

Physique-chimie enseignement spécifique

EXERCICE I : (9 points) : Schtroumpf et acide citrique
 EXERCICE II : (6 points) : Ludovic et son pistolet à fléchettes
 EXERCICE III : (5 points) : Bienvenu chez les chtis!

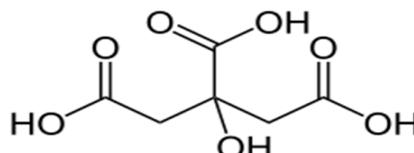
EXERCICE I : SCHTROUMPF ET ACIDE CITRIQUE

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

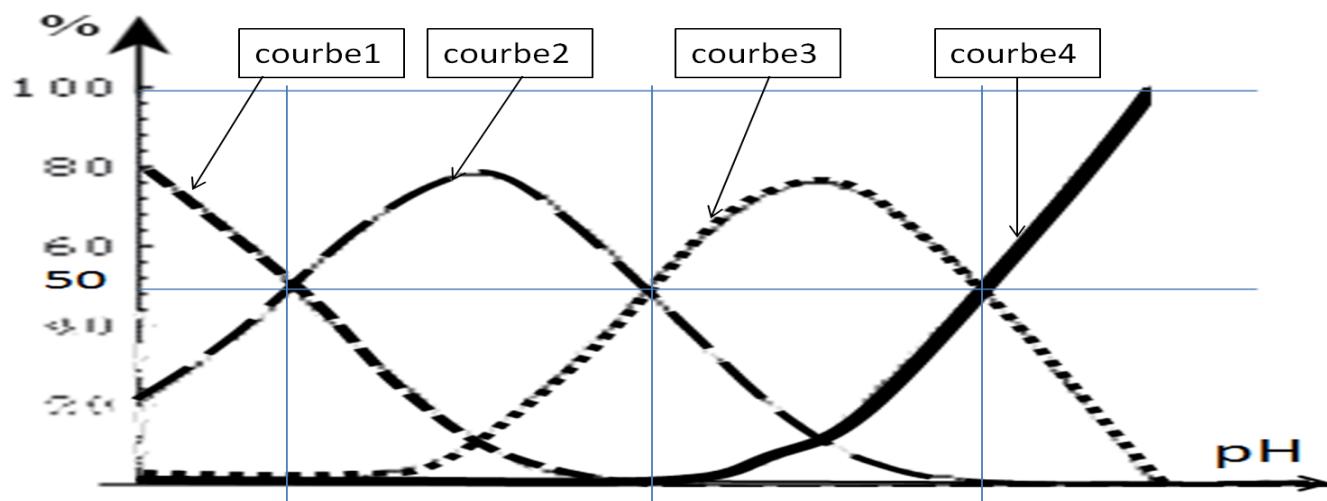
M=192 g/mol



la dissociation se fait en trois étapes (appelons-le H₃A)

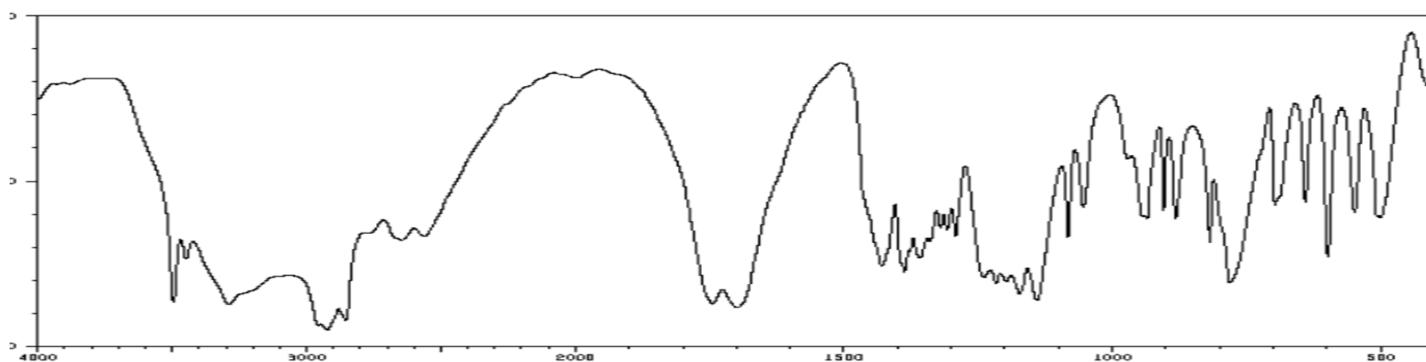
- H₃A + H₂O ⇌ H₂A⁻ + H₃O⁺ pK_{a1} = 3,132
- H₂A⁻ + H₂O ⇌ HA²⁻ + H₃O⁺ pK_{a2} = 4,76
- HA²⁻ + H₂O ⇌ A³⁻ + H₃O⁺ pK_{a3} = 6,4

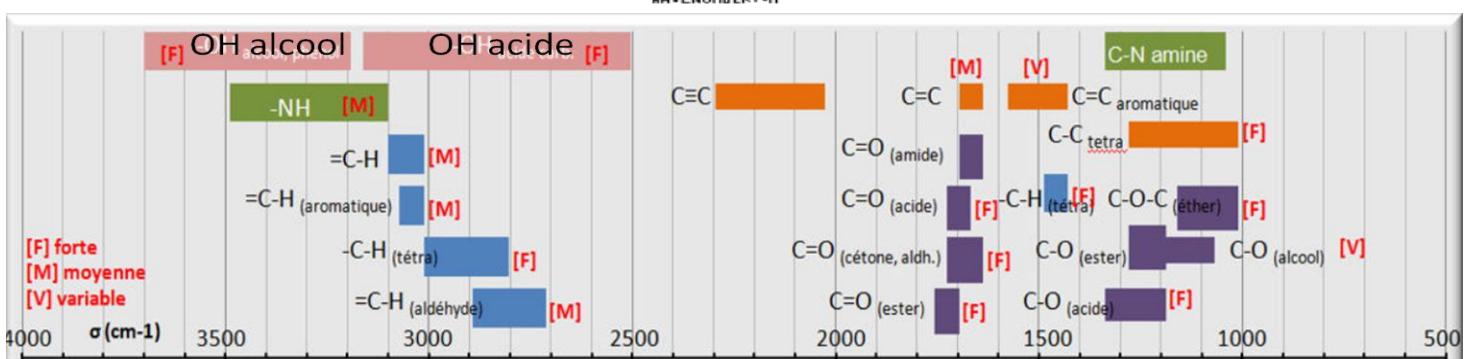
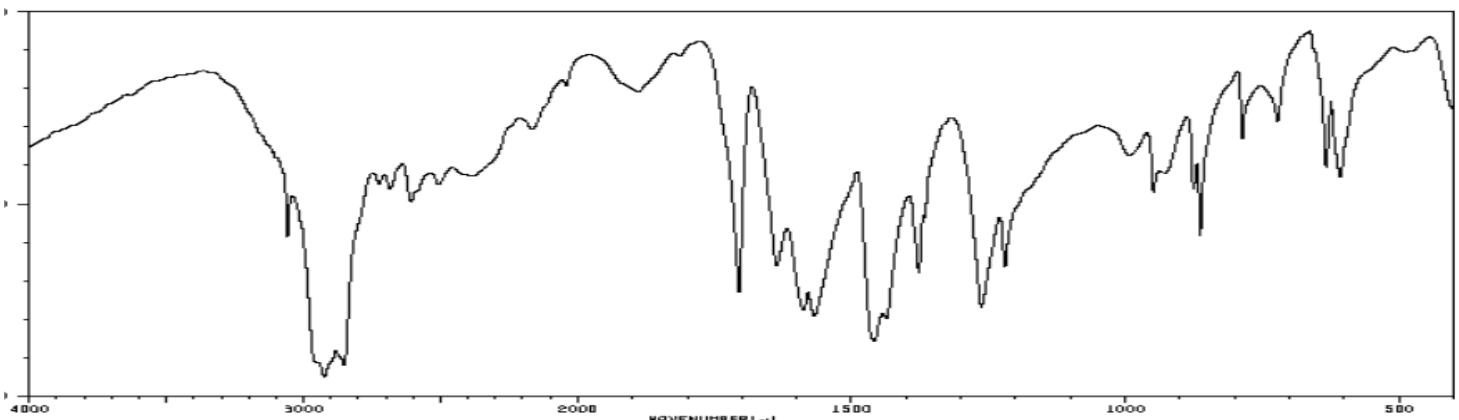
Proportions % : [x]/c avec x : une des 4 espèces présentée ci-dessus, c : concentration introduite en fonction du pH d'une solution



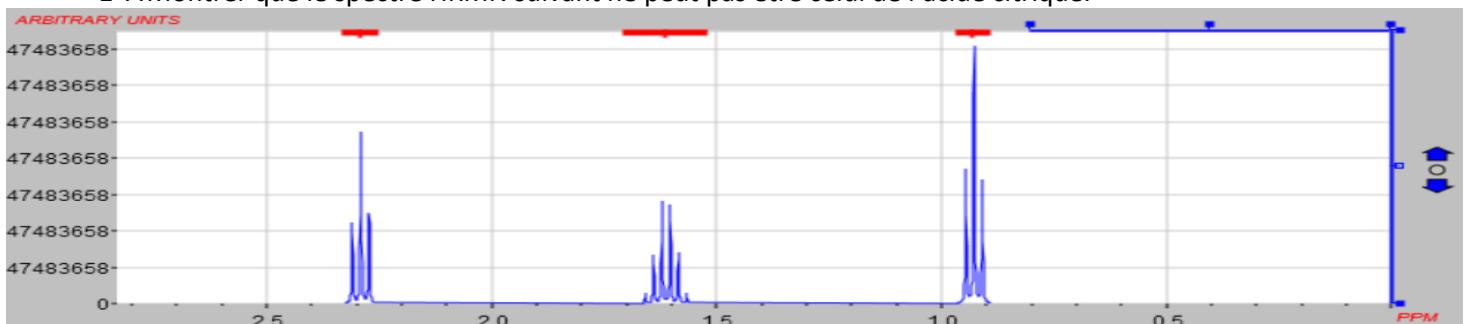
1- La molécule d'acide citrique

- 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 H₃A. Ecrire l'équation-bilan de sa dissociation complète dans l'eau permettant d'obtenir A³⁻. 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 H₃A est un acide et A³⁻ une base.
- 1-5. Que représentent les courbes 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 pKa 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





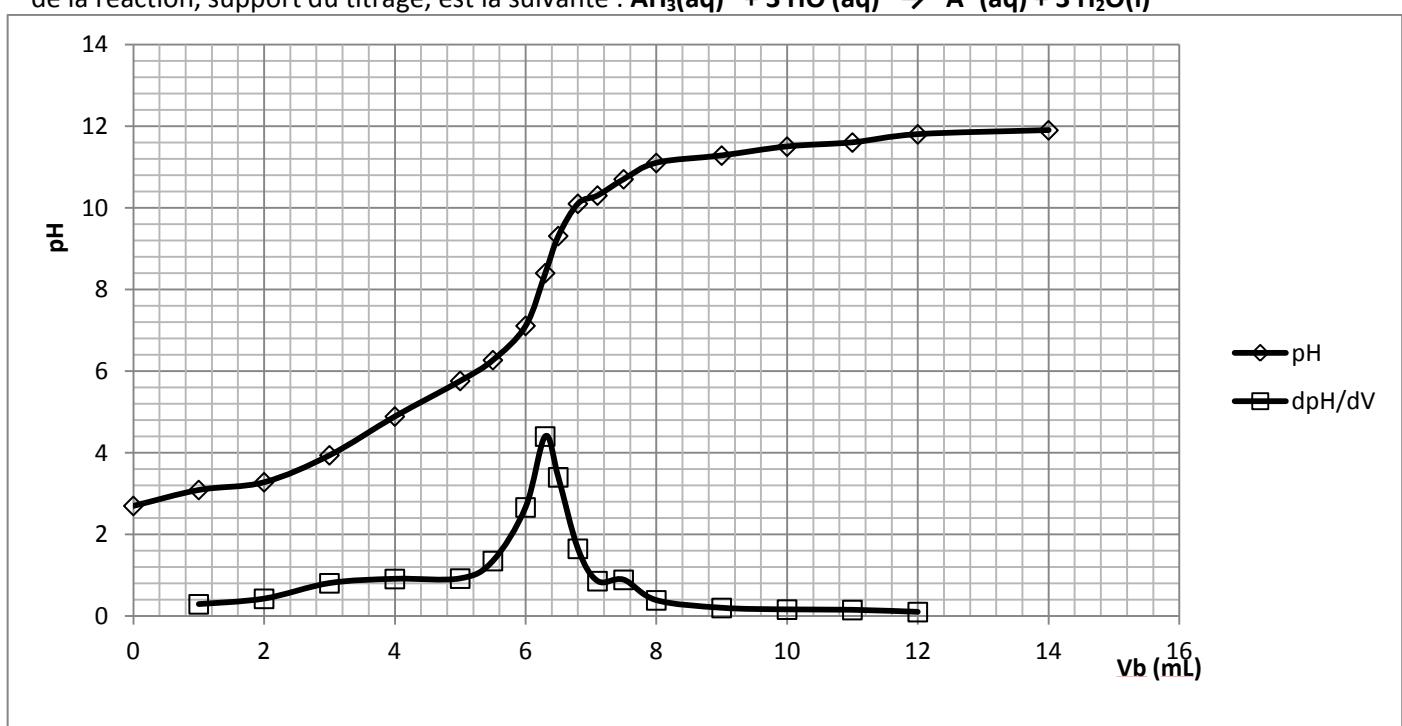
1-7. Montrer que le spectre HRMN suivant ne peut pas être celui de l'acide citrique.



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 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 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

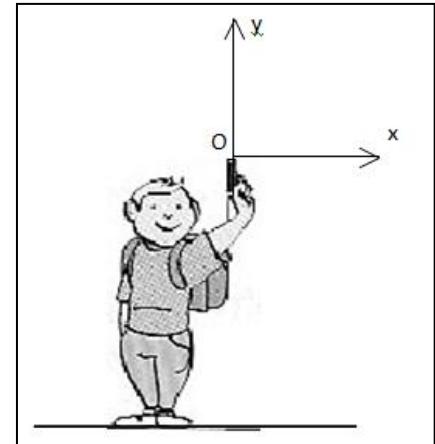
Ludovic décide d'utiliser ses connaissances en mécanique pour étudier le mouvement d'une flèche tirée par son pistolet.

Négligeant l'action de l'air et prenant la valeur $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ pour la pesanteur, il considère la flèchette 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 flèchette par le pistolet, la seconde s'intéressant à la montée verticale de la flèchette, une fois éjectée du pistolet.

Partie 1 : la poussée de la flèchette

On considère que le système {flèchette – 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 flèchette 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 {flèchette - 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 {flèchette-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 flèchette.

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 $\Delta t_0=3,0.10^{-1}\text{s}$, la flèchette passe de l'immobilité à la vitesse verticale v_1

1.5 Donner la direction et le sens du vecteur accélération de la flèchette. Montrer que la valeur de l'accélération est proche de 15m/s^2 .

1.6 Quelles sont les 2 forces s'exerçant sur la flèchette ? Quelle condition doivent vérifier ces deux forces pour que la flèchette 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 flèchette.

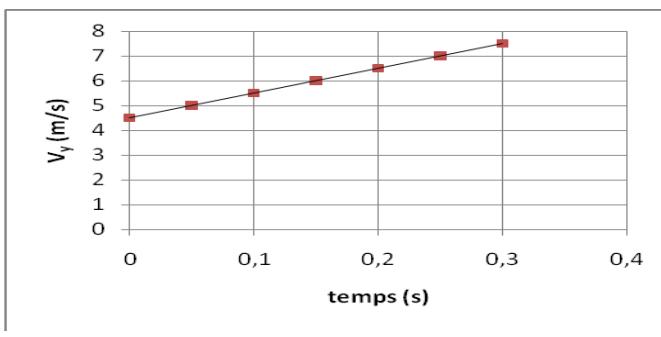
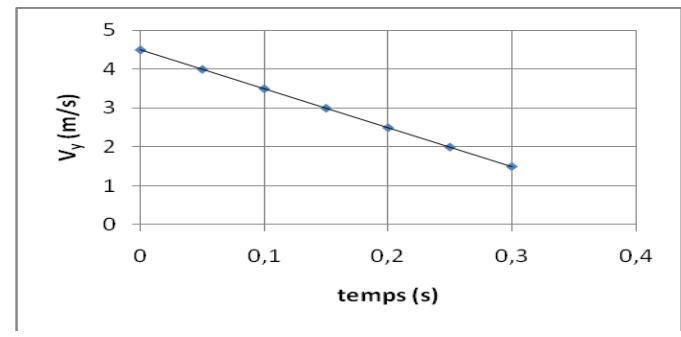
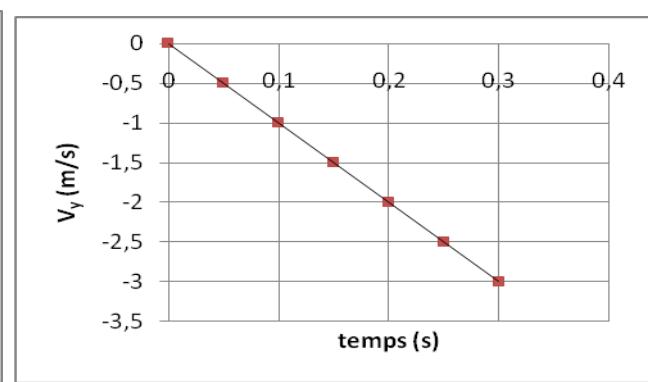
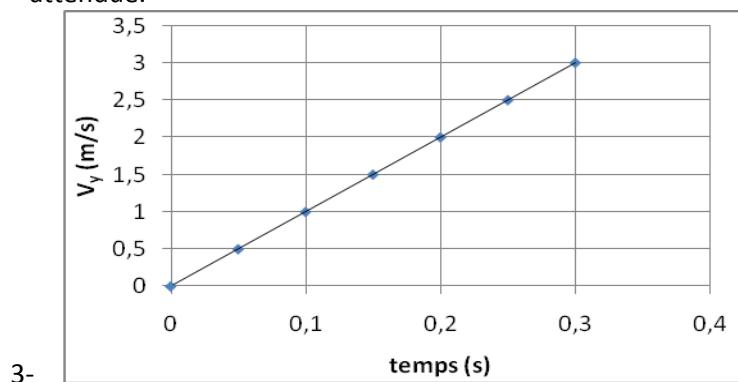
Partie 2 : la montée de la flèche

La flèchette 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 flèchette 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 flèchette suivant l'axe Oy. Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification précise est attendue.



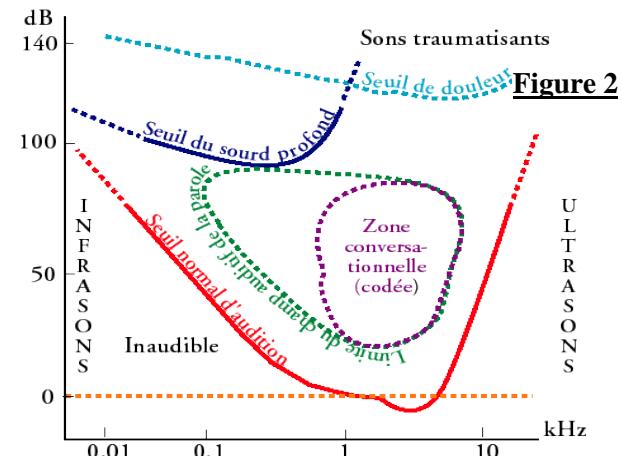
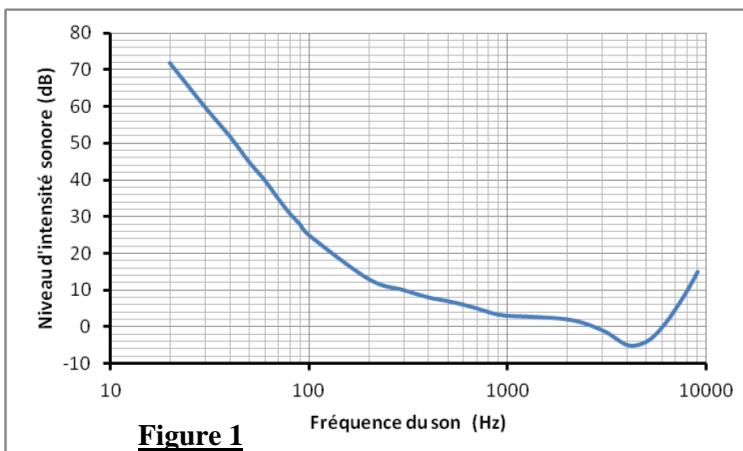
2.3 Montrer que lors de cette montée ; la position de la flèchette est donnée par l'équation horaire $y = -5t^2 + 4.5.t$

2.4 Déterminer alors la hauteur maximale H atteinte par la flèchette 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 :



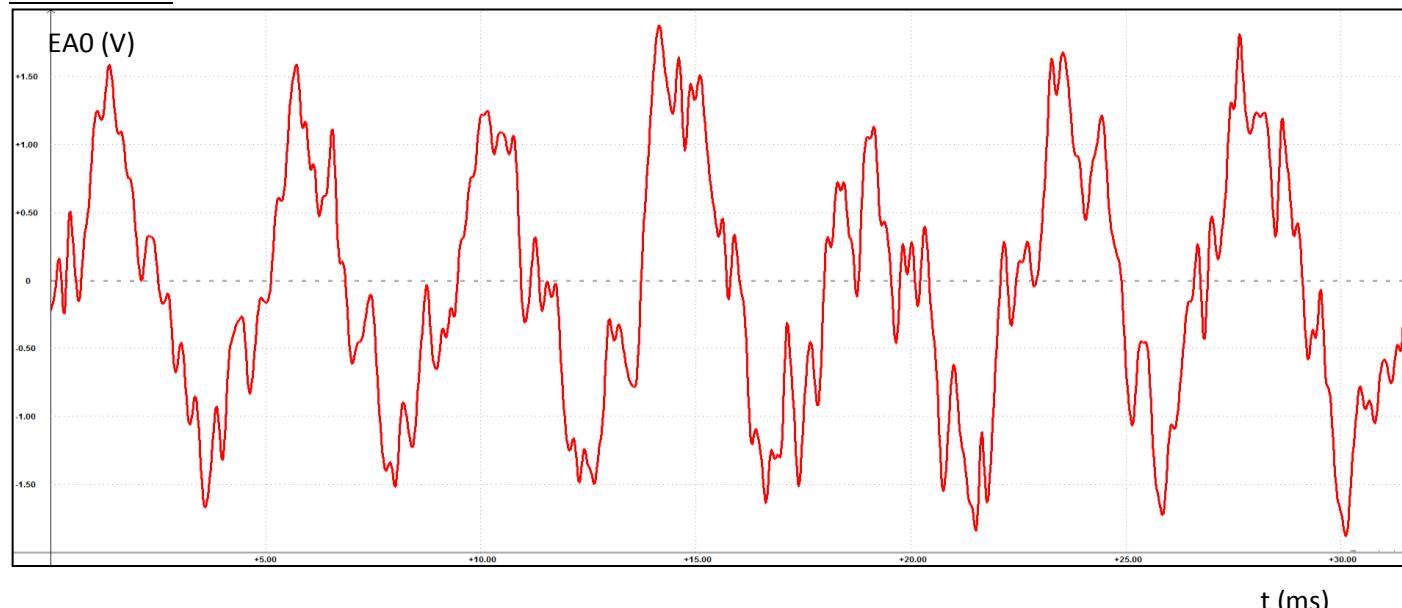
Document 3 : Données

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 $L = 130 \text{ dB}$.

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

- 2.1.** La puissance émise par la source sonore est $P = 10 \text{ W}$.
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 $f = 215 \text{ Hz}$. 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 :

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

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

3.3 . Laquelle de ces deux expressions est conforme ? Justifier la réponse.

3.4 En déduire la vitesse v du facteur en km/h.