# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**SESSION 2018**

## PHYSIQUE-CHIMIE

**Série S**

## Obligatoire

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

**L'usage de tout modèle de calculatrice,**
**avec ou sans mode examen, est autorisé.**

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1 à 14.
**Le document réponse de la page 14 est à rendre avec la copie.**

Le sujet est composé de trois exercices indépendants les uns des autres.

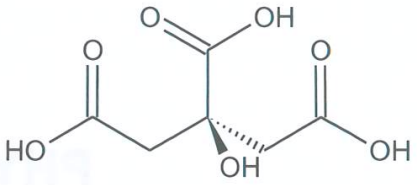
Le candidat doit traiter les trois exercices.

## Exercice I. L'acide citrique au quotidien (9 points)

**Les différentes parties sont indépendantes.**

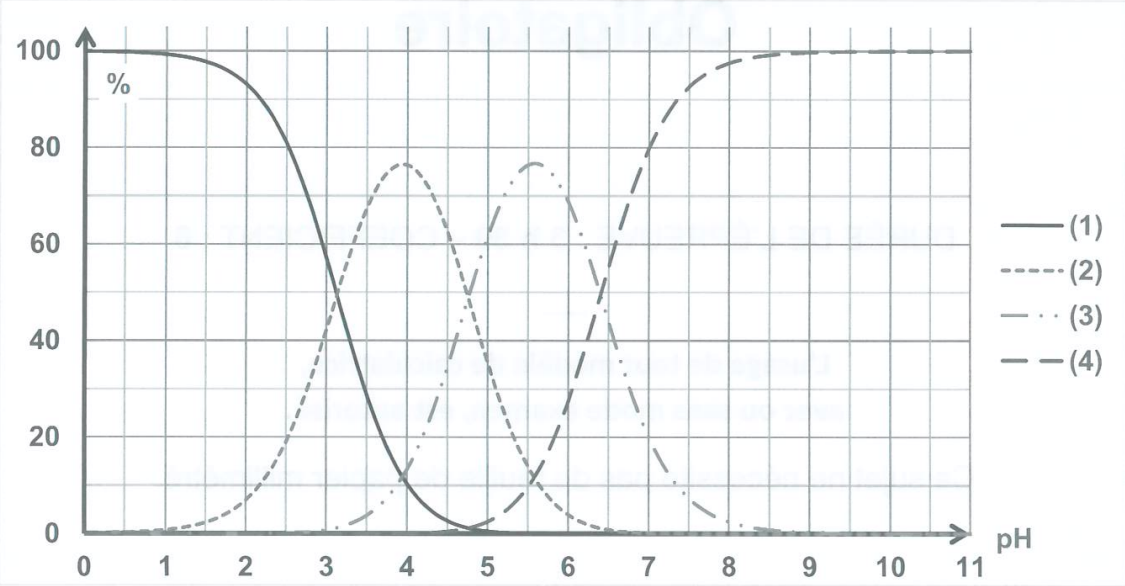
L'acide citrique est un triacide présent en abondance dans le citron. La synthèse mondiale approche les deux millions de tonnes par an. Il est utilisé dans les boissons, les cosmétiques, en pharmacie, etc.

Dans le commerce, on peut le trouver sous forme de poudre blanche anhydre ou monohydratée. Le but de cet exercice est d'étudier les propriétés acido-basiques de l'acide citrique, de trouver la forme présente dans un détartrant et de déterminer la pureté d'un produit commercial.

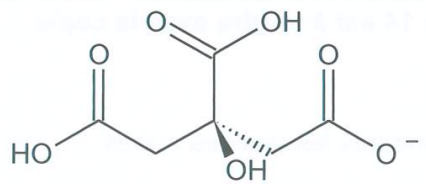



Représentation de la molécule d'acide citrique

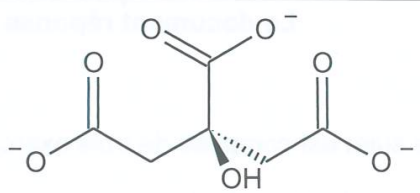
**Document 1 :** diagramme de distribution (pourcentage des espèces présentes) en fonction du pH et représentations des différentes espèces acido-basiques des couples de l'acide citrique.



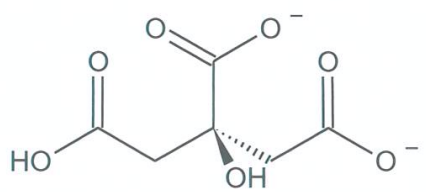

a



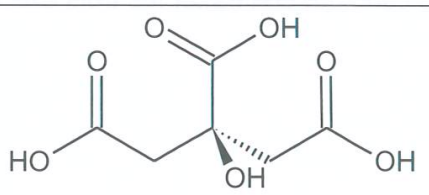

b




c




d






Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

## 1. Étude des propriétés acido-basiques de l'acide citrique

**1.1.** Rappeler ce qu'est un acide selon Brönsted, puis expliquer pourquoi l'acide citrique est qualifié de « triacide ».

**1.2.** Parmi les quatre espèces acido-basiques (a, b, c, d), indiquer celle qui prédomine en milieu très acide et celle qui prédomine en milieu très basique. Justifier.

**1.3.** Associer chaque espèce acido-basique a, b, c et d à une courbe 1, 2, 3 ou 4 du diagramme de distribution.

**1.4.** Le pH d'une solution aqueuse d'acide citrique de concentration 15 $mmol \cdot L^{-1}$ est d'environ 2,5.
Quelle(s) est (sont) la(les) forme(s) (a, b, c et d) prédominante(s) de l'acide citrique dans cette solution ? Estimer leurs proportions relatives.

**1.5.** Indiquer à quelle grandeur acido-basique particulière correspond la valeur de pH égale à 3,2. Justifier.

**1.6.** L'acide citrique présente-t-il un atome de carbone asymétrique ? Justifier la réponse.

## 2. Extraction de l'acide citrique d'un citron

L'acide citrique a été isolé en 1784 par Carl Wilhelm Scheele à partir de jus de citron.

*L'extraction se déroule en différentes étapes décrites ci-dessous.*

1) *Extraire le jus d'un citron, puis le filtrer pour enlever la pulpe.*
2) *Ajuster le pH à environ 9 en ajoutant une solution aqueuse d'ammoniac concentrée.*
3) *Ajouter une solution aqueuse de chlorure de calcium, on observe alors la formation d'un précipité de citrate de calcium.*
4) *Filtrer sous vide pour récupérer le solide formé.*
5) *Amener le pH à une valeur inférieure à 1 en ajoutant une solution aqueuse d'acide sulfurique. Après agitation lente, on obtient une solution laiteuse.*
6) *Filtrer à nouveau cette solution, puis placer le filtrat dans une ampoule à décanter. Ajouter un peu d'éthanoate d'éthyle dans l'ampoule, puis, après agitation et décantation, jeter la phase aqueuse et récupérer la phase organique.*
7) *L'acide citrique est ensuite isolé à l'aide d'un évaporateur rotatif qui va évaporer le solvant organique. Le spectre infra-rouge du produit extrait est réalisé.*

**Données**

| | Eau | Éthanoate d'éthyle |
|---|---|---|
| Densité | 1,0 | 0,92 |

Équation de dissolution du chlorure de calcium dans l'eau : $CaCl_{2(s)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2\ Cl^{-}_{(aq)}$



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

**Table simplifiée de données pour la spectroscopie IR**

| Liaison | Nombre d'onde ($cm^{-1}$) |
|---|---|
| O–H alcool | 3200 – 3400 |
| C–H | 2800 – 3000 |
| O–H acide carboxylique | 2500 – 3200 bande large |
| C=O acide carboxylique | 1700 – 1725 |
| C=O aldéhyde | 1720 – 1740 |

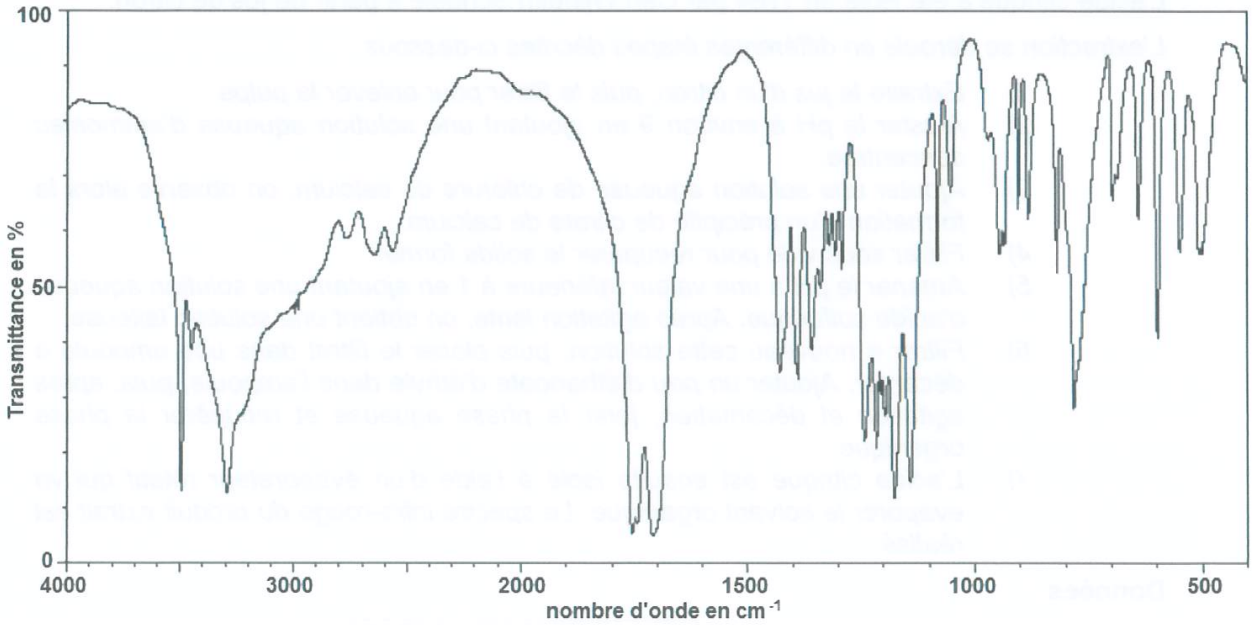
**2.1.** L'acide citrique se trouve sous la forme b (appelée ion citrate) à la fin de l'étape *2* du protocole. Écrire la formule brute de cet ion. En déduire la formule brute du précipité de citrate de calcium formé à l'étape 3.

**2.2.** Expliquer pourquoi le précipité de citrate de calcium disparait au cours de l'étape *5*.

**2.3.** Faire un schéma légendé de l'ampoule à décanter utilisée lors de l'étape *6*, préciser les positions relatives des phases organique, aqueuse et de l'acide citrique. Justifier la position relative des deux phases.

**2.4.** Le spectre isolé après évaporation du solvant organique est représenté ci-dessous. Ce spectre confirme-t-il que le produit extrait du citron par ce protocole est de l'acide citrique ?

**Spectre infrarouge**






Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

### 3. Analyse d'un détartrant à l'acide citrique

Un laboratoire d'analyse met en place un protocole afin de déterminer :
- la forme, anhydre ou monohydratée, de l''acide citrique présente dans un détartrant commercial en poudre ;
- la pureté de l'acide citrique dans le détartrant commercial en poudre.

**Données**

| Indicateur | Couleur | | Domaine de virage |
|---|---|---|---|
| | Forme acide | Forme basique | |
| Jaune d'alizarine | Jaune | Violet | 10,1 à 12,1 |
| Thymolphtaléine | Incolore | Bleue | 9,3 à 10,5 |
| Rouge de crésol | Jaune | Rouge | 7,2 à 8,8 |
| Bleu de bromothymol | Jaune | Bleue | 6,0 à 7,6 |
| Rouge de méthyle | Rouge | Jaune | 4,2 à 6,2 |
| Vert de bromocrésol | Jaune | Bleue | 3,8 à 5,4 |
| Hélianthine | Rouge | Jaune | 3,1 à 4,4 |

| | Formule brute | Masse molaire | Pictogramme |
|---|---|---|---|
| Acide citrique anhydre | $C_6H_8O_7$ | 192 g·mol$^{-1}$ |  |
| Acide citrique monohydraté | $C_6H_8O_7$, $H_2O$ | 210 g·mol$^{-1}$ | |

*Protocole utilisé au laboratoire :*
- *poser une coupelle sur le plateau d'une balance et appuyer sur « TARE » ;*
- *mettre un peu de détartrant dans la coupelle, la balance indique alors :*




- *introduire le contenu de la coupelle dans un bécher, ajouter un peu d'eau distillée puis agiter pour dissoudre totalement le détartrant ;*
- *mettre le bécher sous une burette graduée remplie avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol·L$^{-1}$ ;*
- *placer une électrode de pH-métrie dans le bécher et la relier au pHmètre ;*
- *sous agitation magnétique, ajouter progressivement la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium en relevant régulièrement la valeur du pH de la solution.*

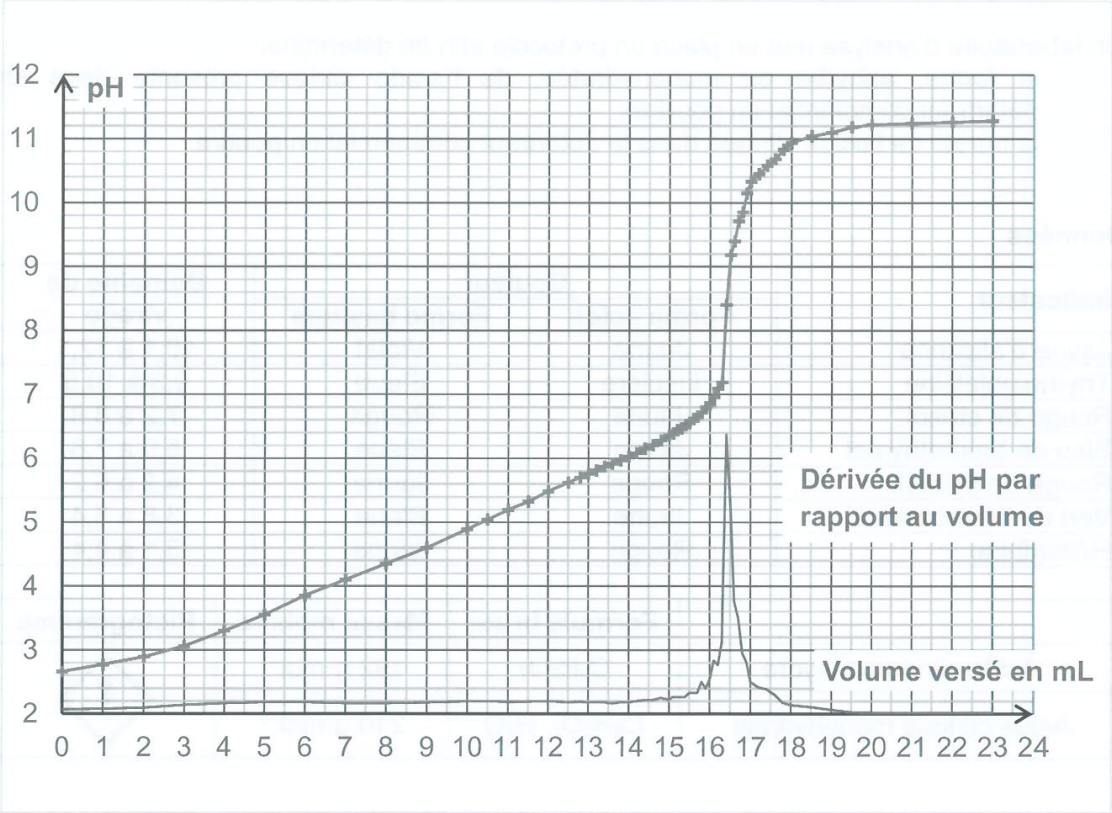
Équation de la réaction support du titrage :

$$C_6H_8O_{7(aq)} + 3\,HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_5O^{3-}_{7(aq)} + 3\,H_2O_{(aq)}$$



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Courbe obtenue en réalisant le protocole.




**3.1.** Expliquer pourquoi le coefficient stœchiométrique dans l'équation support du titrage vaut 3 pour les ions hydroxyde.

**3.2.** En expliquant votre démarche, déterminer la valeur $V_E$ du volume de solution d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence.

**3.3.** Quel indicateur coloré pourrait-on utiliser pour réaliser ce titrage sans pH-mètre ? Préciser alors comment serait repéré le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

**3.4.** En exploitant les résultats expérimentaux de l'analyse :
- montrer que le détartrant ne peut pas être de l'acide citrique monohydraté ;
- déterminer le pourcentage massique d'acide citrique anhydre du détartrant ;
- conclure sur la pureté du détartrant.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

## Exercice II. Étude du vol d'une balle de golf (6 points)

Le swing d'un joueur de golf professionnel permet d'envoyer la balle à une distance (appelée « portée ») d'environ 250 mètres, distance mesurée horizontalement par rapport à l'impact initial entre le club et la balle de golf. Le but de cet exercice est de confronter cette valeur de 250 mètres avec l'hypothèse d'un mouvement parabolique et de comprendre le décalage observé en considérant les conditions réelles du mouvement de la balle.

Dans les parties 2 et 3, on cherche à retrouver la valeur de cette portée à partir de deux modèles différents.

### 1. Vitesse initiale de la balle

Le schéma qui suit propose la reconstruction d'une chronophotographie du mouvement d'une balle de golf après sa propulsion par le club. Le film a été réalisé par une caméra ultra-rapide permettant d'enregistrer 1000 images par seconde. La représentation ci-dessous (figure 1) montre les 9 premières images de l'enregistrement de la balle, la première image de la balle correspondant à sa position initiale.

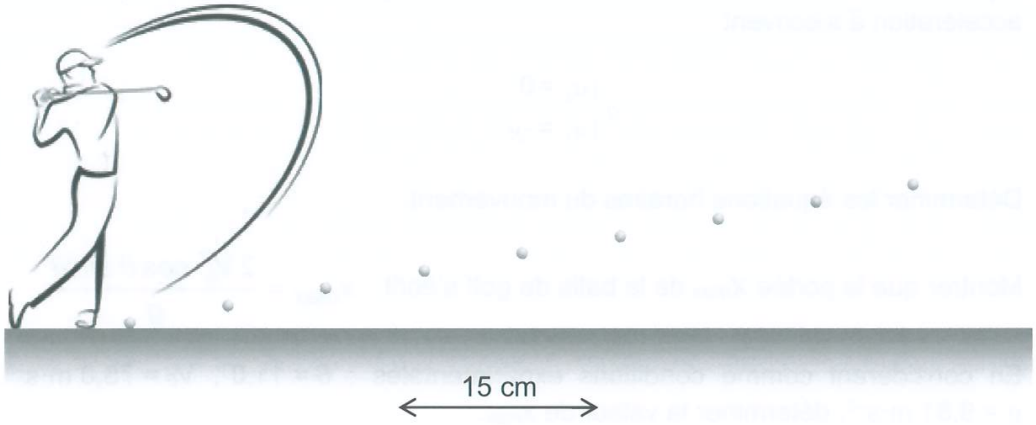



***Figure 1***

Remarque : le golfeur représenté n'est pas à l'échelle de la chronophotographie et n'est ici qu'à titre purement illustratif.

**1.1.** Déterminer l'intervalle de temps $\Delta t$ qui sépare deux images de la chronophotographie.

**1.2.** À quel type de mouvement simple peut être assimilé le mouvement de la balle au début du vol représenté sur la figure 1 ?

**1.3.** En prenant en considération l'échelle proposée, déterminer le plus précisément possible la vitesse initiale $V_0$ avec laquelle la balle de golf est propulsée.



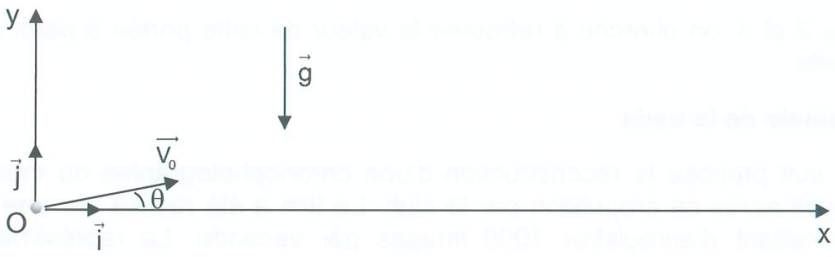
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

## 2. Mouvement de la balle modélisée par un point matériel

La balle de golf est modélisée par un point matériel de masse $m = 46$ g évoluant dans un champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$. Dans ce modèle, la résistance de l'air n'est pas à prendre en compte.

Le mouvement de la balle est étudié dans le système d'axes (Oxy). À la date $t = 0$ s, elle est placée à l'origine du repère O.




**2.1.** À partir d'une loi dont on donnera le nom, montrer que les composantes du vecteur accélération $\vec{a}$ s'écrivent :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

**2.2.** Déterminer les équations horaires du mouvement.

**2.3.** Montrer que la portée $x_{max}$ de la balle de golf s'écrit : $x_{max} = \dfrac{2V_0^2 \cos\theta \sin\theta}{g}$

**2.4.** En considérant comme conditions expérimentales : $\theta = 11{,}0°$, $V_0 = 75{,}0$ m·s$^{-1}$, $g = 9{,}81$ m·s$^{-2}$, déterminer la valeur de $x_{max}$.

**2.5.** Comparer cette valeur calculée de la portée avec celle annoncée en introduction (les conditions initiales du mouvement restant identiques), et indiquer en quoi la valeur réelle de la portée dans l'air peut sembler surprenante.

## 3. De l'importance de l'air dans le vol d'une balle de golf

Dans cette partie, la balle n'est plus modélisée par un point matériel.

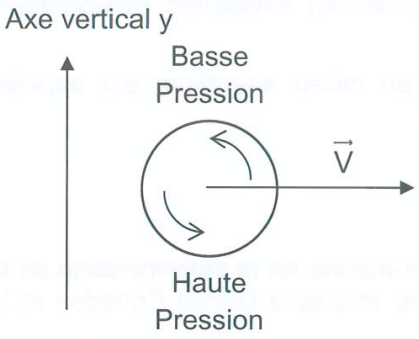
Lorsque le golfeur frappe la balle à l'instant $t = 0$, il utilise un club qui la propulse avec un angle d'une dizaine de degrés par rapport au sol. L'impact du club avec la balle a également pour conséquence de mettre celle-ci en rotation sur elle-même (phénomène de « backspin »). Ces rotations peuvent atteindre la fréquence de 2700 tours par minute.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**Document : l'effet Magnus**

L'effet Magnus est un phénomène qui se manifeste lorsque la balle possède un mouvement de rotation dans l'air.




Lorsque le golfeur imprime à la balle un mouvement de rotation arrière, appelé « backspin », la balle tourne dans le sens indiqué sur le schéma ci-contre.

L'air qui passe au-dessus de la balle est alors entrainé par la rotation de celle-ci, sa vitesse augmente et sa pression diminue.

Inversement, l'air qui passe au-dessous de la balle verra sa vitesse diminuer et sa pression augmenter.

Cette différence de pression est à l'origine d'une force supplémentaire $\vec{F}$ verticale, dirigée vers le haut, supposée appliquée au centre de la balle et constante tout au long du mouvement.

On néglige, dans ce modèle, les autres effets dus à l'air.

**3.1.** Représenter sur le **document réponse à rendre avec la copie** les forces modélisant les actions mécaniques s'exerçant sur la balle.

**3.2.** En déduire l'expression de la nouvelle composante $a_y$ de l'accélération verticale en fonction de $m$, $g$ et $F$.

**3.3.** Estimer la valeur de l'intensité de la force $\vec{F}$ pour retrouver la portée effectivement observée.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

## Exercice III. Communication sous-marine (5 points)

Les sonars actifs sont aujourd'hui très utilisés dans différents domaines : militaire (détection de sous-marins, mines…), pêche (détection de banc de poissons), navigation, hydrographie (cartographie des fonds sous-marins).

Les sonars utilisent des ondes sonores dont l'étude en milieu aquatique est appelée acoustique sous-marine.

### 1. Les débuts de l'acoustique sous-marine

Une étape importante de l'évolution de l'acoustique sous-marine fut la détermination de la vitesse des ondes sonores dans l'eau du lac Léman par le suisse Daniel Colladon et le français Charles Sturm.

- En 1825, les premières mesures sont effectuées selon le protocole suivant.
  Un premier expérimentateur produit un son dans l'eau. Dans le même temps, il lance une fusée. Depuis un second bateau situé à environ 1000 m du premier, un deuxième expérimentateur plonge sa tête dans l'eau et indique par un signe du bras la réception du bruit à un troisième observateur en charge du chronomètre. Le chronomètre indique les quarts de seconde. Les valeurs de vitesse du son dans l'eau calculées à partir de cette expérience étaient trop approximatives.
- En 1826, le protocole a été amélioré pour aboutir au système décrit dans le document ci-dessous.



***Figure 1 : bateau émetteur***

*À l'instant où la cloche est frappée un ingénieux dispositif enflamme une poudre formant un signal lumineux observable par le second expérimentateur présent dans le bateau récepteur.*

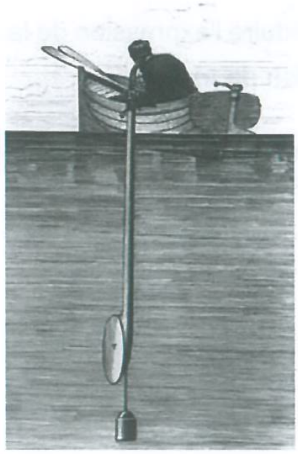


***Figure 2 : bateau récepteur***

*Le son de la cloche est perçu par l'expérimentateur grâce à un long tube cylindrique à l'extrémité duquel il applique son oreille. La mesure de durée est effectuée avec le même chronomètre que l'expérience de 1825.*



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**1.1.** Lors de l'expérience de 1825, pourquoi le premier expérimentateur lance-t-il une fusée ?

**1.2.** Dans cette expérience, identifier au moins deux sources d'erreurs sur la valeur de la mesure de la vitesse du son.

**1.3.** Quelles améliorations apportées dans le deuxième protocole ont permis de réduire l'incertitude ?

La deuxième expérience, en 1826, a été réalisée sur le lac Léman entre la ville de Rolle et celle de Thonon. On a reproduit ci-dessous une partie de l'analyse de l'expérience faite par Colladon et Sturm.

*« Le château de Rolle est situé sur le bord même du lac ; quant au clocher de Thonon sa projection est éloignée du bord de 353 m ce qui donne 13 887 m pour la distance des deux rives. En retranchant 400 m pour la distance des deux bateaux aux deux rives, on a 13 487 m pour la distance de deux stations (*). Ce nombre peut être gardé comme exact à moins de 20 m près.*

*Si nous évaluons à moins d'un quart de seconde la petite erreur (**) […] nous pouvons adopter 9,4 s pour le temps que le son mettait réellement à venir d'une station à l'autre. »*

*Extrait des mémoires de l'Académie des Sciences. Mémoire sur la compression des liquides et la vitesse du son dans l'eau. Colladon et Sturm 1827*

(*) bateaux

(**) incertitude sur la mesure de la durée de propagation

**1.4.** L'incertitude relative sur la valeur de la vitesse $v$ s'écrit : $\frac{U(v)}{v} = \sqrt{\left(\frac{U(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$.

Donner un encadrement de la valeur de la vitesse du son dans l'eau.

**1.5.** Dans une note de bas de page Jean-Daniel Colladon signale que *« l'erreur possible dans cette expérience ne peut pas s'élever au-dessus de 1/60e de la valeur véritable »*.

Cette affirmation est-elle cohérente avec le résultat obtenu question 1.4 ? Justifier la réponse.

## 2. Impact de l'utilisation des sonars sur la faune sous-marine

Les signaux émis par ces sonars peuvent perturber la faune.

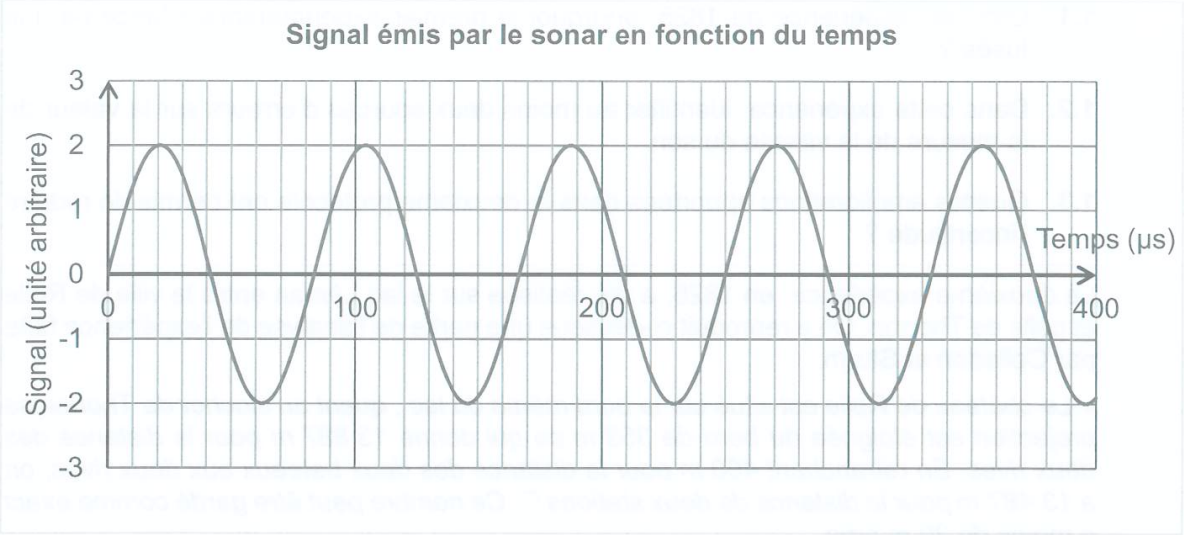
Par exemple, en 2008, un échouage de dauphins a créé une polémique entre une grande partie de la communauté scientifique et les experts qui ont analysé cet échouage. Les experts ont en effet mis en cause pour la première fois un navire d'une compagnie pétrolière utilisant des fréquences élevées ; ce navire faisait des relevés topographiques à 65 km du lieu de l'échouage. À 1 m de l'émetteur d'un sonar, le niveau d'intensité sonore maximal peut atteindre 240 dB.

On modélise le signal émis par un sonar par une fonction sinusoïdale du temps (voir graphique ci-après).



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

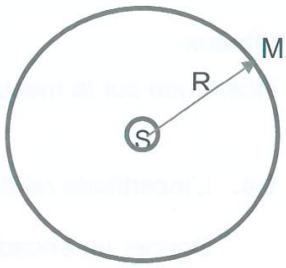



**2.1.** À l'aide de l'enregistrement ci-dessus du signal émis par le sonar, vérifier que la fréquence d'émission $f$ vaut 12 kHz.

**2.2.** Ce signal appartient-il au domaine audible des êtres humains ?

**2.3.** Phénomènes d'atténuation des ondes sonores.

L'intensité sonore $I$ reçue en un point M, situé à une distance $R$ de la source acoustique S, est liée à la puissance acoustique $P$ de la source par la relation : $I = \dfrac{P}{4\pi R^2}$




**2.3.a.** On considère généralement que dans l'eau le seuil d'audibilité est $I_0 = 7{,}00 \times 10^{-17}$ W·m$^{-2}$. En déduire la valeur de l'intensité sonore maximale à 1 m du sonar.

**2.3.b.** Montrer que la puissance de la source sonore vaut $8{,}80 \times 10^8$ W.

**2.3.c.** En déduire que le niveau d'intensité sonore à 65 km du sonar vaut environ 144 dB.

Le milieu de propagation absorbe une partie de l'énergie de l'onde sonore. Il en résulte que le niveau d'intensité sonore mesuré en un point subit une perte supplémentaire en décibel égale à $\alpha R$ où $\alpha$ est un coefficient d'absorption qui dépend, entre autres, de la fréquence $f$ de l'onde, et où $R$ est la distance entre la source et le récepteur.

| $f$ (kHz) | 0,1 | 0,3 | 1 | 3 | 10 | 30 | 100 | 300 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ (dB/km) | 0,001 | 0,01 | 0,07 | 0,1 | 1 | 5 | 30 | 100 | 500 |

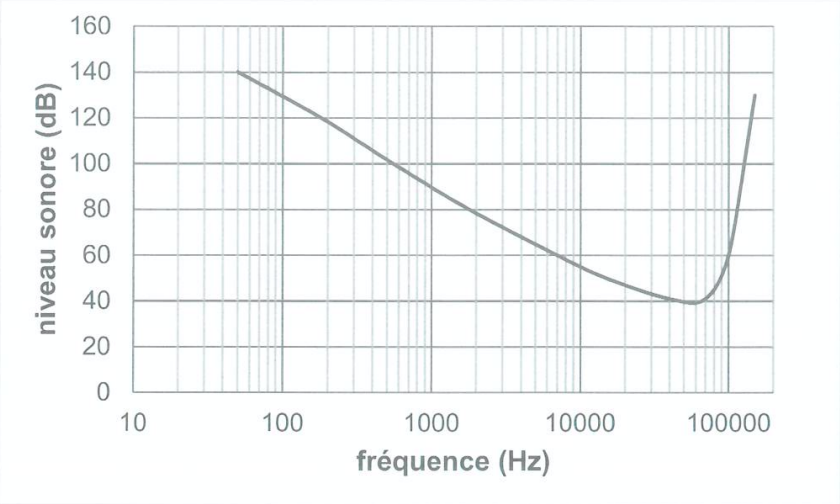
*Source : Acoustique sous-marine présentation et applications Xavier Lurton –IFREMER*

**2.3.d.** Estimer la valeur de la diminution du niveau d'intensité sonore en décibel (dB) dans la situation étudiée. On précisera l'approximation effectuée.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 12 / 16
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**2.4.** La courbe ci-dessous indique le niveau sonore minimal pour qu'un son de fréquence *f* soit audible par un dauphin.




*D'après :*

***Conférence :*** *Sonar et faune marine : une cohabitation à risques ? Xavier Lurton et Yves Le Gall*
***https://wwz.ifremer.fr/webtv/Conferences/Sonar-et-faune-marine***

D'après les données de cet exercice, les dauphins ont-ils pu percevoir l'émission du sonar du navire scientifique à Madagascar en 2008 ?

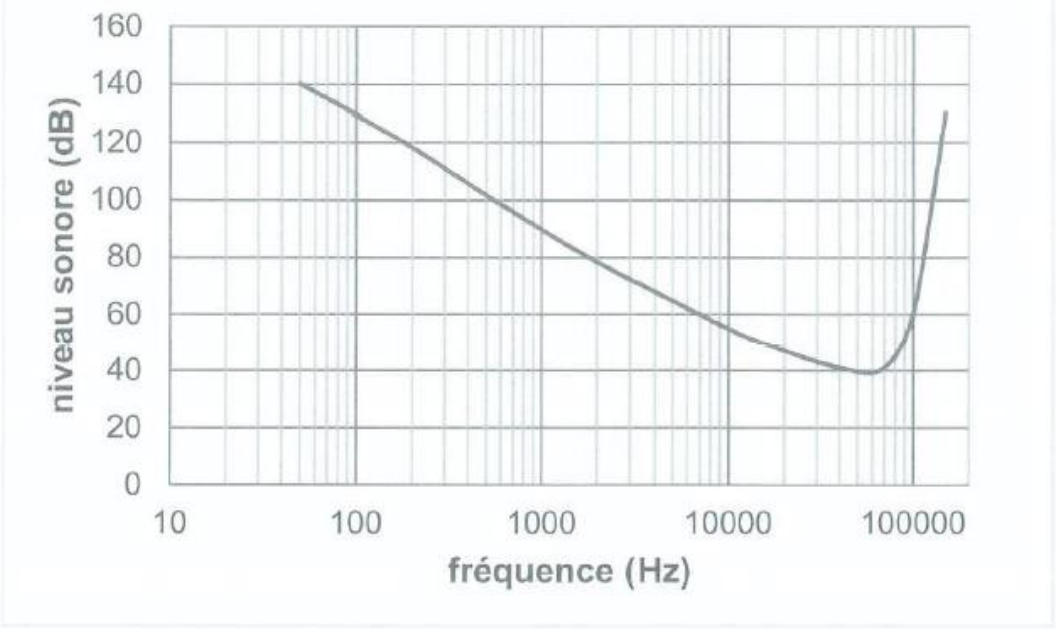


Le corrigé détaillé est sur galilee.ac



Voir le corrigé
scanner ou cliquer

**2.4.** La courbe ci-dessous indique le niveau sonore minimal pour qu'un son de fréquence *f* soit audible par un dauphin.



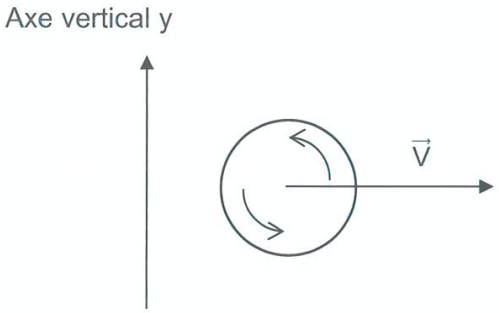

*D'après :*

***Conférence :*** *Sonar et faune marine : une cohabitation à risques ? Xavier Lurton et Yves Le Gall*
***https://wwz.ifremer.fr/webtv/Conferences/Sonar-et-faune-marine***

D'après les données de cet exercice, les dauphins ont-ils pu percevoir l'émission du sonar du navire scientifique à Madagascar en 2008 ?

## DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

### Exercice II






Le corrigé détaillé est sur galilee.ac



Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Modèle CMEN-DOC v2 A4 ©NEOPTEC

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)