Ions chlorure dans l'eau de mer                  | (4 points) |

## EXERCICE I - LA PHYSIQUE SUR UN PLAN D'EAU (9 points)

### Partie A : Onde à la surface de l'eau.

Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calmes de certaines rivières. Très léger cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes.

Malgré sa discrétion, sa présence est souvent trahie par des ombres projetées sur le fond. Ces ombres (**figure 1**) sont la conséquence de la déformation de la surface de l'eau au contact de l'extrémité des six pattes de l'insecte (**figure 2**).

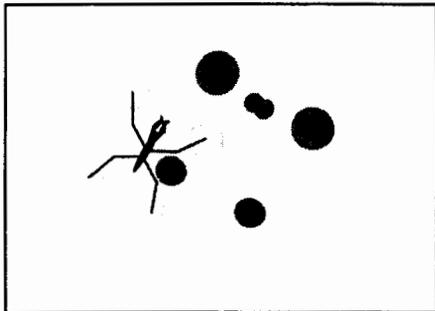


Figure 1



Figure 2

1. Quel dispositif utilisé en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau est également basé sur la projection d'ombres ?

Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par le milieu. Le schéma (**figure 3**) donne une vue en coupe de l'onde créée par une patte du gerris à la surface de l'eau à un instant  $t$ .

O est le point source : point de la surface où est créée l'onde.

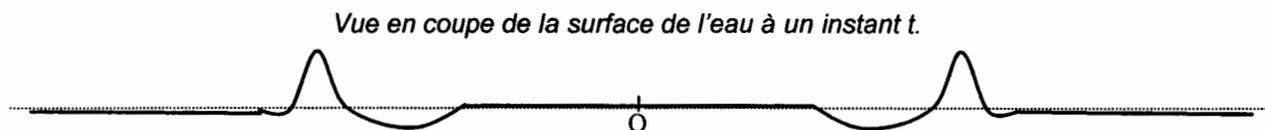


Figure 3

2. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ? Justifier la réponse.
3. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.
4. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle  $1/100^e$  (**figure 4**). Calculer la célérité de l'onde.

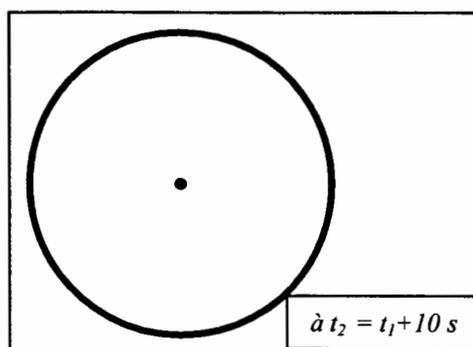
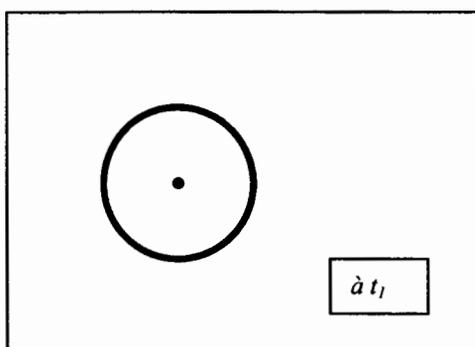
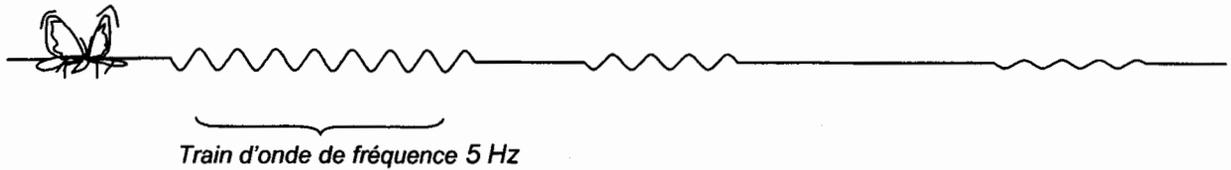


Figure 4

Un petit papillon tombé à l'eau est une proie facile pour le gerris. L'insecte prisonnier de la surface crée en se débattant des trains d'ondes sinusoïdales. La fréquence de battements des ailes du papillon est de 5 Hz ce qui génère des ondes de même fréquence à la surface de l'eau (**figure 5**).



**Figure 5**

5. Déterminer la longueur d'onde de l'onde émise par le papillon en utilisant l'agrandissement à l'échelle 2 de la coupe de la surface de l'eau (**figure 6**).



**Figure 6**

6. Montrer que la célérité de cette onde est de  $4,4 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ .
7. Un train d'ondes émis par le papillon arrive sur un obstacle constitué de deux galets émergeant de l'eau. Voir **figure 7 (annexe page 10 à rendre avec la copie)**.
- Quel doit être l'ordre de grandeur de la distance entre les deux galets émergeant de l'eau pour que le gerris placé comme l'indique la **figure 7 (annexe page 10)**, ait des chances de détecter le signal de détresse généré par le papillon ?
  - Quel nom donne-t-on à ce phénomène propre aux ondes ?
  - Compléter avec le maximum de précisions la **figure 7 (annexe page 10)** en représentant l'allure de la forme de l'onde après le passage de l'obstacle.

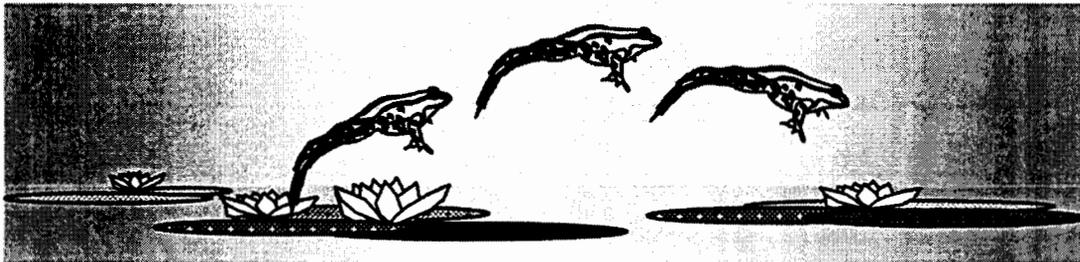
*La concurrence est rude sur le plan d'eau entre trois gerris ...*

*Les extrémités de leurs pattes antérieures, situées près de leurs antennes (zone de détection), leur permettent de déterminer la direction et le sens de propagation de l'onde émise par une proie.*

8. Le papillon se débat à une distance  $d_1 = 6 \text{ cm}$  du gerris n° 1.  
L'onde générée par le papillon a mis 1 s pour parvenir au gerris n° 2.  
Le gerris n° 3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5 s sur le gerris n° 2.
- Déterminer la distance  $d_2$  entre le papillon et le gerris n° 2.
  - Déterminer la distance  $d_3$  entre le papillon et le gerris n° 3.
  - Déterminer, sur la **figure 8 (annexe page 10 à rendre avec la copie)**, la position du papillon à l'aide d'un compas.

## Partie B : le saut de la grenouille

Etienne Jules Marey (Beaune 1830 – Paris 1904 ) physiologiste français, est connu pour ses études sur la démarche humaine. Il est l'inventeur de la chronophotographie. Cette technique permet d'étudier les mouvements rapides en réalisant à l'aide d'éclairs périodiques l'enregistrement, sur une même image, des positions et des attitudes d'un animal à des intervalles de temps réguliers.



Pour atteindre un nénuphar situé à 40 cm une grenouille effectue un saut avec une vitesse initiale  $v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ . Le vecteur vitesse initial fait un angle  $\alpha_0 = 45^\circ$  avec la direction horizontale.

On prendra pour valeur de l'accélération de la pesanteur  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

L'analyse d'un des clichés à l'aide d'un logiciel informatique, permet d'obtenir l'enregistrement des positions successives du centre d'inertie de la grenouille. **La figure 9 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie** reproduit ces positions à l'échelle 1/2.

La première position du centre d'inertie de la grenouille ( $G_0$ ) sur le document correspond à l'origine du repère (point O), à la date choisie comme origine des temps. La durée entre deux positions successives est  $\tau = 20 \text{ ms}$ .

### 1. Exploitation du document

- Déterminer les valeurs  $v_9$  et  $v_{11}$  des vecteurs vitesse instantanée du centre d'inertie de la grenouille aux points  $G_9$  et  $G_{11}$ . Tracer **sur la figure 9 (annexe page 11)** les vecteurs  $\vec{v}_9$  et  $\vec{v}_{11}$  (échelle 1 cm pour  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ ).
- Construire **sur la figure 9 (annexe page 11)** le vecteur  $\Delta \vec{v} = \vec{v}_{11} - \vec{v}_9$  avec pour origine le point  $G_{10}$ . Déterminer sa valeur en utilisant l'échelle précédente.
- En déduire la valeur  $a_{10}$  du vecteur accélération du centre d'inertie à l'instant  $t_{10}$ . Tracer **sur la figure 9 (annexe page 11)** le vecteur  $\vec{a}_{10}$  avec pour origine le point  $G_{10}$  (échelle 1 cm pour  $5 \text{ m.s}^{-2}$ ).

## 2. Étude dynamique du mouvement

- a) Les actions mécaniques dues à l'air étant négligées, utiliser la deuxième loi de Newton pour :
- déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du centre d'inertie (G) de la grenouille au cours du saut ;
  - montrer que les équations horaires  $x(t)$  et  $y(t)$  du point G sont :

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha_0 \cdot t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin \alpha_0 \cdot t$$

- b) En déduire l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de la grenouille. Ce résultat est-il conforme à l'allure de la trajectoire de l'enregistrement expérimental ?
- c) Quelles sont les caractéristiques du vecteur vitesse du point G au sommet S de la trajectoire ? En déduire l'expression littérale de la date  $t_S$  à laquelle ce sommet est atteint. Calculer ensuite la hauteur maximale atteinte par la grenouille.
- d) La grenouille, se déplace de nénuphar en nénuphar.

Quelle doit être la valeur de la vitesse initiale lors du saut pour que la grenouille puisse atteindre un nénuphar situé à 60 cm, l'angle  $\alpha_0$  entre le vecteur vitesse et la direction horizontale étant inchangé ?

## EXERCICE II - COMMUNICATION ENTRE LES INSECTES : LES PHEROMONES (3 points)

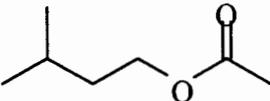
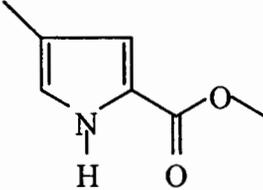
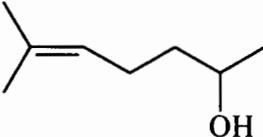
Le transfert d'informations par signaux chimiques entre individus, d'espèces différentes ou de même espèce est courant chez les êtres vivants.

Une **phéromone** est une substance (ou un mélange de substances) qui, après avoir été sécrétée en quantité très faible à l'extérieur par un individu (émetteur), est perçue par un individu de la même espèce (récepteur) chez lequel elle provoque une réaction comportementale spécifique, voire une modification physiologique.

Le mot phéromone vient des mots grecs *pherein* « transporter » et *hormân* « exciter ».

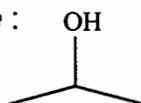
Certaines phéromones sont des signaux d'alarmes, d'autres permettent le marquage d'une piste, enfin certaines (attractives ou aphrodisiaques) attirent les insectes de sexe opposé en vue de la reproduction.

Quelques exemples de phéromones :

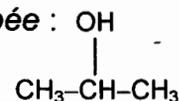
Phéromone d'alarme de l'abeille : <b>molécule A : ( C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub> )</b>	
Phéromone de piste de la fourmi coupeuse de feuilles : <i>Atta texana</i> <b>molécule B : ( C<sub>7</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>N )</b>	
Phéromone sexuelle d'un insecte nuisible pour les conifères <b>molécule C : ( C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O )</b>	

**Rappel de l'écriture topologique d'une formule chimique :** on ne représente pas les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène liés à un atome de carbone.

Exemple : Formule topologique :



Formule semi-développée :



**Masses molaires atomiques :**  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ .

1. Reproduire sur la copie les molécules A et C, entourer et nommer les groupes caractéristiques présents.
2. La phéromone d'alarme A, appelée éthanoate de 3-méthylbutyle, peut être synthétisée à partir de l'acide éthanoïque et d'un alcool D.

- a) Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool D.
- b) Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation chimique de synthèse de la phéromone A, à partir de l'acide éthanoïque et de l'alcool D. Comment appelle-t-on cette réaction chimique ? Préciser ses caractéristiques.
- c) La même transformation est réalisée en présence d'acide sulfurique. Les affirmations suivantes qui décrivent le rôle de l'acide sulfurique sont-elles vraies ou fausses :

Affirmation 1	L'acide sulfurique est une espèce chimique qui modifie l'état d'équilibre du système.
Affirmation 2	L'acide sulfurique permet d'accroître le taux d'avancement final.
Affirmation 3	L'acide sulfurique augmente la vitesse de réaction sans apparaître dans l'équation de réaction.

3. La synthèse de la phéromone A peut aussi être réalisée en remplaçant l'acide éthanoïque par de l'anhydride éthanoïque. Quels seront les effets de ce changement de réactif sur la transformation ?
4. On réalise l'hydrolyse basique (à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium), de la phéromone B de la fourmi coupeuse de feuilles. Cette phéromone sera notée  $R-COOCH_3$ . Écrire l'équation de la réaction associée à cette transformation chimique. Préciser les caractéristiques de cette réaction.

*Les phéromones peuvent être utilisées par l'homme pour piéger les insectes nuisibles en les attirant, soit loin des cultures que l'on veut protéger, soit vers des pièges très sélectifs. Ainsi il suffit de  $10^{-15}$  g par litre de solution de la molécule C (appelée aussi sulcatol car libérée par le *Gnatotricus Sulcatus*) pour attirer les insectes vers des forêts non exploitées.*

5.
  - a) Calculer la concentration molaire de cette solution.
  - b) Au vu des renseignements fournis sur les phéromones dans cet exercice, citer deux avantages des phéromones utilisées comme insecticide par rapport aux insecticides classiques utilisés dans l'agriculture.

## EXERCICE III - IONS CHLORURE DANS L'EAU DE MER (4 points)

L'Artémia est le nom scientifique d'un petit crustacé qui possède la particularité de pouvoir vivre dans des milieux très salés tels que certains lacs et marais salants. Pour se développer les Artémia ont besoin de vivre dans un milieu marin dont la teneur (ou concentration massique) moyenne en ions chlorure  $\text{Cl}^-$  est supérieure à  $30 \text{ g.L}^{-1}$ . Dans ces conditions, leur développement n'est pas compromis car les prédateurs aquatiques ne supportent pas des conditions salines aussi élevées.

Avant d'implanter un élevage d'Artémia dans des marais salants du Sud de la France, on se propose de déterminer la concentration en ions chlorure d'un prélèvement d'eau d'un marais de la zone choisie. Cette eau contient exclusivement des ions sodium et des ions chlorure.

La méthode utilisée permet de doser les ions chlorure par précipitation avec les ions argent  $\text{Ag}^+$ . La réaction de précipitation  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} = \text{AgCl}_{(\text{s})}$  peut être considérée comme totale (taux d'avancement  $\tau$  quasiment égal à 1). Le chlorure d'argent formé est un solide blanc.

L'équivalence du dosage sera déterminée de deux manières :

- en utilisant un indicateur coloré,
- en mesurant la conductivité lors du dosage.

### Partie A : dosage colorimétrique

L'indicateur coloré de fin de réaction est préparé en dissolvant quelques grains de dichlorofluorescéine dans un mélange eau-éthanol (méthode de Fajans). La solution obtenue a une couleur jaune. La présence d'ions sodium  $\text{Na}^+$ , chlorure  $\text{Cl}^-$  ou nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) ne modifie pas la couleur de la dichlorofluorescéine. Par contre, en présence d'ions  $\text{Ag}^+$ , la solution de dichlorofluorescéine prend une couleur rose-rouge.

#### 1. Illustration du fonctionnement de l'indicateur coloré

On prépare deux tubes à essai, numérotés 1 et 2. Dans chaque tube, on mélange 2,0 mL de solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et quelques gouttes de solution de l'indicateur coloré préparé avec la dichlorofluorescéine.

- Dans le tube n° 1, on ajoute 0,5 mL de solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Dans le tube n° 2, on ajoute 2,2 mL de solution de nitrate d'argent de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - a) Quel est le réactif en excès dans chacun des tubes ? Justifier.
  - b) Quel est l'aspect et la coloration du contenu de chaque tube ?

## 2. Principe du dosage

On veut doser un volume  $V_1$  d'une solution  $S_1$  d'ions chlorure par une solution  $S_2$  de nitrate d'argent de concentration  $C_2$ .

- Faire un schéma annoté du dispositif de titrage.
- Définir l'équivalence et expliquer brièvement comment la déterminer.

## 3. Préparation de la solution à doser

En septembre 2003, après un été caniculaire, on a prélevé un échantillon d'eau dans un marais salant, de la zone prévue pour implanter l'élevage d'Artémia.

On dilue 10 fois cette eau pour obtenir la solution  $S_1$  à doser.

- On souhaite obtenir 50 mL de solution  $S_1$ . Quel volume d'eau doit-on prélever ?
- Désigner et nommer la verrerie à utiliser pour effectuer cette dilution.  
Expliquer brièvement le mode opératoire.

## 4. Exploitation du dosage

On réalise le dosage d'un volume  $V_1 = 10,0$  mL de solution  $S_1$  par une solution  $S_2$  de nitrate d'argent de concentration  $C_2 = 1,00 \times 10^{-1}$  mol.L<sup>-1</sup>. Le volume de nitrate d'argent versé à l'équivalence est :  $V_E = 15,2$  mL.

- Déterminer la concentration molaire des ions chlorure dans la solution  $S_1$ .
- En déduire la concentration molaire des ions chlorure dans l'eau du marais.
- Cette eau est-elle favorable au développement des Artémia ?

Donnée : masse molaire atomique du chlorure :  $M(\text{Cl}) = 35,5$  g.mol<sup>-1</sup>.

## Partie B : dosage conductimétrique

Données :

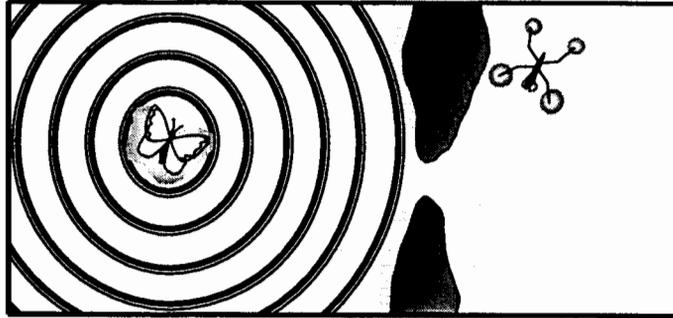
Conductivité molaire ionique à 25°C :

$$\begin{aligned} \lambda(\text{Cl}^-) &= 7,63 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} ; & \lambda(\text{Ag}^+) &= 6,19 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} \\ \lambda(\text{NO}_3^-) &= 7,14 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} ; & \lambda(\text{Na}^+) &= 5,01 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

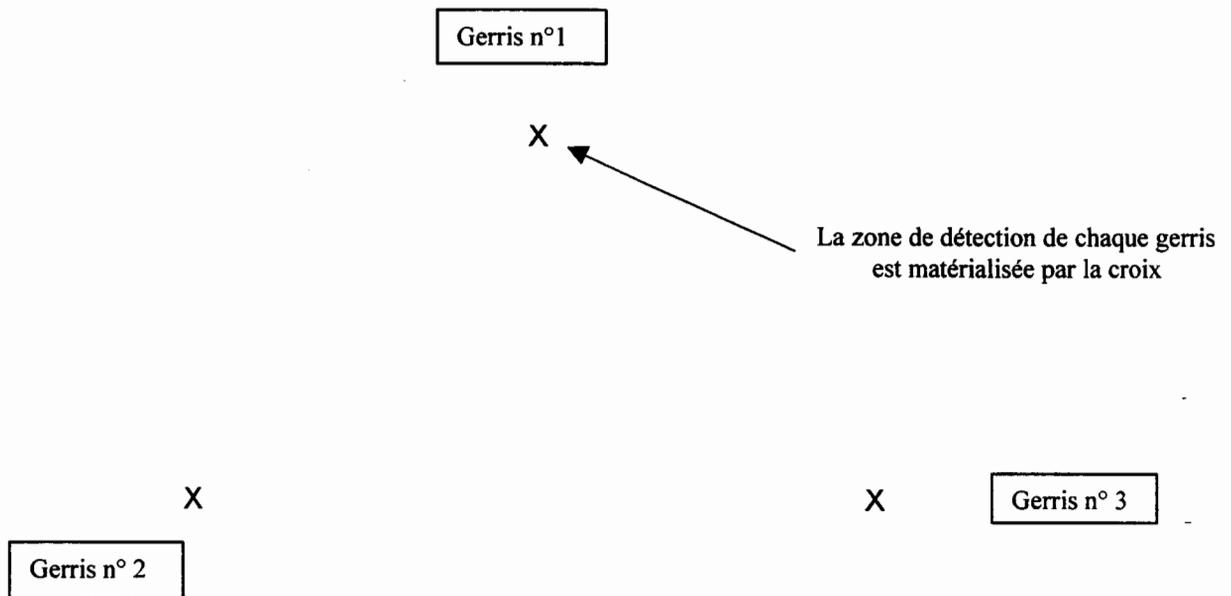
On a reporté en **annexe page 12 (à rendre avec la copie)**, l'évolution de la conductivité  $\sigma$  au cours du dosage en fonction du volume de nitrate d'argent versé.

- Déterminer graphiquement sur l'**annexe page 12** le point d'équivalence E du dosage.
- Justifier, sans calculs, la diminution de la conductivité avant l'équivalence.
- Justifier, sans calculs, l'augmentation de la conductivité après l'équivalence.

**EXERCICE I - ANNEXE**  
**(A rendre avec la copie)**



**Figure 7**

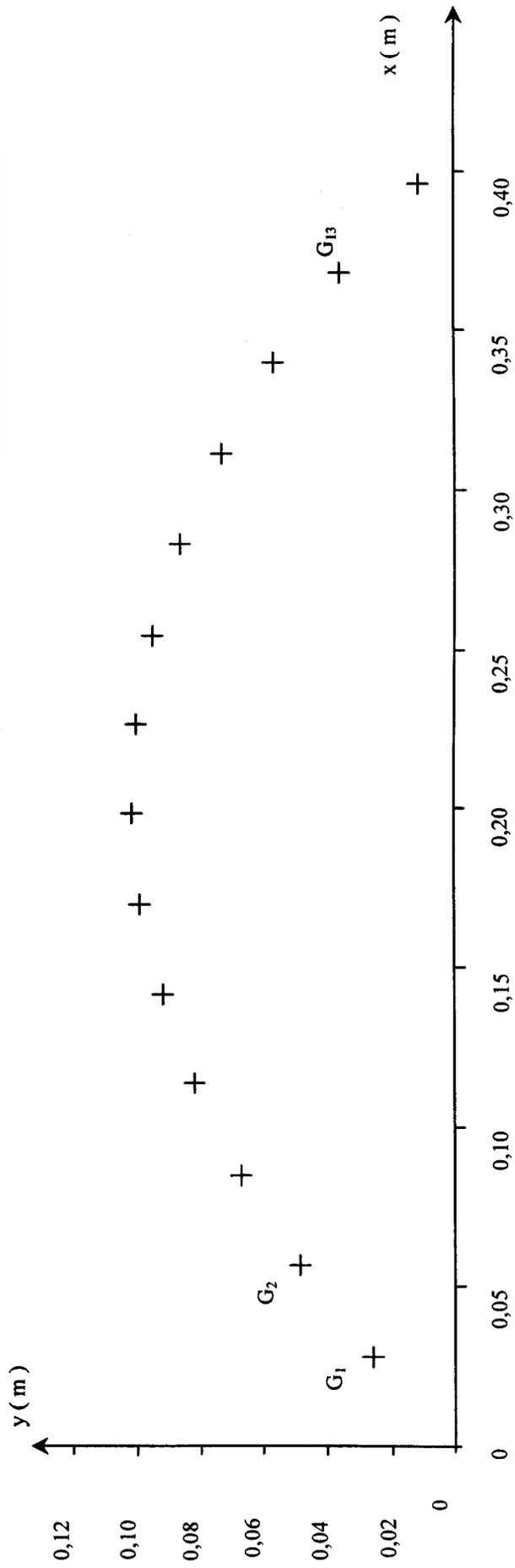


**Figure 8**

**EXERCICE I – ANNEXE**  
(A rendre avec la copie)

**Échelle : 1/2**

$\tau = 20 \text{ ms} ; v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1} ; \alpha_0 = 45^\circ$



**Figure 9**

**EXERCICE III - ANNEXE**  
(à rendre avec la copie)

**Suivi par conductimétrie du dosage des ions chlorure**

