

**ENTRAÎNEMENT AU BACCALAURÉAT – SESSION 2019**  
**Lycée International des Pontonniers - Strasbourg**  
**Proposition de correction – Enseignement spécifique**

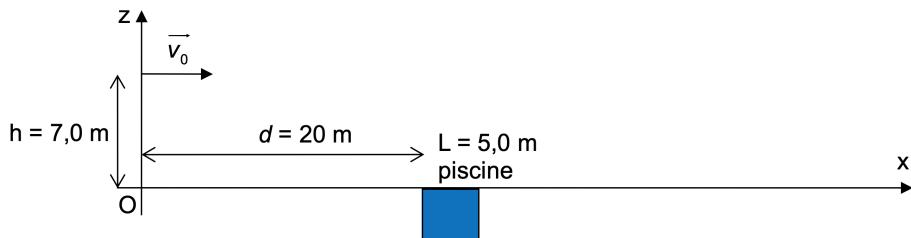
**EXERCICE I : LES DRONES GRAND PUBLIC**

**1. Estimation de la valeur de la force de poussée**

- 1.1.** D'après la **courbe 1**,  $z(t) = 1,0 \times t^2$ . Or  $v_z(t) = \frac{dz}{dt} = 2,0 \times t$ . On obtient donc l'équation horaire  $z(t) = 2,0 \times t$ .
- 1.2.** Comme seuls le poids (vertical vers le bas) et la force de poussée (verticale vers le haut) agissent sur le drone, lors du décollage, il faudra que l'intensité de la force de poussée soit au moins égale à l'intensité du poids pour que la fusée quitte le sol. Ainsi, on aura  $F \geq P$ .
- 1.3.** On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le drone a une masse  $m$  constante donc, d'après la deuxième loi de Newton, nous avons :  $\vec{F} + \vec{P} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \times \vec{a}$ . En projetant cette relation sur l'axe ( $Oz$ ) orienté vers le haut, on obtient :  $F - P = m \times a_z$  d'où  $F = P + m \times a_z = m \times g + m \times a_z = m \times (g + a_z)$ . Or, d'après la **courbe 2**,  $a_z = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Par conséquent,  $F = 110 \cdot 10^{-3} \times (9,8 + 2,0) = 1,3 \text{ N}$ .
- 1.4.** Le décollage ne serait plus possible si l'intensité du poids était supérieure à l'intensité de la force de poussée, supposée inchangée, soit  $P > F$ . Avec la webcam embarquée, on obtient donc  $(m + m_w) \times g > F$  ou encore  $m + m_w > \frac{F}{g}$  d'où  $m_w > \frac{F}{g} - m$ . La masse maximale de la webcam pour que le décollage soit possible sera alors  $m_w = \frac{F}{g} - m = \frac{1,3}{9,8} - 110 \cdot 10^{-3} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ kg} = 23 \text{ g}$ .

**2. Conséquence d'une perte de communication sur le vol du drone**

- 2.1.** Schéma légendé de la situation (sans souci d'échelle) :



- 2.2.** Le système étudié est le {drone} de masse  $m$  constante. On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen et muni du repère  $(Ox, Oz)$ . Les forces extérieures exercées sur le drone se réduisent au seul poids  $\vec{P} = m \times \vec{g}$  puisque le drone est en chute libre.

D'après la deuxième loi de Newton, appliquée au centre d'inertie  $G$  du drone de masse constante, nous avons :  $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \times \frac{d\vec{v}}{dt}$  soit  $\vec{P} = m \times \vec{a}$  d'où  $m \times \vec{g} = m \times \vec{a}_G$  et finalement  $\vec{a}_G = \vec{g}$

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

Or, d'une part  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$  d'où  $\frac{dv_x}{dt} = 0$  et  $v_x = C_1 = v_{x_0} = v_0$  et d'autre part,  $a_z = \frac{dv_z}{dt} = -g$  d'où  $v_z = -g \times t + C_2 = -g \times t + v_{y_0} = -g \times t$ .

En outre,  $v_x = \frac{dx}{dt} = v_0$  donc  $x(t) = v_0 \times t + x_0 = v_0 \times t$  puisque le drone est à la verticale de l'origine du repère initialement. Et  $v_z = \frac{dz}{dt} = -g \times t$  d'où, le drone étant initialement à l'altitude  $h$  :  $z(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + z_0 = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + h$ .

Les équations horaires sont donc les suivantes :  $\overrightarrow{OG} \begin{pmatrix} x(t) = v_0 \times t \\ z(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + h \end{pmatrix}$

- 2.3.** Le drone touche le sol à la date  $t_S$  telle que  $z(t_S) = 0$ . Il faut donc résoudre l'équation suivante :  $z(t_S) = -\frac{1}{2} \times g \times t_S^2 + h = 0$  d'où  $\frac{1}{2} \times g \times t_S^2 = h$  soit  $t_S^2 = \frac{2 \times h}{g}$ . En ne retenant que la solution positive (puisque  $t_S > 0$ ), on a :  $t_S = \sqrt{\frac{2 \times h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 7,0}{9,8}} = 1,2$  s.

On calcule à présent l'abscisse  $x_S$  à laquelle le drone touche le sol :  $x_S = v_0 \times t_S = 4,0 \times 1,2 = 4,8$  m. Le drone est donc encore loin de la piscine (située à 20 m) lorsqu'il touche le sol.

### 3. Étude énergétique de la chute libre

- 3.1.**  $E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ ,  $E_{PP} = m \times g \times z$ ,  $E_M = E_C + E_{PP} = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times z$

- 3.2.** En l'absence de frottements, l'énergie mécanique est constante. On en déduit donc que la courbe 3 correspond à  $E_M$ .

Au cours de la chute libre, l'altitude  $z$  du drone diminue donc  $E_{PP}$  diminue, ce qui correspond à la courbe 1.

Durant la chute libre, la vitesse du drone augmente donc  $E_C$  augmente elle aussi, ce qui correspond à la courbe 2.

- 3.3.** L'énergie mécanique du drone se conserve au cours de la chute libre. On a donc  $E_M(t = 0) = E_M(t_S)$  soit  $\frac{1}{2} \times m \times v_0^2 + m \times g \times h = \frac{1}{2} \times m \times v_{\text{sol}}^2$ . On obtient donc  $v_{\text{sol}}^2 = v_0^2 + 2 \times g \times h$  d'où  $v_{\text{sol}} = \sqrt{v_0^2 + 2 \times g \times h} = \sqrt{4,0^2 + 2 \times 9,8 \times 7,0} = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 43 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Il est probable qu'à cette vitesse, le drone soit endommagé lorsqu'il touchera le sol. On peut toutefois remarquer que cette vitesse est surestimée dans la mesure où les frottements n'ont pas été pris en compte.

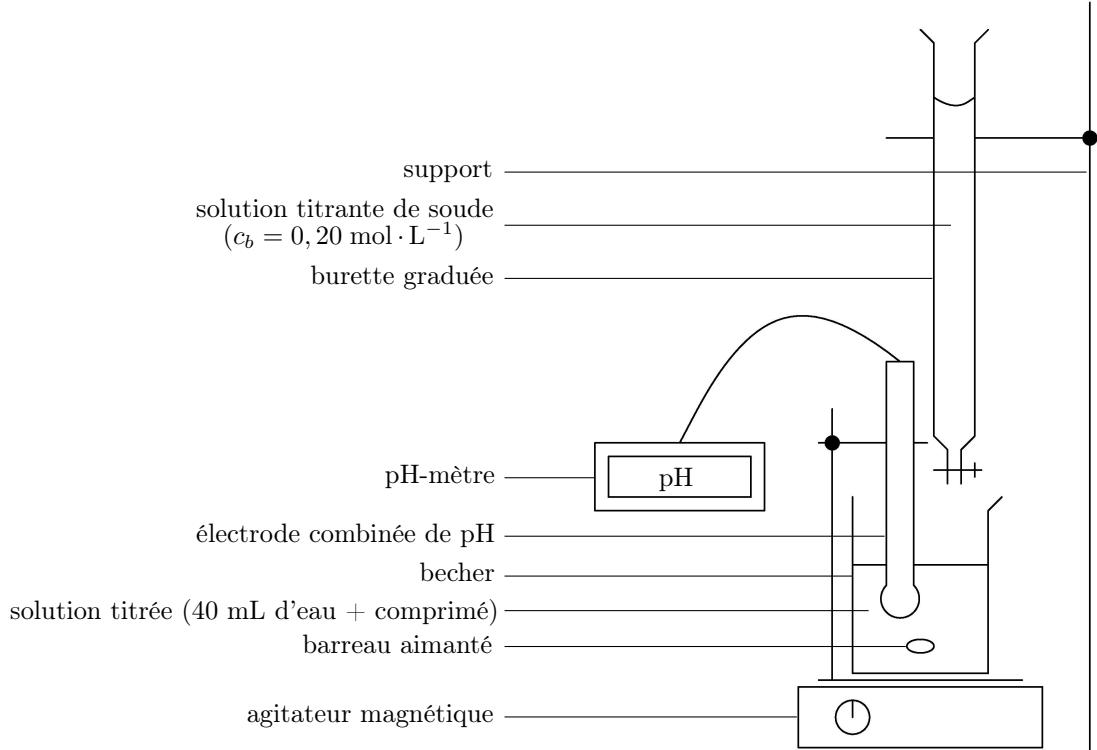
## EXERCICE II : L'IBUPROFÈNE

### 1. Première partie : synthèse de l'ibuprofène

Pour le procédé des laboratoires Boots, l'utilisation atomique  $UA_1 = 0,40 = 40\%$  est significativement inférieure à celle du procédé BHC qui vaut  $UA_2 = 77\%$ . Le procédé BHC est donc bien plus efficace et la pollution à la source est réduite. Le procédé BHC est donc plus respectueux de l'environnement.

### 2. Deuxième partie : titrage d'un comprimé d'ibuprofène

#### 2.1. Schéma légendé du montage du titrage pH-métrique :



**2.2.** L'équivalence est le moment du titrage où les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques (ou changement de réactif limitant, ou encore, les réactifs titré et titrant sont entièrement consommés).

#### 2.3. Utilisation d'un tableur-grapheur

**2.3.1.** Lors de ce titrage, on ajoute une base dans une solution acide. Dès lors, le pH augmente tout au long du titrage. La courbe 1 représente donc  $\text{pH} = f(V_b)$ .

Lorsque le pH augmente fortement, alors  $\frac{d\text{pH}}{dV_b}$  est maximale, ce qui est visible sous la forme d'un pic sur la courbe 2.

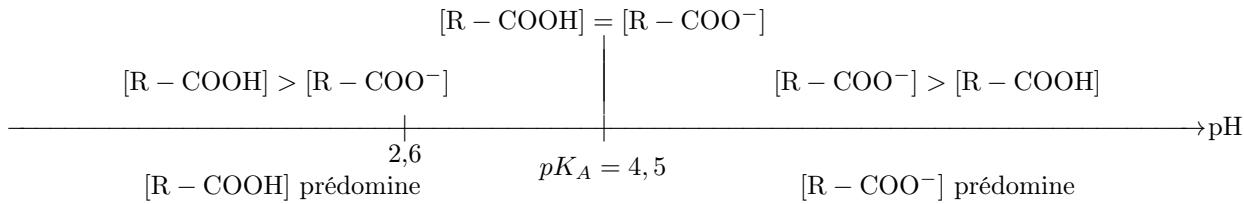
**2.3.2.** À l'équivalence, la fonction  $\text{pH} = f(V_b) = g(V_b)$  passe par un extremum (un maximum ici) dont l'abscisse est le volume à l'équivalence. Ainsi, d'après la courbe 2, on trouve un volume versé à l'équivalence tel que  $V_{bE} = 9,7 \text{ mL}$ . En effet, on mesure 7,25 cm pour l'abscisse du pic  $V_{bE}$  alors que l'on mesure 11,95 cm pour 16 mL. On calcule donc  $V_{bE} = \frac{7,25 \times 16}{11,95} = 9,7 \text{ mL}$ .

**2.4.** L'ion hydroxyde appartient au couple  $\text{H}_2\text{O}(\ell)/\text{HO}^-(\text{aq})$ .

**2.5.** Équation de la réaction support du titrage :  $\text{R}-\text{COOH}(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{R}-\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

**2.6.** La réaction chimique utilisée lors d'un titrage doit être rapide, unique et totale.

**2.7.** Diagramme de prédominance de l'ibuprofène :



En début de titrage, on peut voir sur la courbe 1 que le pH vaut environ 2,6 soit  $\text{pH}_i < 3$ . Comme  $\text{pH}_i < \text{pK}_A$ , alors l'espèce prédominante est la forme acide  $\text{R}-\text{COOH}$ .

**2.8.** La solution d'hydroxyde de sodium est une solution de base forte. On peut donc calculer son pH par la relation suivante :  $\text{pH} = 14 + \log c_b = 14 + \log(0,20) = 13$ .

**2.9.** Cette solution est fortement basique donc il convient de la manipuler en portant une blouse, des gants et des lunettes de protection.

**2.10.** D'après l'équation de la réaction support du titrage, les réactifs réagissent mole à mole. En outre, à l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques donc  $n_E(\text{HO}^-) = n_i(\text{ibu})$ . On en déduit que  $n_i(\text{ibu}) = c_b \times V_{bE} = 0,20 \times 9,7 \cdot 10^{-3} = 1,9 \cdot 10^{-3}$  mol.

**2.11.** Masse d'ibuprofène titré :  $m(\text{ibu}) = n_i(\text{ibu}) \times M(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) = 1,9 \cdot 10^{-3} \times 206 = 3,9 \cdot 10^{-1}$  g = 390 mg. Cette valeur est proche de celle fournie par le fabricant. On constate en effet un écart relatif de  $\left| \frac{400 - 390}{400} \right| = 2,5\%$ .

**2.12.** Comme  $\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left( \frac{U_{\text{vol}}}{V_E} \right)^2 + \left( \frac{U_{c_b}}{c_b} \right)^2}$ , on obtient  $U(m) = m \times \sqrt{\left( \frac{U_{\text{vol}}}{V_E} \right)^2 + \left( \frac{U_{c_b}}{c_b} \right)^2}$  d'où l'on déduit l'incertitude absolue sur la masse  $m$  :  $U(m) = 390 \times \sqrt{\left( \frac{0,16}{9,7} \right)^2 + \left( \frac{0,010}{0,20} \right)^2} = 21$  mg. Cette valeur est généralement arrondie par excès avec un seul chiffre significatif, soit  $U(m) = 30$  mg. On a alors  $m = (390 \pm 30)$  mg.

**2.13.** Pour qu'un indicateur coloré soit adapté, sa zone de virage doit contenir le pH à l'équivalence. D'après la courbe 1, exploitée par la méthode des tangentes, le pH à l'équivalence vaut 8,5. Ainsi, seule la phénolphtaléine convient pour ce titrage.

### EXERCICE III : L'EFFET DOPPLER PEUT-IL PERTURBER UN DANSEUR ?

#### 1. Détermination de la vitesse de Kilian

- 1.1.** On peut utiliser le plan de la scène (vue de dessus) sur lequel on mesure que 3,0 m sont représentés par 2,5 cm. On mesure aussi que la distance  $G_iG_f$  est représentée par 1,8 cm d'où l'on déduit que  $G_iG_f = \frac{1,8 \times 3,0}{2,5} = 2,2$  m. La distance parcourue par Kilian est donc de 2,2 m.
- 1.2.** La distance précédente est parcourue en une durée  $\Delta t = 0,710$  s donc la vitesse horizontale moyenne de Kilian lors de son grand jeté vaut  $v_x = \frac{G_iG_f}{\Delta t} = \frac{2,2}{0,710} = 3,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , valeur proche de celle recherchée (ce résultat dépend légèrement de la précision de la lecture graphique et de la méthode employée).

#### 2. Fréquence du son perçu par Kilian

- 2.1.** La seule note émise par le piano durant le grand jeté est un  $\text{La}_3$  de fréquence 440 Hz d'après le tableau.
- 2.2.** D'après le plan de la scène, Kilian s'éloigne du piano. Dans ces conditions, la fréquence perçue est donnée par  $f_R = f_E \times \left( \frac{v_{son}}{v_{son} + v_R} \right)$ . Comme on ne considère que le mouvement horizontal de Kilian, on a  $v_R = v_x = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  d'après l'énoncé. On a donc  $f_R = 440 \times \left( \frac{340}{340 + 3,0} \right) = 436 \text{ Hz}$ .
- 2.3.** Estimons la variation relative de fréquence :  $\frac{\Delta f}{f} = \frac{440 - 436}{440} = 9 \cdot 10^{-3}$ .

Kilian ayant une oreille entraînée, le seuil différentiel relatif le concernant est de  $1/1000$ , soit  $1 \cdot 10^{-3}$ .

Pour Kilian, le seuil différentiel relatif est largement dépassé car  $9 \cdot 10^{-3} > 1 \cdot 10^{-3}$  donc Kilian est parfaitement en mesure de percevoir cette différence de hauteur.

- 2.4.** Pour un autre danseur à l'oreille non entraînée,  $S_{dr} = 0,0033 = 3,3 \cdot 10^{-3}$ . En effet, sur la courbe de la loi de Weber-Fechner, on mesure 5,9 cm pour 0,012 unité et, à 440 Hz, on mesure 1,6 cm. On en déduit le seuil différentiel à 440 Hz par produit en croix :  $S_{dr} = \frac{1,6 \times 0,012}{5,9} = 3,3 \cdot 10^{-3}$ .

À nouveau, le seuil différentiel relatif est largement dépassé, même pour une oreille non entraînée donc la différence de hauteur serait aussi perceptible par cet autre danseur.

#### 3. Discussion entre Alice et Kilian

L'effet Doppler permet d'expliquer le fait que la hauteur de la note perçue par Kilian lors du grand jeté est différente de la hauteur de la note perçue lorsqu'il est immobile. Alice, immobile au piano, a bien joué des  $\text{La}_3$  qu'elle a perçus à 440 Hz. Kilian a raison lui aussi puisqu'il a bien perçu une différence de hauteur entre les notes jouées avant et pendant son grand jeté. Le désaccord entre le danseur et la pianiste provient donc de l'effet Doppler.