Corrigé du DS n°8 – TS1 2012
Énergie & chimie organique (dernier !)

Exercice 1 – Le monoï de Tahiti

1.1.1. La réaction dont il est question est une hydrolyse basique d'un ester ; il faut néanmoins être plus précis : l'hydrolyse basique d'un triester porte le nom de saponification.

1.1.2. Équation de la réaction de saponification :

$$\begin{array}{l} R-COO-CH_2 \\ \qquad\qquad\quad | \\ R-COO-CH \\ \qquad\qquad\quad | \\ R-COO-CH_2 \end{array} \;+\; 3\left(Na^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}\right)$$

$$\rightarrow 3\left(Na^+{}_{(aq)} + R-COO^-_{(aq)}\right) + \begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array}$$

1.1.3. Le savon obtenu a pour formule $Na^+{}_{(aq)}$ + $CH_3-(CH_2)_{10}-COO^-{}_{(aq)}$ quand il est dissout dans de l'eau et $CH_3-(CH_2)_{10}-COONa_{(s)}$ quand il est sous forme solide.

1.1.4. Le tableau d'avancement, en littéral, tel que demandé explicitement dans l'énoncé, est reproduit ci-dessous en fin de corrigé.

Quant aux quantités de matière initiales, on propose les calculs suivants, en respectant les notations de l'énoncé :

$$\begin{aligned} n_0 &= c_0 V_0 \\ &= 6,0 \times 2,0 \times 10^3 = 1,2 \times 10^4 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{m_1}{M_1} \\ &= \frac{1,3 \times 10^6}{638} = 2,0 \times 10^3 \text{ mol} \end{aligned}$$

1.1.5. Calculons l'avancement maximal de la réaction :

$$\begin{aligned} x_{\max} &= \text{Inf}\left(\frac{n_0}{3}; \frac{n_1}{1}\right) \\ &= \text{Inf}\left(\frac{1,2 \times 10^4}{3}; \frac{2,0 \times 10^3}{1}\right) \\ &= 2,0 \times 10^3 \text{ mol} \end{aligned}$$

Ainsi l'huile est le réactif limitant (c'est en général toujours l'huile le réactif limitant, car c'est le plus onéreux !).

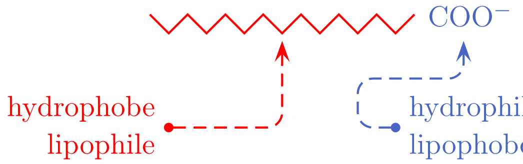
1.1.6. D'après le tableau d'avancement, $n_2 = 3x_{\max}$; par suite :

$$\begin{aligned} m_2 &= n_2 M_2 = 3x_{\max} M_2 \\ &= 3 \times 2,0 \times 10^3 \times 222 \\ &= 1,3 \times 10^6 \text{ g} = 1,3 \text{ t} \end{aligned}$$

1.1.7. Le rendement η est le rapport de la masse de savon réellement obtenue (1,0 t), sur la masse de savon que l'on pourrait obtenir en théorie (1,3 t, tel que calculé précédemment) :

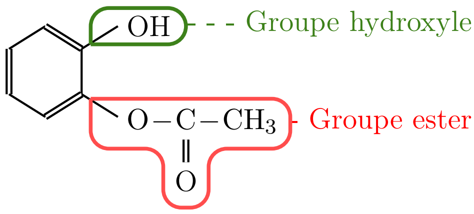
$$\eta = \frac{m}{m_2} = \frac{1,0}{1,3} = 0,75 = 75\,\%$$

1.2.1. Représentation de l'ion laurate :



1.2.2. La chaîne carbonée longue, lipophile, se dissout dans la graisse. Quant à la tête polaire, hydrophile, elle permet à l'eau d'entraîner la particule de graisse sous la forme d'une micelle. Ce mode d'action correspond au schéma 1.a.

2.1.1.



2.1.2. La réaction d'hydrolyse est lente et limitée.

2.1.3. L'ajout d'un catalyseur permet d'augmenter la vitesse de réaction sans modifier l'état final.

2.1.4. Réaction d'hydrolyse :

salicylate de méthyle	+	eau	=	acide salicylique	+	méthanol
223°C		100°C		211 °C		65°C

La température d'ébullition du méthanol est la plus faible. On peut donc provoquer un déplacement d'équilibre total, en éliminant le méthanol au fur et à mesure de sa formation, par une distillation fractionnée. Tant que la réaction n'aura pas atteint son avancement maximal, la température en tête de colonne vigreux sera de 69°C.

	$C_{39}H_{74}O_6$ +	$3\,Na^+$ +	$3\,OH^-$	= $3\left(C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+\right)$ +	$C_3H_8O_3$
EI	n_1	n_0	n_0	0	0
Ec	$n_1 - x$	$n_0 - 3x$	$n_0 - 3x$	$3x$	x
EF	$n_1 - x_{\max}$	$n_0 - 3x_{\max}$	$n_0 - 3x_{\max}$	$3x_{\max}$	$x_{\max}$

Exercice 2 – Pendule simple et énergie

1.1. Les mesures de $G_2G_4 = 3,3$ cm et $G_4G_6 = 3,6$ cm sont réalisées en annexe et reproduites ci-dessous.

$$v_3 = \frac{G_2G_4}{t_4 - t_2} = \frac{G_2G_4}{2\tau} = \frac{3,3 \times 10^{-2}}{2 \times 30 \times 10^{-3}} = 0,55\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Vecteur $\overrightarrow{v}_3$ placé en G_3, longueur 5,5 cm, dans le sens du mouvement, parallèle à G_2G_4.

$$v_5 = \frac{G_4G_6}{t_6 - t_4} = \frac{G_4G_6}{2\tau} = \frac{3,6 \times 10^{-2}}{2 \times 30 \times 10^{-3}} = 0,60\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Vecteur $\overrightarrow{v}_5$ placé en G_5, longueur 5,5 cm, dans le sens du mouvement, parallèle à G_4G_6.

1.2. Construction du vecteur $\overrightarrow{\Delta v_4}$ par soustraction des vecteurs $\overrightarrow{v}_5 - \overrightarrow{v}_3$, et lecture graphique :

$$\overrightarrow{\Delta v_4} \ \leftrightarrow\ 1,1\ \mathrm{cm}$$

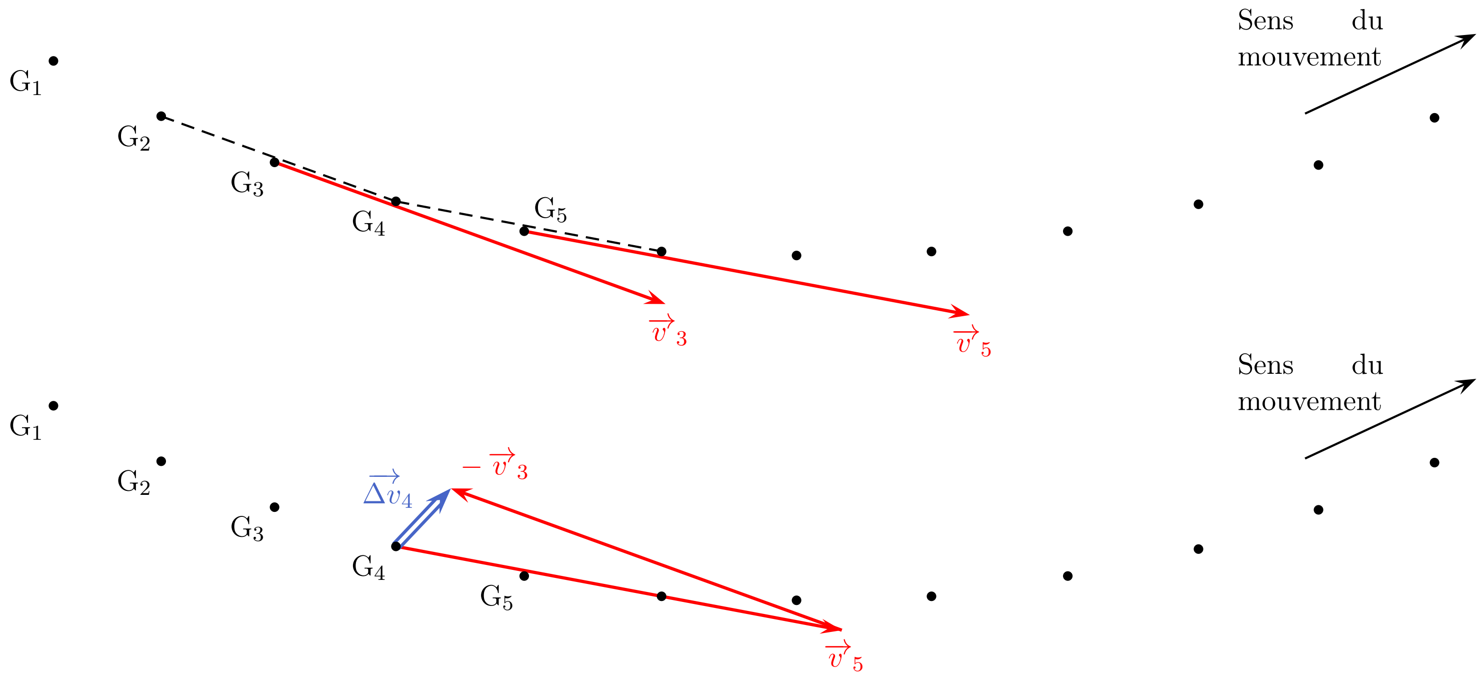
Avec l'échelle des vecteurs vitesses précédente :

$$\Delta v_4 = 0,11\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Par souci de clarté, on a montré la construction du vecteur $\overrightarrow{\Delta v_4}$ sur un second schéma ci-dessous.

1.3. Accélération en t_4 :

$$a_4 = \frac{\Delta v_4}{t_5 - t_3} = \frac{\Delta v_4}{2\tau} = \frac{0,11}{2 \times 30 \times 10^{-3}} = 1,8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$$



2.1.1. $E_c = \frac{1}{2}mv^2$;

E_c est l'énergie cinétique en joules (J) ;
m est la masse en kilogrammes (kg) ;
v est la vitesse en mètres par seconde ($\mathrm{m \cdot s^{-1}}$).

2.1.2. $E_p = mgz + \mathrm{Cte}$;

La position d'équilibre correspond au pendule vertical, donc $\theta = 0$, ou encore $x = 0$ et $z = 0$. En remplaçant, $E_p(z = 0) = \mathrm{Cte} = 0$, l'origine des énergies potentielles indique une constante nulle : $E_p = mgz$;

E_p est l'énergie potentielle en joules (J) ;
m est la masse en kilogrammes (kg) ;
g est l'accélération de la pesanteur, en newtons par kilogrammes ($\mathrm{N \cdot kg^{-1}}$) ou en mètres par seconde carré ($\mathrm{m \cdot s^{-2}}$, préférez cette unité d'accélération en Terminale) ;
z est l'altitude en mètres (m).

2.1.3. $E_m = E_c + E_p$.

2.2.1. La courbe 2 est maximale à la position d'équilibre $x = 0$, il s'agit de l'énergie cinétique ; la courbe 3 est minimale à la position d'équilibre $x = 0$, il s'agit de l'énergie potentielle ; la courbe 1 est constante $\forall x$, il s'agit de la somme des deux énergies, donc de l'énergie mécanique, conservée en l'absence de frottements.

2.2.2. Lors des oscillations, on a un transfert d'énergie potentielle et énergie cinétique, et vice-versa. Lorsque l'altitude du pendule diminue, son énergie potentielle diminue, mais son énergie cinétique augmente, et vice-versa lorsque l'altitude du pendule augmente.

2.2.3. Le pendule passe par la position d'équilibre $x = 0$ pour une énergie potentielle minimale, nulle avec le choix d'origine déjà détaillé, et une énergie cinétique maximale :

$$E_m = E_c + E_p = E_{c,max} + 0$$

Lecture graphique de l'énergie cinétique maximale sur la courbe 2 en $x = 0$:

$$E_\mathrm{m} = E_\mathrm{c,max} = 0,042 \text{ J}$$

On en déduit la vitesse maximale lors du passage par la position d'équilibre :

$$\begin{aligned} E_\mathrm{c,max} = \frac{1}{2} m v_\mathrm{max}^2 &\Leftrightarrow v_\mathrm{max} = \sqrt{\frac{2E_\mathrm{c,max}}{m}} \\ &\Rightarrow v_\mathrm{max} = \sqrt{\frac{2 \times 0,042}{0,236}} \\ &\Rightarrow v_\mathrm{max} = 0,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Le pendula atteint sa hauteur maximale pour une énergie cinétique nulle et une énergie potentielle maximale :

$$E_\mathrm{m} = E_\mathrm{c} + E_\mathrm{p} = 0 + E_\mathrm{p,max}$$

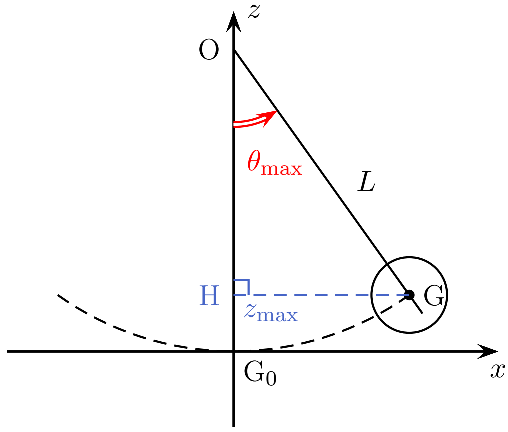
On réutilise la valeur d'énergie mécanique lue sur le graphique :

$$E_\mathrm{m} = E_\mathrm{p,max} = 0,042 \text{ J}$$

On en déduit l'altitude maximale atteignable :

$$\begin{aligned} E_\mathrm{p,max} = mgz_\mathrm{max} &\Leftrightarrow z_\mathrm{max} = \frac{E_\mathrm{p,max}}{mg} \\ &\Rightarrow z_\mathrm{max} = \frac{0,042}{0,236 \times 9,8} \\ &\Rightarrow z_\mathrm{max} = 0,018 \text{ m} \\ &\Rightarrow z_\mathrm{max} = 1,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

La distance $\mathrm{OG_0}$ vaut L et la distance OH vaut $L - z$, avec H projeté de G sur l'axe $(\mathrm{O}z)$:



Dans le triangle (OHG) rectangle en H,

$$\cos\theta_\mathrm{max} = \frac{\mathrm{OH}}{\mathrm{OG}} = \frac{L - z_\mathrm{max}}{L}$$

$$\cos\theta_\mathrm{max} = \frac{41 - 1,8}{41} = 0,96$$

$$\Rightarrow \quad \theta_\mathrm{max} = 17^\mathrm{o}$$

3. Pour les quatre formules : $[T_0] = \mathrm{s}$;

$$\left[\frac{mg}{L}\right] = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}}{\mathrm{m}} = \mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^{-2}$$

$$\left[\sqrt{\frac{g}{L}}\right] = \left(\frac{m \cdot s^{-2}}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathrm{s}^{-1}$$

$$\left[\frac{L}{g}\right] = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}} = \mathrm{s}^2$$

$$\left[\sqrt{\frac{L}{g}}\right] = \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathrm{s}$$

On constate que seule la quatrième formule est correcte au niveau des dimensions.

4.1. Les frottements de l'air.

4.2. L'énergie perdue dans les frottements est transformée en énergie interne, plus précisément en énergie cinétique microscopique, c'est-à-dire en agitation thermique : la température du corps augmente.

Bon courage pour vos révisions de Bac !