

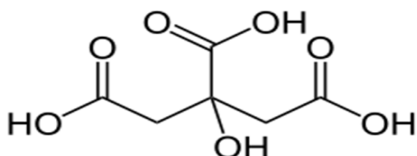
## EXERCICE I : SCHTROUMPF ET ACIDE CITRIQUE

## SCHTROUMPF et ACIDE CITRIQUE

L'acide citrique est un acide organique présent en particulier dans les agrumes. Produit à près de deux millions de tonnes par an dans le monde, ses usages sont multiples, notamment dans l'agro-alimentaire et dans l'industrie des cosmétiques, mais aussi dans les produits ménagers.

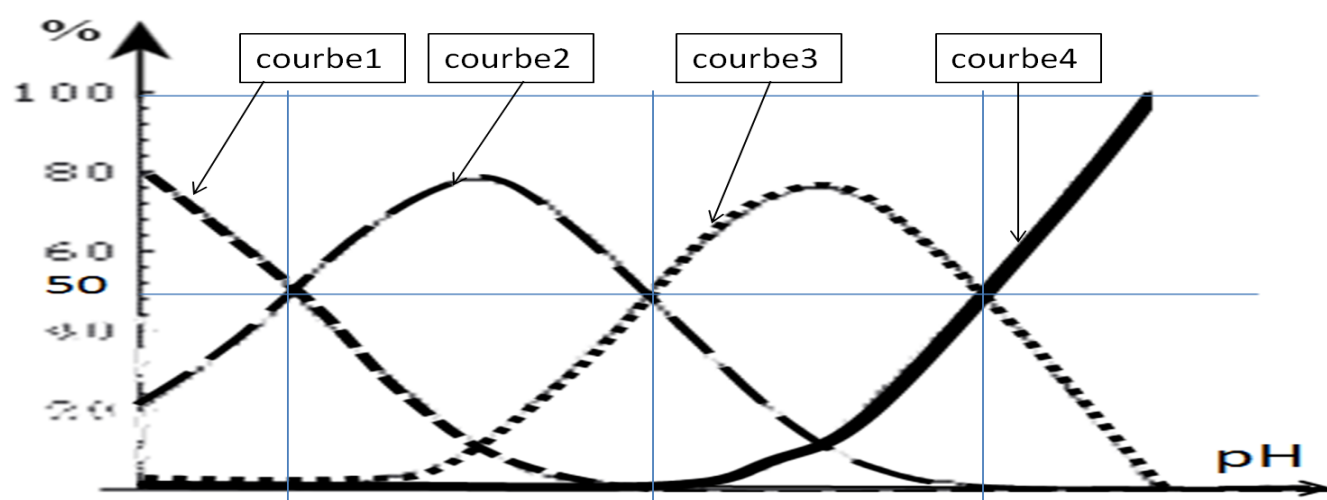
Acide citrique

M=192 g/mol

la dissociation se fait en trois étapes (appelons-le  $H_3A$ )

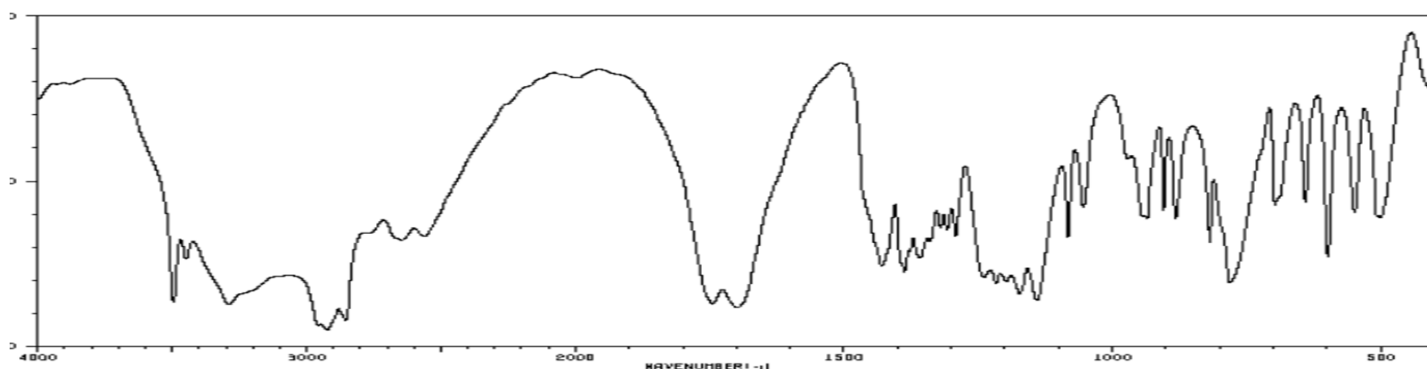
- $H_3A + H_2O \rightleftharpoons H_2A^- + H_3O^+$   $pK_{a1} = 3,132$
- $H_2A^- + H_2O \rightleftharpoons HA^{2-} + H_3O^+$   $pK_{a2} = 4,76$
- $HA^{2-} + H_2O \rightleftharpoons A^{3-} + H_3O^+$   $pK_{a3} = 6,4$

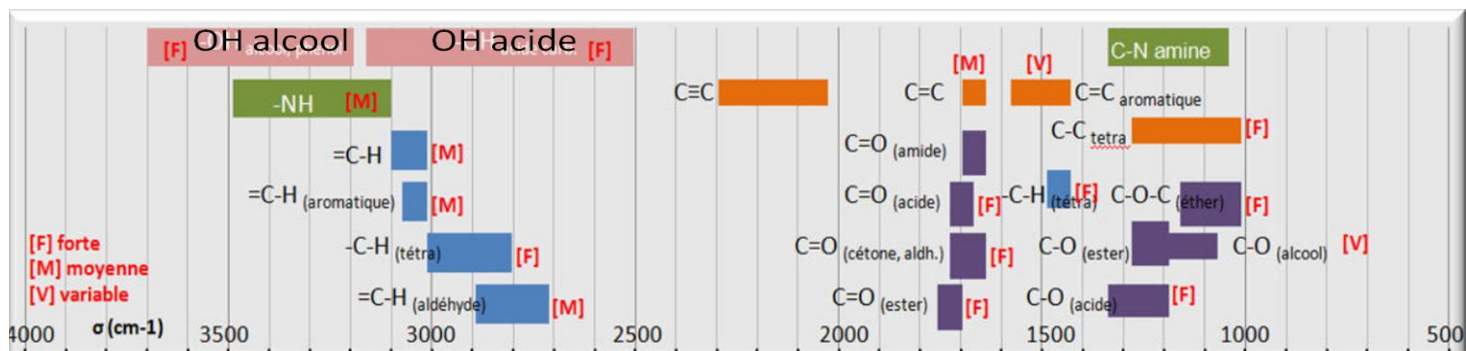
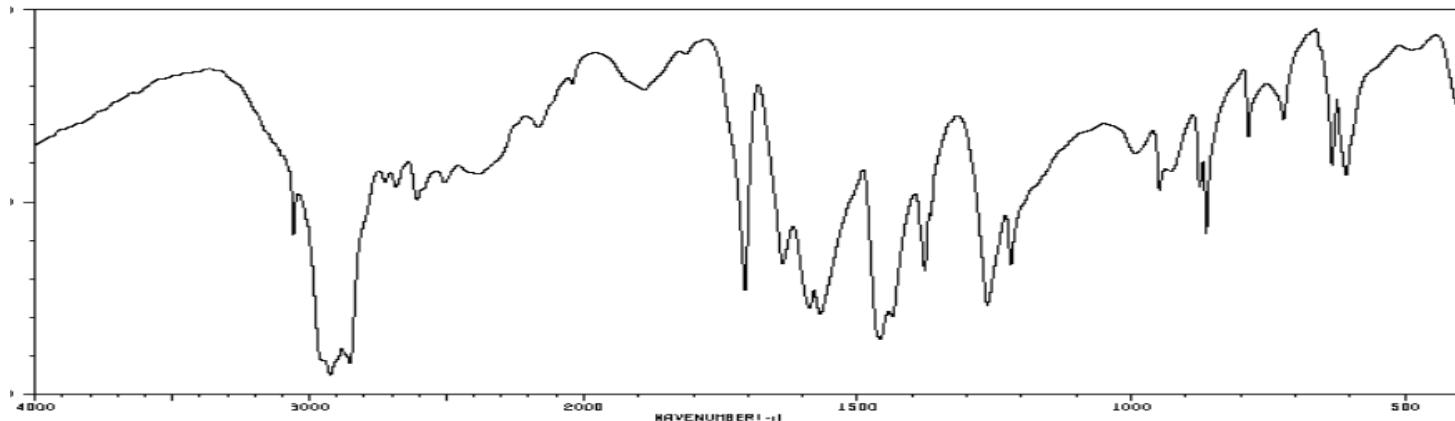
Proportions % :  $[x]/c$  avec x : une des 4 espèces présentée ci-dessus, c : concentration introduite en fonction du pH d'une solution



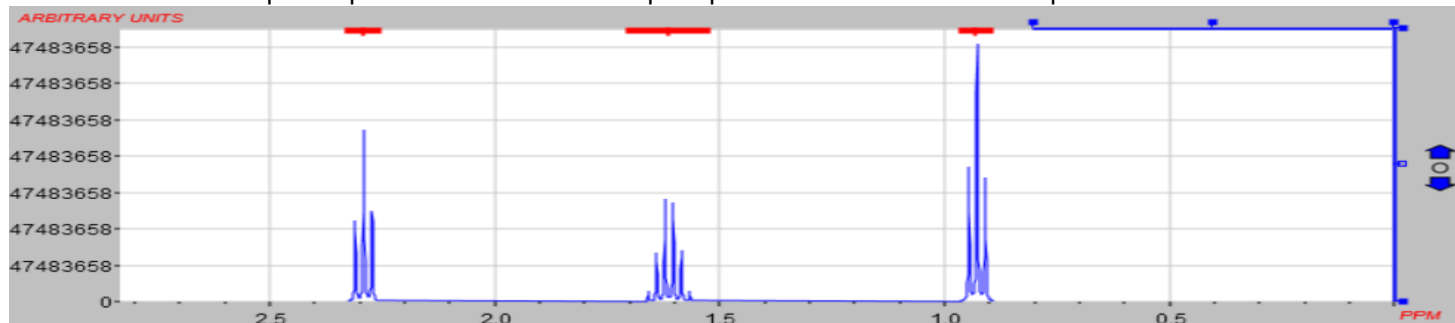
## 1- La molécule d'acide citrique

- 1-1. Reproduire la formule topologique de l'acide citrique en entourant les différents groupements chimiques et en les nommant.
- 1-2. Justifier le fait que l'acide citrique soit un triacide.
- 1-3. On peut noter l'acide citrique sous la forme  $H_3A$ . Ecrire l'équation-bilan de sa dissociation complète dans l'eau permettant d'obtenir  $A^{3-}$ . Dessiner la formule topologique de cet ion.
- 1-4. Après avoir donné la définition de Bronsted d'un acide et d'une base, montrer que  $H_3A$  est un acide et  $A^{3-}$  une base.
- 1-5. Que représentent les courbe 1, 2, 3 et 4 ? Le pH d'une solution acide/base peut être donné par  $pH = pK_a + \log\left(\frac{[base]}{[acide]}\right)$ . Indiquer sur l'axe des pH les différents  $pK_a$  des couples de l'acide citrique en justifiant l'un d'entre eux à l'aide de la formule précédente.
- 1-6. Parmi les 2 spectres infrarouges suivants, lequel représente celui de l'acide citrique. JUSTIFIER





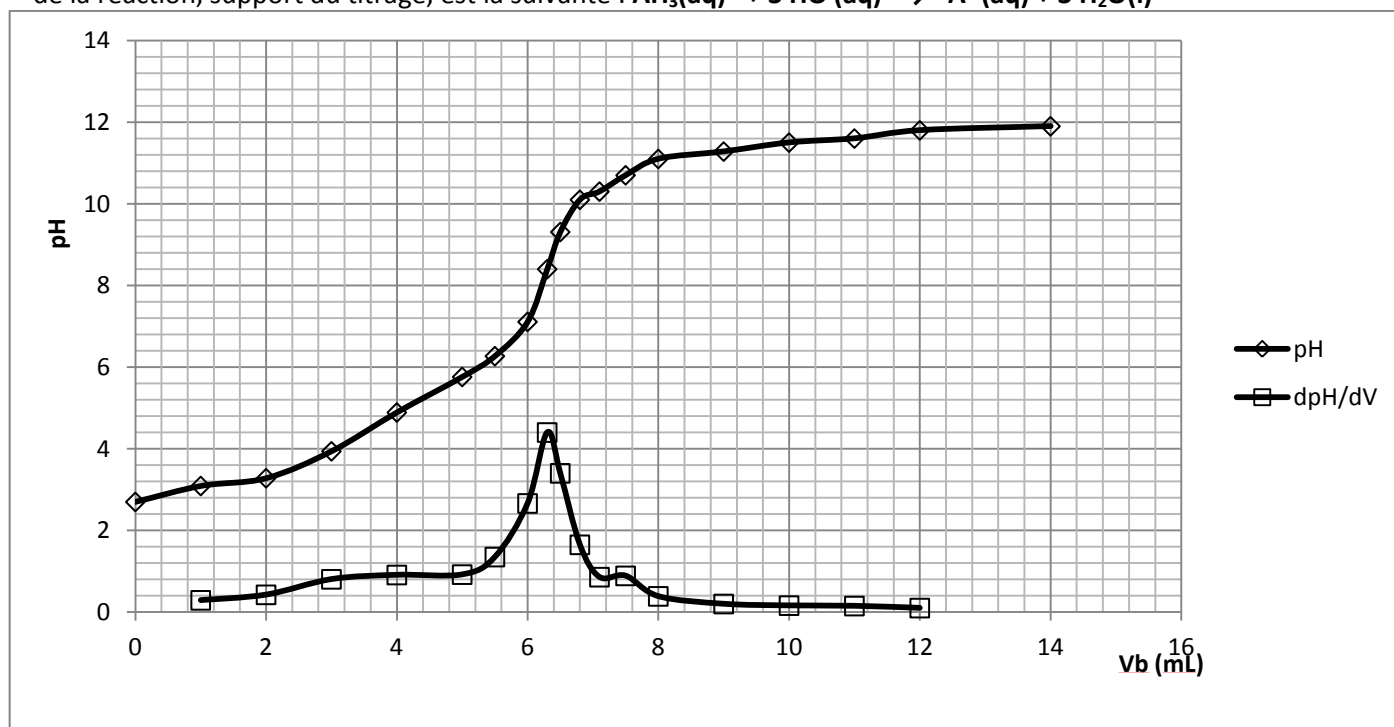
1-7. Montrer que le spectre HRMN suivant ne peut pas être celui de l'acide citrique.



## 2- Dosage de l'acide citrique contenu dans un bonbon schtroumpf.

L'acide citrique est utilisé comme acidifiant des bonbons Schtroumpf.

**Expérience :** On dissout un bonbon schtroumpf dans 50 mL d'eau. On dose ensuite 10 mL de cette solution par de l'hydroxyde de sodium de concentration  $cb = 0.08 \text{ mol/L}$ . Le suivi pH-métrique donne la courbe suivante. L'équation de la réaction, support du titrage, est la suivante :  $\text{AH}_3(\text{aq}) + 3 \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^{3-}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$



2-1. Trouver la valeur du pH à l'équivalence. Montrer que pour ce pH l'ion  $\text{A}^{3-}$  est majoritaire.

2-2. **Résolution de problème :** Quelle est la masse d'acide citrique contenue dans un bonbon schtroumpf ?

## EXERCICE II : Ludovic et son pistolet à flèches

Ludovic décide d'utiliser ses connaissances en mécanique pour étudier le mouvement d'une flèche tirée par son pistolet.

Négligeant l'action de l'air et prenant la valeur  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  pour la pesanteur, il considère la fléchette comme un objet ponctuel de masse  $m_1 = 50 \text{ g}$ . L'étude se décomposera en deux parties : une première correspondant à la poussée de la fléchette par le pistolet, la seconde s'intéressant à la montée verticale de la fléchette, une fois éjectée du pistolet.

### Partie 1 : la poussée de la fléchette

On considère que le système {fléchette – pistolet} est un système isolé. La masse du pistolet à vide est  $m_p = 0,115 \text{ kg}$ . A la fin de la phase de poussée, la fléchette possède une vitesse  $v_1$  verticale de valeur  $4,5 \text{ m.s}^{-1}$

- 1.1. Exprimer la quantité de mouvement  $\vec{p}_0$  du système {fléchette - pistolet} avant que Ludovic ne déclenche le tir, puis montrer que celle-ci est équivalente au vecteur nul.
- 1.2. Que peut-on dire de la quantité de mouvement  $\vec{p}_1$  du système {fléchette-pistolet} à la fin de la phase de poussée ?
- 1.3. En déduire la valeur  $v_p$  de la vitesse de recul du pistolet juste après l'éjection de la fléchette.
- 1.4. La valeur réelle de cette vitesse est beaucoup plus faible que la valeur que l'on obtient à la question précédente. Pourquoi observe-t-on une telle différence ?

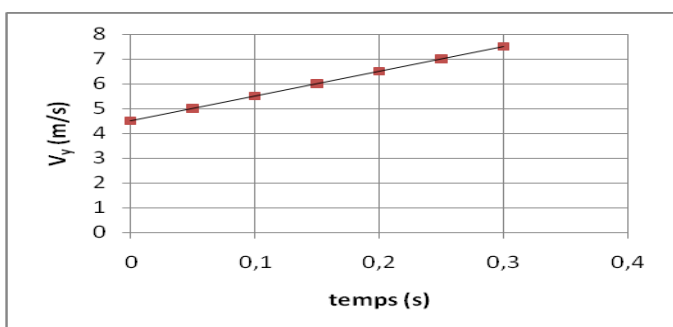
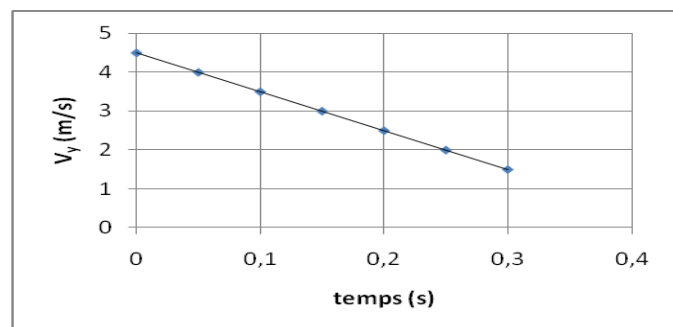
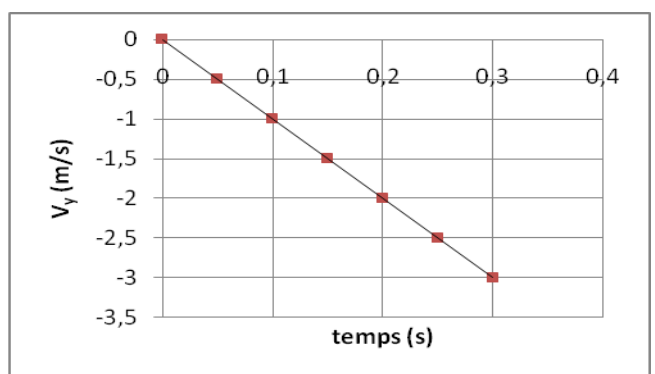
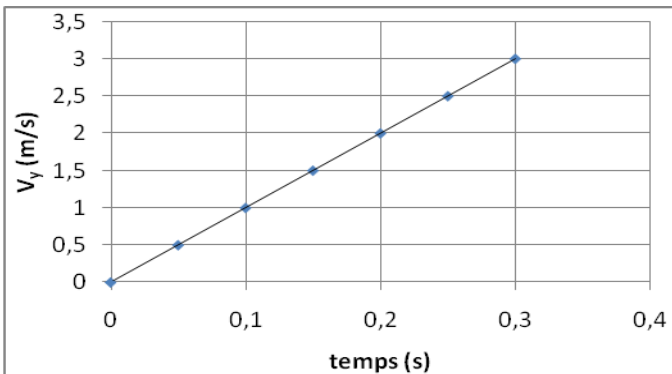
Au cours de cette phase de poussée, d'une durée  $\Delta t_0 = 3,0 \cdot 10^{-1} \text{ s}$ , la fléchette passe de l'immobilité à la vitesse verticale  $v_1$

- 1.5 Donner la direction et le sens du vecteur accélération de la fléchette. Montrer que la valeur de l'accélération est proche de  $15 \text{ m/s}^2$ .
- 1.6 Quelles sont les 2 forces s'exerçant sur la fléchette ? Quelle condition doivent vérifier ces deux forces pour que la fléchette démarre son mouvement ?
- 1.7. En appliquant la seconde loi de Newton, déterminer la valeur de la force de poussée exercée par le pistolet sur la fléchette.

### Partie 2 : la montée de la flèche

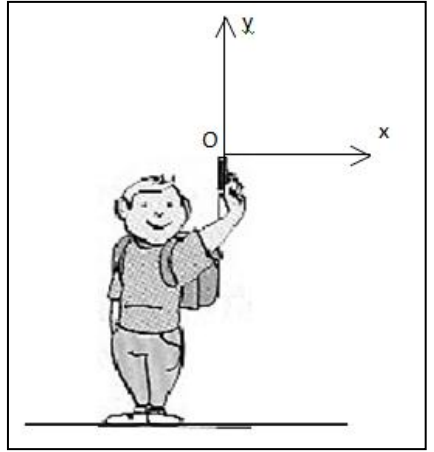
La fléchette est maintenant libérée du pistolet avec une vitesse  $v_1 = 4,5 \text{ m/s}$  au point O, et évolue librement vers le haut. Le repère (O,x,y) est représenté sur le schéma ci-dessus.

- 2.1 Montrer que lors de cette montée, la vitesse  $V_y$  de la fléchette est donnée par l'équation horaire  $V_y = -10.t + 4,5$ .
- 2.2 Les représentations graphiques données ci-dessous, proposent 4 évolutions au courant du temps de  $V_y$ , vitesse de la fléchette suivant l'axe Oy. Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification précise est attendue.



2.3 Montrer que lors de cette montée ; la position de la fléchette est donnée par l'équation horaire  $y = -5t^2 + 4,5.t$

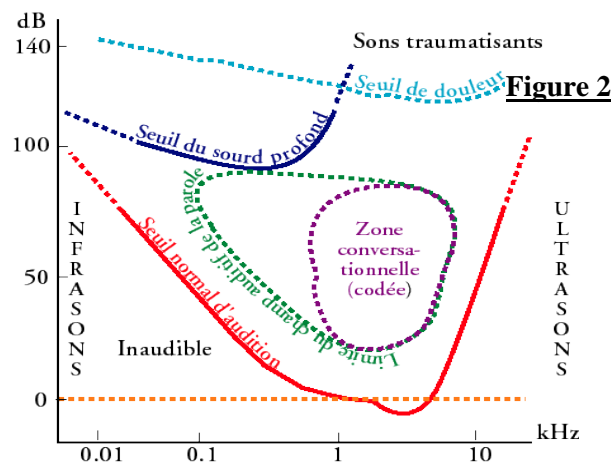
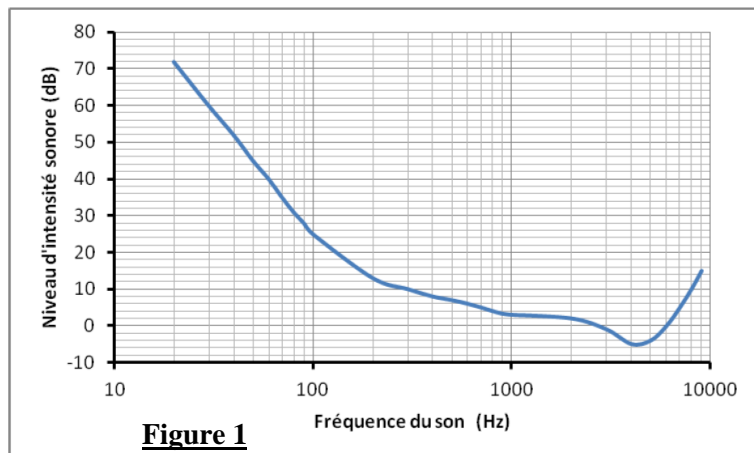
2.4 Déterminer alors la hauteur maximale H atteinte par la fléchette par rapport à l'origine O du repère



### EXERCICE III Bienvenue chez les Chtis

**Document 1 :** Le diagramme de Fletcher indique les courbes isosoniques qui correspondent aux niveaux d'intensité sonore perçue par l'oreille.

- Sur la figure 1 ci-dessous, on indique les valeurs minimales de niveau sonore audible en fonction de la fréquence.
- Sur figure 2 ci-dessous, on indique les limites de la parole et de la conservation.



**Document 2 :**



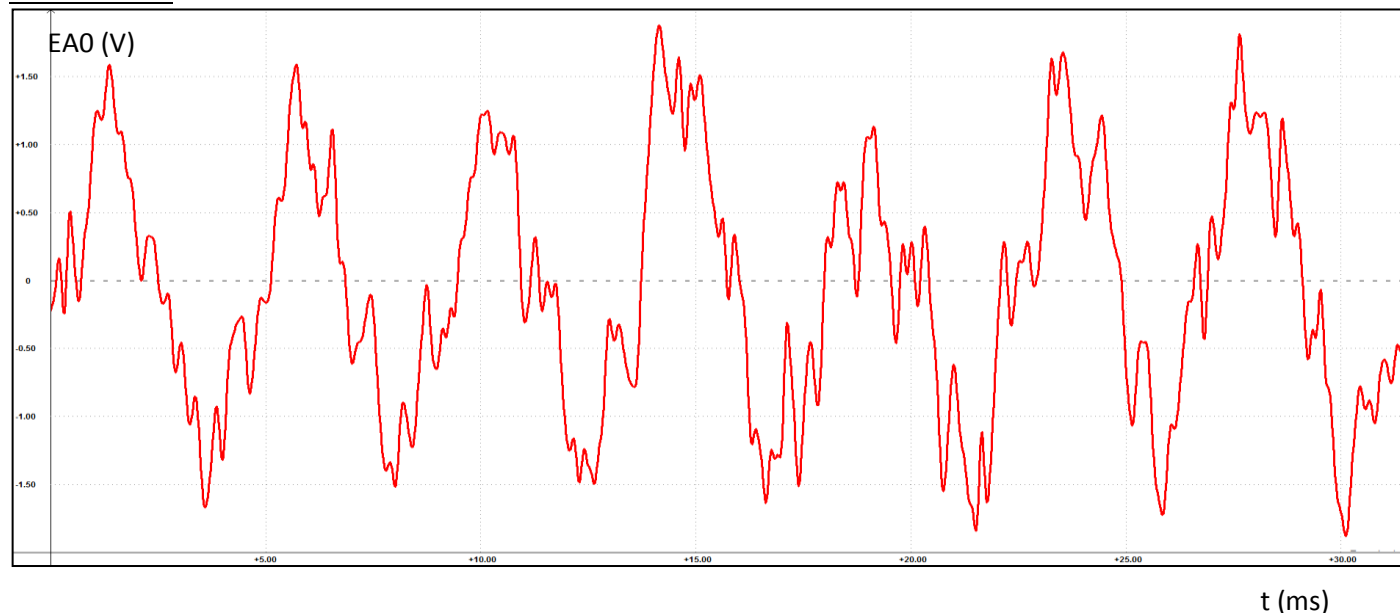
**Document 3 : Données**

Intensité sonore de référence :  $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Le niveau d'intensité sonore  $L$  d'une source s'exprime par  $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$  avec  $I$ , l'intensité sonore de la source, en watt par mètre carré.

L'intensité sonore  $I$  à une distance  $d$  d'une source émettant dans toutes les directions est liée à la puissance  $P$  de cette source par :  $I = \frac{P}{S}$  avec  $S$ , la surface de la sphère de rayon  $d$  :  $S = 4 \pi \cdot d^2$

**Document 4 :**



### 1. Sensibilité de l'oreille humaine

- 1.1. Un son de fréquence 40 Hz et de niveau sonore 40 dB peut-il être entendu par une oreille humaine ?
- 1.2. Pour quelles fréquences la sensibilité de l'oreille humaine est-elle la plus grande ?

### 2. Nuisance sonore

Une usine bruyante est assimilée à une source sonore ponctuelle émettant des ondes sonores sphériques, de fréquence proche de 500 Hz et de niveau sonore  $L = 130$  dB.

L'émission se fait sans atténuation et de façon identique dans toutes les directions de l'espace. Une habitation est située à une distance  $d = 200$  m de cette usine. (voir document 3)

- 2.1. La puissance émise par la source sonore est  $P = 10$  W.  
Quel est le niveau sonore  $L'$  (en dB) à proximité directe de l'habitation ?
- 2.2. Est-ce tolérable ? Soyez critique.
- 2.3. L'affirmation du cycliste est-elle juste ?

### 3. Effet Doppler

Le facteur continue sa tournée à l'aide de son cyclomoteur, qui émet une onde sonore de fréquence  $f = 215$  Hz. Il se rapproche avec une vitesse  $v$  du cycliste (lui-même étant à l'arrêt). Le document 4 donne l'enregistrement du signal sonore perçu par le cycliste.

- 3.1. Rappeler en quoi consiste l'effet Doppler et illustrer la réponse en citant un exemple.
- 3.2. Montrer que la fréquence de ce son est égale à 234 Hz.

On propose deux expressions pour la relation entre la fréquence  $f_p$  du son perçu et celle du signal émis  $f$  :

$$f_p = \frac{v_{\text{son}} - v}{v_{\text{son}} + v} \times f \quad (1) \qquad f_p = \frac{v_{\text{son}} + v}{v_{\text{son}} - v} \times f \quad (2)$$

$$\text{avec } v_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$$

- 3.3. Laquelle de ces deux expressions est conforme ? Justifier la réponse.
- 3.4. En déduire la vitesse  $v$  du facteur en km/h.