ENTRAÎNEMENT AU BACCALAURÉAT – SESSION 2018

Lycée International des Pontonniers - Strasbourg

Proposition de correction – Enseignement spécifique

EXERCICE I : SCIENCE ET LANCER DU POIDS

1. Étude des graphes obtenus

1.1. D'après la **figure 1**, la coordonnée v_{x_0} du vecteur vitesse selon l'axe (Ox) est $v_{x_0} = 10,0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

1.2. D'après la **figure 1**, la coordonnée v_x du vecteur vitesse est constante tout au long du mouvement. On en déduit que le mouvement est rectiligne uniforme selon l'axe (Ox).

1.3. Lorsque le boulet est au sommet de sa trajectoire, $v_{x_S} = v_{x_0} = 10,0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ puisque cette coordonnée est constante tout au long du mouvement.

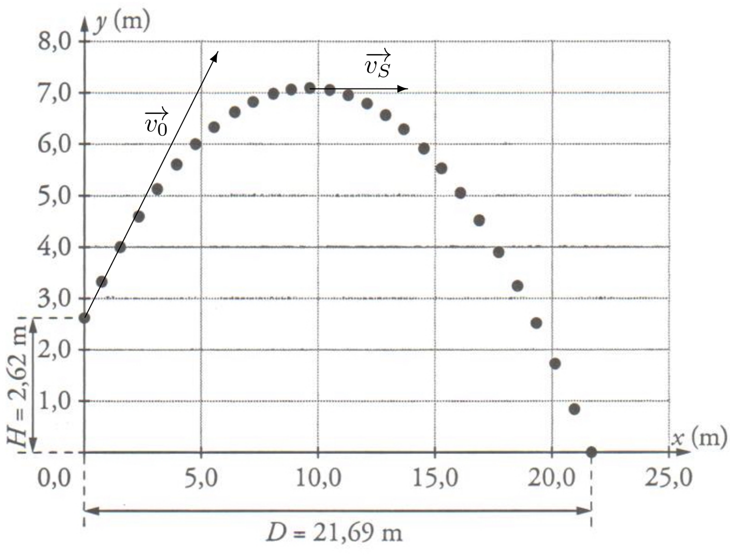
1.4. Sur la **figure 2**, on mesure que $30,0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sont représentés par $5,6$ cm. On mesure en outre que la coordonnée v_{y_0} est représentée par $1,8$ cm d'où l'on déduit que $v_{y_0} = \dfrac{1,8 \times 30}{5,6} = 9,6\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

1.5. Dans le repère orthonormé (xOy), on a $v_0 = \sqrt{v_{x_0}^2 + v_{y_0}^2} = \sqrt{10,0^2 + 9,6^2} = 13,9\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ (valeur proche de la valeur fournie, à 1% près).

D'autre part, on a $\tan\alpha = \dfrac{v_{y_0}}{v_{x_0}} = \dfrac{9,6}{10} = 0,96$ d'où $\alpha = \arctan(0,96) = 44°$ (valeur proche de la valeur fournie, à 2% près). Ces résultats sont donc compatibles avec les valeurs fournies dans les données.

1.6. Tracés des vecteurs : il suffit de tracer un vecteur $\overrightarrow{v_0}$ tangent à la trajectoire à la date $t = 0$ s et un vecteur $\overrightarrow{v_S}$ horizontal au sommet de la trajectoire **en veillant à ce que $\boldsymbol{v_S = v_{x_0} = v_0 \times \cos\alpha}$**.

Si, par exemple, $\overrightarrow{v_0}$ mesure $5,0$ cm de longueur, alors il faut que $\overrightarrow{v_S}$ mesure $5 \times \cos 43 = 3,7$ cm.



2. Étude théorique du lancer

2.1. $\Pi_A = m_{air} \cdot g = \rho \cdot V_B \cdot g = 1,29 \times 4,18 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 5,29 \cdot 10^{-2}$ N

$P_B = m_B \cdot g = 7,260 \times 9,81 = 71,2$ N

$\dfrac{P_B}{\Pi_A} = \dfrac{71,2}{5,29 \cdot 10^{-2}} \simeq 1350$. Autrement dit, le poids est environ 1350 fois plus intense que la poussée d'Archimède qui peut donc être négligée par la suite.

2.2. Le système étudié est le {boulet} de masse m_B constante et de centre d'inertie G. On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen et muni du repère (Ox, Oy). Les forces extérieures exercées sur le ballon se réduisent au seul poids du ballon $\overrightarrow{P} = m_B \cdot \overrightarrow{g}$ puisque les forces de frottements et la poussée d'Archimède sont négligés.

D'après la deuxième loi de Newton, appliquée au centre d'inertie G du boulet de masse constante, nous avons : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \dfrac{d\overrightarrow{p}}{dt} = m_B \cdot \dfrac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}$ soit $\overrightarrow{P_B} = m_B \cdot \overrightarrow{a_G}$ d'où $m_B \cdot \overrightarrow{g} = m_B \cdot \overrightarrow{a_G}$ et finalement $\boldsymbol{\overrightarrow{a_G} = \overrightarrow{g}}$

En exprimant les coordonnées du vecteur accélération dans le repère (Ox, Oy), on obtient : $a_G \begin{pmatrix} a_x = g_x = 0 \\ a_y = g_y = -g \end{pmatrix}$

Or, d'une part $a_x = \dfrac{dv_x}{dt}$ d'où $\dfrac{dv_x}{dt} = 0$ et $v_x = \text{constante} = v_{x_0} = v_0 \cdot \cos\alpha$ et d'autre part, $a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = -g$ d'où $v_y = -g \cdot t + v_{y_0} = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin\alpha$.

En outre, $v_x = \dfrac{dx}{dt} = v_0 \cdot \cos\alpha$ donc $x(t) = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot t + x_0 = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot t$ puisque le boulet est à la verticale de l'origine du repère initialement. Et $v_y = \dfrac{dy}{dt} = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin\alpha$ d'où, le boulet étant initialement à l'altitude h : $y(t) = -\dfrac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin\alpha \cdot t + y_0 = -\dfrac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin\alpha \cdot t + h$.

Les équations horaires sont donc les suivantes : $\overrightarrow{OG} \begin{pmatrix} x(t) = (v_0 \cdot \cos\alpha) \cdot t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin\alpha) \cdot t + h \end{pmatrix}$

2.3. Pour obtenir l'équation de la trajectoire, on exprime t à partir de la première équation horaire : $t = \dfrac{x}{v_0 \cdot \cos\alpha}$ et on l'injecte dans la seconde :

$$y = -\frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{x}{v_0 \cdot \cos\alpha}\right)^2 + v_0 \cdot \sin\alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cdot \cos\alpha} + h \text{ soit } \boxed{\boldsymbol{y(x) = -\frac{g \cdot x^2}{2 \cdot {v_0}^2 \cdot (\cos\alpha)^2} + (\tan\alpha) \cdot x + h}}$$

2.4. Pour trouver la portée du lancer, il faudrait résoudre l'équation $y(x) = 0$ puisque la portée correspond à la distance à laquelle le boulet tombe au sol.

2.5. D'après l'expression fournie pour la portée D, on voit que plus la vitesse initiale est grande, plus portée D est grande. Lancer avec une plus grande vitesse initiale permettrait d'augmenter la portée du lancer.

Par ailleurs, on voit aussi que la hauteur h joue dans le même sens sur le portée donc il convient de sélectionner un lanceur de grande taille.

La discussion sur l'angle du lancer est plus délicate mais il est bien connu de tous que la portée d'un tir balistique est maximale lorsque l'angle du lancer α vaut 45° !

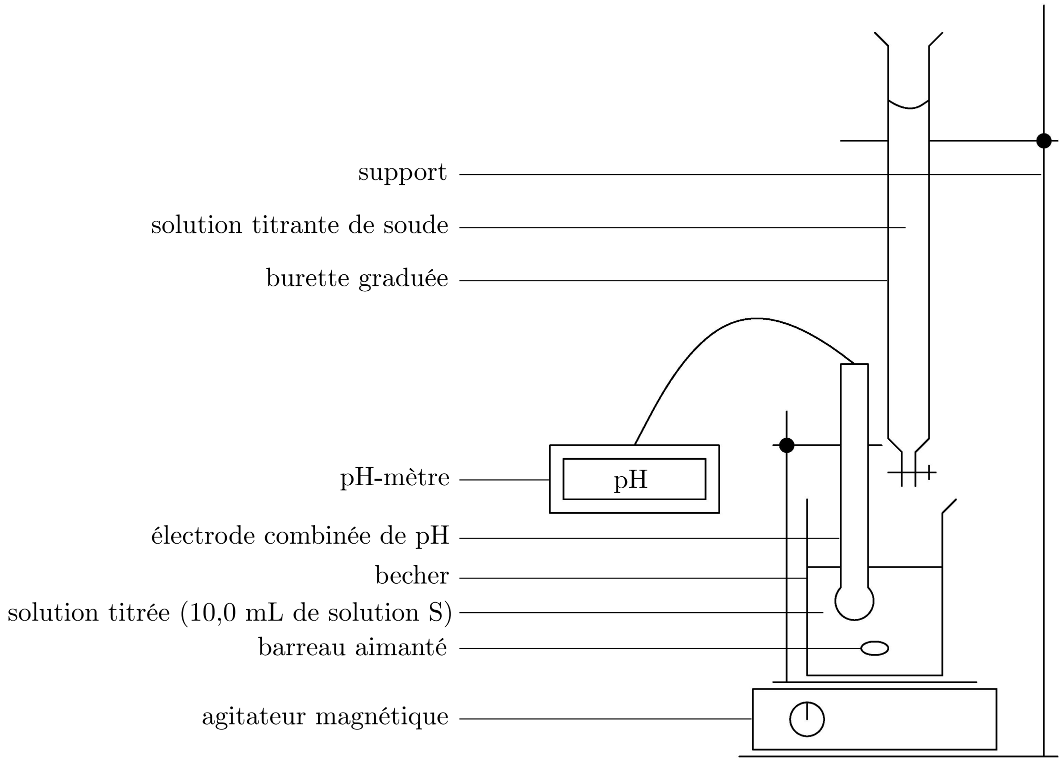
EXERCICE II : UN PEU DE VITAMINE C

1. Titrage par suivi pH-métrique d'un comprimé de vitamine C

1.1. Préparation du titrage

1.1.1. La solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour le titrage est une solution de base forte pour laquelle $\mathrm{pH} = 14 + \log c_B = 14 + \log(1,00 \cdot 10^{-2}) = 12$. Cette solution est donc fortement basique et sa manipulation nécessite le port de gants et de lunettes de protection ainsi que le port d'une blouse.

1.1.2. Schéma du montage expérimental du titrage



1.1.3. Équation de la réaction support du titrage qui doit être rapide, totale et unique :

$$\mathrm{HA(aq)} + \mathrm{HO^-(aq)} \longrightarrow \mathrm{A^-(aq)} + \mathrm{H_2O}(\ell)$$

1.2. Demi-équivalence : une bonne méthode pour identifier un acide faible

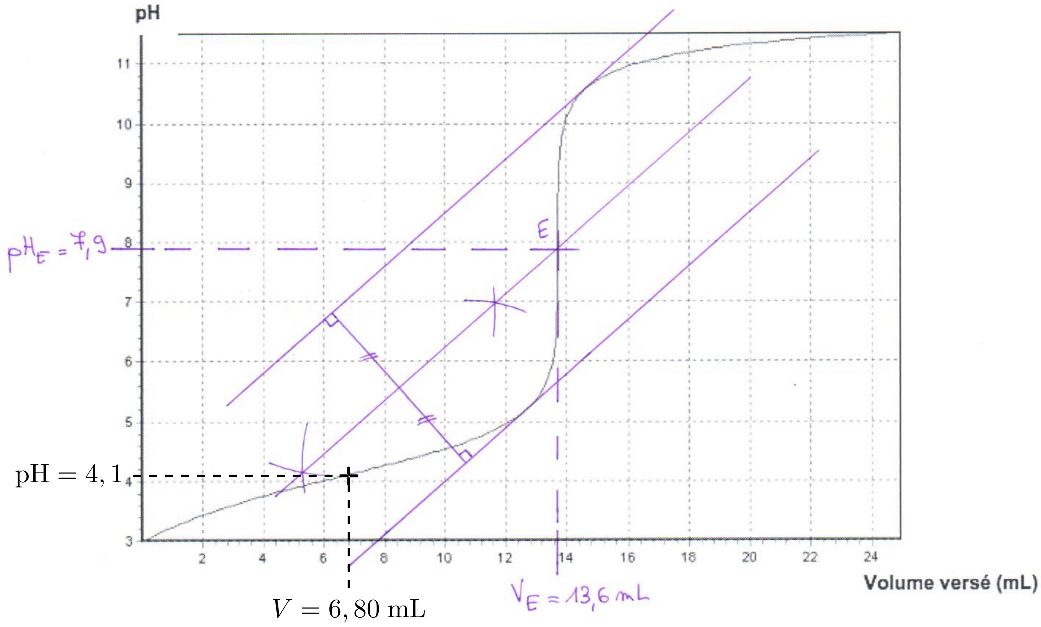
1.2.1. Tableau d'avancement :

Réaction support du titrage :		$\mathrm{HA(aq)}$ +	$\mathrm{HO^-(aq)}$ $\longrightarrow$	$\mathrm{A^-(aq)}$ +	$\mathrm{H_2O}(\ell)$
État initial	$V = 0$ mL	n_0	0	$\simeq 0$	excès
Demi-équivalence	$V = \dfrac{V_E}{2}$	$n_0 - \dfrac{x_{max}}{2} = \dfrac{n_0}{2}$	0	$\dfrac{x_{max}}{2} = \dfrac{n_0}{2}$	excès
Équivalence	$V = V_E$	$n_0 - x_{max} = 0$	0	$x_{max} = n_0$	excès

1.2.2. D'après le tableau précédent, à la demi-équivalence, les quantités de matière de HA et $\mathrm{A^-}$ sont identiques. Ces espèces étant contenues dans le même volume, on en déduit que, à la demi-équivalence, $[\mathrm{HA}]_{1/2} = [A^-]_{1/2}$ d'où, d'après la relation fournie dans les données :

$$\mathrm{pH}_{1/2} = \mathrm{pK_A} + \log\left(\frac{[\mathrm{HA}]_{1/2}}{[\mathrm{A^-}]_{1/2}}\right) = \mathrm{pK_A} + \log 1 = \mathrm{pK_A}$$

1.2.3. Sur la courbe de titrage, on détermine, grâce à la méthodes des tangentes, que l'équivalence se situe à $V_E = 13,6$ mL d'où $\dfrac{V_E}{2} = 6,80$ mL. Par lecture graphique, on détermine alors le pH à la demi-équivalence : $\mathrm{pH}_{1/2} = 4,1$. Cette valeur est identique à la valeur du $\mathrm{pK_A}$ du couple de l'acide ascorbique fournie dans les données donc la courbe correspond bien au titrage de l'acide ascorbique.



1.3. Bilan de matière à l'équivalence et sources d'erreurs

1.3.1. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Or, d'après l'équation de la réaction, les réactifs réagissent mole à mole donc $n_0 = n_E(\mathrm{HO^-})$ ou encore $c_S \cdot V_{\text{titré}} = c_B \cdot V_E$. On en déduit la concentration de la solution S en acide ascorbique :

$$c_S = \frac{c_B \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-2} \times 13,6 \cdot 10^{-3}}{10,0 \cdot 10^{-3}} = 1,36 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}.$$

La solution S obtenue à partir d'un comprimé a un volume $V_S = 200,0$ mL d'où la quantité de matière d'acide ascorbique contenu dans un comprimé :

$$n_S = c_S \cdot V_S = 1,36 \cdot 10^{-2} \times 200,0 \cdot 10^{-3} = 2,72 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mol}.$$

La masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé est donc :

$$m = n_S \cdot M(\mathrm{HA}) = 2,72 \cdot 10^{-3} \times 176 = 4,79 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{g} = 479\ \mathrm{mg}$$

1.3.2. Sources d'erreurs possibles : perte de masse lors de la phase de broyage dans le mortier, perte de matière lors du transvasement dans la fiole jaugée, précision de la concentration c_B, précision de la méthode graphique pour repérer l'équivalence, etc

Écart relatif entre la masse théorique et la masse expérimentale :

$\epsilon = \left|\dfrac{m_{exp} - m_{théo}}{m_{théo}}\right| = \left|\dfrac{479 - 500}{500}\right| = 4,2\%$. Cet écart est faible donc la valeur trouvée expérimentalement est compatible avec la valeur indiquée par le fabricant, aux imprécisions expérimentales près.

1.3.3. Si l'acide ascorbique avait été un acide fort, nous aurions eu, au début du titrage, $\mathrm{pH} = -\log c_S$ soit $\mathrm{pH} = -\log(1,36 \cdot 10^{-2}) = 1,87$. Or, sur la courbe du titrage, on voit que le pH au début du titrage vaut environ 3. On en déduit que tout l'acide HA n'est pas sous forme d'ions oxonium $\mathrm{H_3O^+}$ au début du titrage et qu'il s'agit donc d'un acide faible.

1.3.4. Pour qu'un indicateur coloré acido-basique soit adapté à un titrage, sa zone de virage doit contenir le pH à l'équivalence. Ici, le pH à l'équivalence vaut 7,9. D'après le tableau fourni, seul le rouge de crésol convient pour ce titrage. L'équivalence sera repérée lors du changement de couleur (jaune avant l'équivalence, rouge après l'équivalence).

2. Titrage par suivi conductimétrique

2.1. Supposons que l'on décide de titrer le plus grand volume possible de S', à savoir 25,0 mL puisque c'est la contenance de la plus grande pipette jaugée disponible. Nous aurions alors un volume à l'équivalence, comme démontré plus haut, qui serait égal à $V_E = \frac{c_{S'} \cdot V'_{\text{titré}}}{c'_B} = \frac{6 \cdot 10^{-3} \times 25,0 \cdot 10^{-3}}{1,00 \cdot 10^{-1}} = 1,5$ mL. Cette valeur est bien trop faible pour espérer avoir une précision satisfaisant lors de ce titrage. L'utilisation des autres pipettes jaugées, dont le volume $V'_{\text{titré}}$ est encore plus petit, mènerait à un volume à l'équivalence encore plus petit. Le choix de c'_B n'est donc pas pertinent.

2.2. En conservant un volume $V'_{\text{titré}} = 25,0$ mL, on peut diluer d'un facteur 10 la solution de concentration c'_B. Ainsi, d'après la relation précédente, si c'_B est diminuée d'un facteur 10, le volume à l'équivalence est multiplié par un facteur 10 et nous aurions un volume à l'équivalence de 15 mL, ce qui est tout à fait acceptable. Pour effectuer la dilution, on peut utiliser la pipette jaugée de 10,0 mL et la fiole jaugée de 100,0 mL.

2.3. Avant l'équivalence, chaque ajout de solution titrante apporte des ions HO^- qui sont consommés avec des molécules de HA pour former des ions A^-. Les ions Na^+ apportés par la soude s'accumulent dans le becher, au même titre que les ions A^- formés. Il y a donc augmentation de la concentration globale des ions avant l'équivalence donc la conductivité de la solution augmente.

La seule courbe présentant une augmentation de la conductivité avant l'équivalence (repérée par la rupture de coefficient directeur) étant la **courbe 1**, on en déduit que seule cette courbe peut correspondre à ce titrage.

EXERCICE III : L'ÉCHOLOCALISATION DES CHAUVES-SOURIS

1. Étude du cri des chauves-souris

1.1. Pour évaluer la durée d'un cri de chauve-souris, on utilise le **document 2** qui représente l'enregistrement d'un cri depuis une date précédent son émission jusqu'à une date suivant l'émission. Le cri commence à environ 2 ms et dure jusqu'à environ 4,5 ms. Ainsi, la durée d'un cri est de l'ordre de $\Delta t_{cri} = 2,5$ ms.

1.2. On utilise ici le **document 3** dans lequel il est possible de mesurer la période des signaux émis par la chauve-souris. En effet, on peut lire sur ce document que la durée correspondant à 4 périodes est de $1250 - 1200 = 50$ µs. On en déduit que $4 \cdot T = \dfrac{4}{f} = 50 \cdot 10^{-6}$ s d'où la valeur de la fréquence de ces signaux : $f = \dfrac{4}{50 \cdot 10^{-6}} = 8,0 \cdot 10^{4}$ Hz $= 80$ kHz. Cette fréquence étant supérieure à 20 kHz, il s'agit bien d'ultrasons.

1.3. Le premier harmonique, appelé fondamental, a même fréquence que le signal d'où $f_1 = 80$ kHz. Les harmoniques suivants ont des fréquences multiples de celle du fondamental, à savoir $f_n = n \cdot f_1$ donc la fréquence de l'harmonique de rang 2 est $f_2 = 160$ kHz.

2. Détection des obstacles

2.1. Pour qu'une proie soit détectable par la chauve-souris, il faut que sa dimension soit au moins égale à la longueur d'onde du signal qui constitue donc la dimension minimale d'une proie détectable. Or $\lambda = v \cdot T = \dfrac{v}{f} = \dfrac{340}{8,0 \cdot 10^{4}} = 4,3 \cdot 10^{-3}$ m $= 4,3$ mm. La proie doit donc mesurer au moins 4,3 mm pour être détectable.

2.2. Soit d la distance séparant la chauve-souris de sa proie. Le retard τ entre le signal renvoyé par la proie (reçu à la date 21 ms) et le signal émis (à la date 3 ms) correspond à la durée nécessaire pour que l'onde ultrasonore ait fait un aller-retour entre la chauve-souris et la proie, ce qui correspond à une distance $2d$. Or ces deux grandeurs sont liées par la relation $v = \dfrac{2d}{\tau}$ donc $d = \dfrac{v \cdot \tau}{2} = \dfrac{340 \times 18 \cdot 10^{-3}}{2} = 3,1$ m.

3. Détection des vitesses

3.1. Le **document 5** montre que le signal renvoyé présente un décalage en fréquence par rapport au signal reçu. En effet, on peut lire sur ce document que la fréquence du fondamental (bâton de plus basse fréquence sur le spectre) est de 82,5 kHz. Le signal renvoyé présente donc une fréquence plus élevée que le signal émis en raison de l'effet Doppler. On en déduit que la proie est en mouvement et en train de se rapprocher de la chauve-souris car lorsqu'une source d'ondes se rapproche d'un récepteur à une certaine vitesse, la fréquence des ondes perçues par le récepteur immobile est plus grande que la fréquence du signal émis.

3.2. Pour calculer la vitesse de la proie par rapport à la chauve-souris, il suffit d'utiliser la troisième relation du **document 8** dans laquelle v est la vitesse de la proie, $f_0 = 80,0$ kHz et l'écart en fréquence $\Delta f = f - f_0 = 82,5 - 80,0 = 2,50$ kHz. On obtient ainsi la valeur de la vitesse de la proie : $v = v_{son} \times \dfrac{\Delta f}{2 \cdot f_0} = 340 \times \dfrac{2,50 \cdot 10^{3}}{2 \times 80,0 \cdot 10^{3}} = 5,31\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 19,1\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$.

4. Identification de la proie

Sur le **document 6**, on constate que la fréquence du signal renvoyé varie périodiquement autour de 82,5 kHz, ce qui permet à la chauve-souris de savoir que sa proie bat des ailes car « les battements d'aile produisent un décalage des fréquences oscillant » d'après le **document 1**. La période de cette variation de fréquence est mesurable de 0,2 ms jusqu'à 1,7 ms sur le **document 6**. Ainsi, on a la période des battements d'aile $T_{batt} = 1,5$ ms, ce qui correspond à une fréquence de battements d'aile $f_{batt} = \dfrac{1}{T_{batt}} = \dfrac{1}{1,5 \cdot 10^{-3}} \simeq 670$ Hz. On peut en déduire que la proie est probablement un moucheron (éventuellement un moustique).