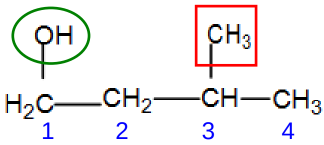
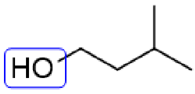
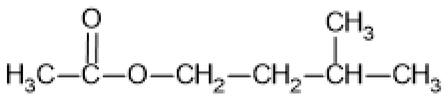
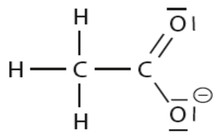
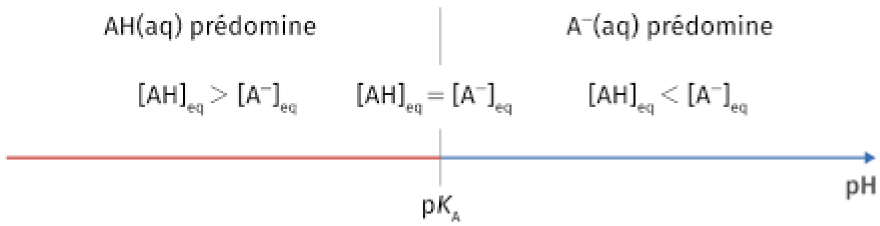
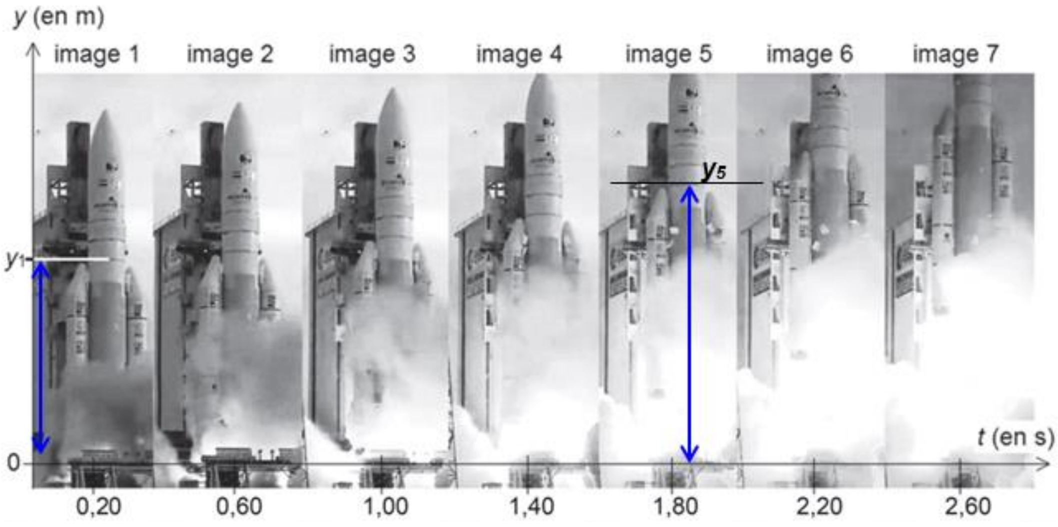
BAC BLANC 2022 – SUJET 1 – Correction

EXERCICE I – Synthèse d'un arôme	/20
1. Des réactifs aux produits de la synthèse	
1.1. La chaîne principale possède 4 atomes de carbone ⇒ racine « butan ». Le groupe hydroxyle (entouré ci-contre) caractéristique des alcools est porté par le carbone n°1 ⇒ suffixe « 1-ol ». Le carbone n°3 porte un groupe alkyle avec 1 carbone (encadré ci-contre) ⇒ préfixe « 3-méthyl » 	/1
1.2. Famille des **alcools** 	/1
1.3. Le spectre B montre un pic vers 1700 cm^{-1} caractéristique d'une liaison C=O non présente dans la molécule étudiée. Le spectre A montre une large bande vers 3350 cm^{-1} caractéristique d'une liaison –OH d'un alcool. Donc le spectre IR du 3-méthylbutan-1-ol est le **spectre A**.	/1
1.4. 	/0,5
1.5.1. L'oxygène est plus électronégatif que l'hydrogène. Donc la liaison O- H est polarisée avec une charge partielle positive sur H. Cet atome peut facilement se libérer du groupe carboxyle. La libération d'un ion H^+ montre que l'acide carboxylique est un acide de Brönsted. 	/1
1.5.2. Constante d'acidité : $K_A = \frac{[A^-]_{éq}\times[H_3O^+]_{éq}}{[HA]_{éq}}$	/0,5
1.5.3. D'après la relation précédente : $\frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}} = \frac{K_A}{[H_3O^+]_{éq}} = \frac{10^{-pK_A}}{10^{-pH}} \Rightarrow \frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}} = 10^{pH-pK_A}$ A.N. : $\frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}} = 10^{2,4-4,8} = 10^{-2,4}$ $\frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}} = 0,0040$ $\frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}} < 1$ donc **l'acide HA prédomine dans le vinaigre**.	/1,5
1.5.4. pH < pK_A donc c'est bien l'acide qui prédomine.  	/1
2. Optimisation de la synthèse	/10
2.1. $C_5H_{12}O + C_2H_4O_2 \rightleftarrows C_7H_{14}O_2 + H_2O$ En comptant les atomes de chaque élément, on voit qu'il est nécessaire d'ajouter une **molécule d'eau** coté produit pour respecter la conservation des éléments.	/1
2.2. On souhaite obtenir un temps de demi-réaction le plus faible possible pour avoir la réaction la plus rapide possible. En comparant les expériences 1 et 2, on en déduit que la **présence de l'acide sulfurique** accélère la réaction ; c'est un catalyseur. En comparant les expériences 2 et 3, on en déduit que **chauffer** permet d'optimiser la cinétique. Enfin, en comparant les expériences 3 et 4, on en déduit que l'introduction de **l'alcool en excès** permet d'accélérer la réaction.	/1,5

2.3. Pour le 3-méthylbutan-1-ol : $n_1 = \frac{\rho(alcool) \times V_1}{M(alcool)}$ A.N. : $n_1 = \frac{0{,}81\ g.mL^{-1} \times 12{,}0\ mL}{88{,}1\ g.mol^{-1}}$ **n_1 = 0,11 mol** Pour l'acide éthanoïque : $n_2 = \frac{m_2}{M(acide)}$ A.N. : $n_2 = \frac{6{,}62\ g}{60{,}0\ g.mol^{-1}}$ **n_2 = 0,110 mol** $\frac{n_1}{1} = \frac{n_2}{1}$ donc le mélange de réactifs est un mélange stœchiométrique.	/2
2.4. D'après l'équation, la quantité de matière maximale d'ester pouvant être formé est égale à la quantité de matière initiale du réactif limitant : $n_{max} = n_1$ ou n_2 = 0,11 mol. Cela correspond à une masse : $m_{max} = n_{max} \times M(ester) = n_1 \times M(ester)$ Donc le rendement de la synthèse est : $r = \frac{m_{exp}}{m_{max}} = \frac{m_3}{m_{max}} \Rightarrow r = \frac{m_{exp}}{n_1 \times M(ester)}$ A.N. : $r = \frac{6{,}20\ g}{0{,}11\ mol \times 130{,}2\ g.mol^{-1}} = 0{,}43$ soit un **rendement de 43 %.** Ce rendement est faible et montre bien que la réaction n'est pas totale.	/2
2.5. Equation de titrage : $C_2H_4O_2\ _{(aq)} + HO^-\ _{(aq)} \rightarrow C_2H_3O_2^-\ _{(aq)} + H_2O\ _{(\ell)}$	/0,5
2.6. A partir de la courbe dérivée, on détermine : - Le volume nécessaire pour titrer l'acide éthanoïque ET l'acide sulfurique : V_{total} = 11,0 mL - Le volume nécessaire pour titrer que l'acide sulfurique : V_{AS} = 4,2 mL Donc le volume de solution titrante pour titrer l'acide éthanoïque est : **$V_{éq} = V_{total} - V_{AS}$** **$V_{éq}$ = 6,8 mL**	/1
2.7. A l'équivalence, les réactifs titré et titrant sont introduits en proportions stœchiométriques ; donc : $n_{restant}$(acide) = $n_E(HO^-)$ $\Rightarrow$ **$n_{restant}$(acide) = $C_B \times V_{éq}$** A.N. : $n_{restant}$(acide) = 1,0 mol.L^{-1} × 6,8.10^{-3} L **$n_{restant}$(acide) = 0,0068 mol**	/1,5
2.8. D'après l'équation de la synthèse : $n_{formé}$(ester) = $n_{ayant\ réagi}$(acide) = $n_{initial}$(acide) – $n_{restant}$(acide) Donc : $n_{formé}$(ester) = n_2 – $n_{restant}$(acide) (la valeur de n_2 est la même pour les expériences 3 et 4) A.N. : $n_{formé}$(ester) = 0,110 mol – 0,0068 mol $n_{formé}$(ester) = 0,103 mol Pour l'expérience 4, le réactif limitant est l'acide éthanoïque, donc le rendement s'exprime par : $r = \frac{n_{formé}(ester)}{n_{max}} = \frac{n_{formé}(ester)}{n_2}$ A.N. : $r = \frac{0{,}103\ mol}{0{,}110\ mol} = 0{,}936$ soit un **rendement de 93,6 %** Ce rendement est bien supérieur à celui obtenu dans l'expérience 3. Donc introduire un **réactif en excès** (ici l'alcool) **permet d'optimiser le rendement** de cette synthèse.	/2,5
2.9. Une autre méthode pour optimiser le rendement serait d'**éliminer au fur et à mesure de sa formation un des produits** (soit l'eau, soit l'ester).	/0,5
EXERCICE II – Décollage de la fusée Ariane	/10
1. La fusée est constituée de : - 1 moteur Vulcain qui éjecte 270 kg de gaz par seconde - 2 boosters qui éjectent chacun 1,8×10^3 kg de gaz par seconde. Donc pendant la durée 2,40 s, la masse totale de gaz injecté est : m_{gaz} = 2,40 × (270 kg + 2×1,8×10^3 kg) **m_{gaz} = 9,3×10^3 kg = 9,3 t** (résultat non arrondi = 9,288 t) La masse d'Ariane 5 au décollage vaut $m_{fusée}$ = 750 à 780 tonnes. La masse des gaz éjectés représente au maximum $\frac{m_{gaz}}{m_{fusée}} = \frac{9{,}288\ t}{750\ t} = 0{,}012$ soit **1,2 % de la masse d'Ariane** 5 au décollage.	/1,5

2. On mesure sur la figure 2 la distance correspondante à y_1 (3,6 cm) et à y_5 (4,9 cm). Par proportionnalité, on en déduit la valeur de y_5 connaissant la valeur de y_1 (y_1 = 30,1 m) : $y_5 = \frac{4{,}9\ cm \times 30{,}1\ m}{3{,}6\ cm}$ y_5 = 41,0 m



/1,5

3. La vitesse v_2 peut s'estimer par : $v_2 = \frac{y_3 - y_2}{t_3 - t_2} = \frac{33{,}3\ m - 31{,}5\ m}{1{,}00\ s - 0{,}60\ s}$ **v_2 = 4,5 m.s^{-1}**

Ici le vecteur vitesse n'a qu'une seule coordonnée non nulle (v_y) qui, de plus, est positive. Donc la valeur de la vitesse v est égale à cette coordonnée : $v(t) = v_y(t)$
Donc la vitesse v_2 est : **$v_2 = v_y(t=0{,}60s)$ = 4 m.s^{-1}** (lecteur graphique)

On retrouve une **valeur proche**. L'écart peut s'expliquer par le calcul de v_2 notamment qui représente une vitesse moyenne et non une vitesse instantanée.

/1,5

4. La courbe représentant v_y est une droite qui passe par l'origine ⇒ $v_y(t) = k.t$
Donc $a_y = \frac{dv_y}{dt} = k$ avec k, le coefficient directeur de la droite.

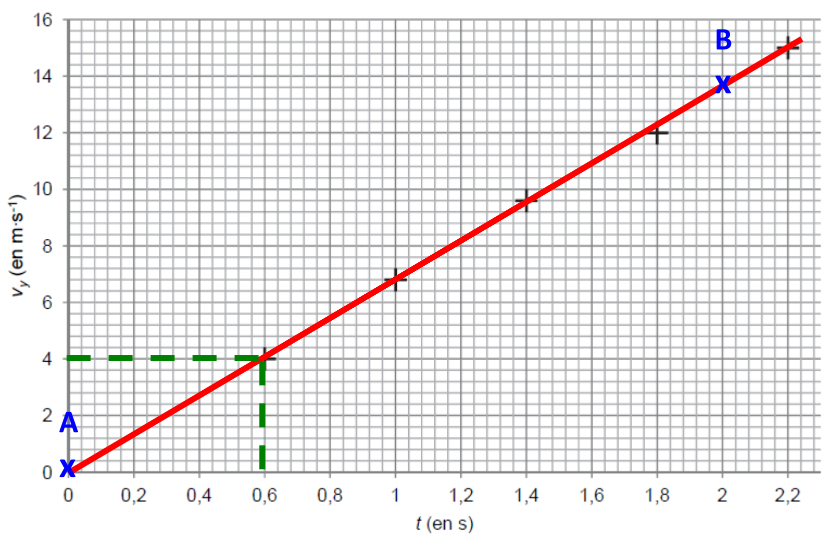
Sur la figure 4, on trace la droite passant au plus près de tous les points.
On détermine la valeur de k à l'aide des coordonnées de deux points appartenant à la droite :
A(t_A = 0 ; v_{yA} = 0) et B(t_B = 2,0 s ; v_{yB} = 13,6 m.s^{-1}) :

$$a_y = k = \frac{(13{,}6 - 0)\ m.s^{-1}}{(2{,}0\ -\ 0)\ s} = 6{,}8\ m.s^{-2}$$

Ici le vecteur accélération n'a qu'une seule coordonnée non nulle :

$$\boldsymbol{a = \sqrt{a_y{}^2} = 6{,}8\ m.s^{-2}}$$

On trouve bien une valeur proche de 7 m.s^{-2}.



/1,5

5. Le mouvement est rectiligne donc le vecteur accélération a la **direction du mouvement** (**la verticale**).
De plus, le mouvement est accéléré donc il est orienté dans le **sens du mouvement** (**vers le haut**), ceci est confirmé par le fait que la coordonnée a_y soit positive.

/1

6. D'après la 2ème loi de Newton, la résultante des forces a la même direction et le même sens que le vecteur accélération. Pour que cette résultante soit dirigée vers le haut, il faut que la force de poussée (dirigée vers le haut) ait une valeur supérieure à celle du poids (dirigé vers le bas). Le schéma compatible est le **schéma 1**.	/1
7. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la 2ème loi de Newton appliquée à la fusée s'écrit : $m_{fusée} \times \vec{a} = \vec{P} + \vec{F}$ En projetant cette relation sur un axe vertical dirigé vers le haut, on peut alors écrire : $m_{fusée} \times a = -P + F$ Donc la valeur de la poussée est : $F = P + m_{fusée} \times a = m_{fusée} \times g + m_{fusée} \times a$ $F = m_{fusée} \times (g + a)$ A.N. : pour $m_{fusée} = 750\times10^3$ kg, **F** = 750×10^3 kg $\times$ (9,8 $m.s^{-2}$ + 7 $m.s^{-2}$) = $1{,}3\times10^7$ N = **$1{,}3\times10^4$ kN** pour $m_{fusée} = 780\times10^3$ kg, **F** = 780×10^3 kg $\times$ (9,8 $m.s^{-2}$ + 7 $m.s^{-2}$) = $1{,}3\times10^7$ N = **$1{,}3\times10^4$ kN** Ce résultat est cohérent avec la valeur du tableau (valeur de 12 000 à 13 000 kN).	/2
EXERCICE III – Etude d'un système de production sonore	/10
1. D'après la loi de mailles, on peut écrire : **$E = u_R(t) + u_C(t)$**	/0,25
2. La loi d'Ohm s'écrit : $u_R = R\times i \Rightarrow E = R\times i + u_C$ Or : $i = \frac{dq}{dt} = C \times \frac{du_C}{dt} \Rightarrow E = R \times C \times \frac{du_C}{dt} + u_C$ Ce qui peut encore s'écrire : $\frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{RC}u_C + \frac{E}{RC}$	/1
3. D'après la courbe : - $u_C(t = 0) = 0$ V $\Rightarrow$ On élimine la fonction 2 pour laquelle $u_C(t = 0) = E$ - $u_C(t \to +\infty) = E \Rightarrow$ On élimine la fonction 1 pour laquelle $u_C(t \to +\infty) = -\infty$ La seule fonction qui vérifie ces 2 critères est **la fonction 3**.	/1
4. 1ère méthode : on chercher la solution de l'équation différentielle Cette équation est de la forme : $y' = ay + b$ avec $a = -\frac{1}{RC}$ et $b = \frac{E}{RC}$. • Les solutions sont donc de la forme : $y = Ke^{at} - \frac{b}{a}$ (K étant une constante) Soit : $u_C = Ke^{-\frac{t}{RC}} + E$ • Pour déterminer la constante K, on utilise les conditions initiales. A t = 0 s, le condensateur est déchargé donc $u_C(t = 0\,s) = 0\,V$ Or d'après l'expression précédente : $u_C(t = 0\,s) = Ke^0 + E = K + E$ Donc : $K + E = 0 \Rightarrow K = -E$ La solution de l'équation différentielle est alors : $u_C = -Ee^{-\frac{t}{RC}} + E$, ce qui peut aussi s'écrire : $\boldsymbol{u_C(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)}$ 2ème méthode : on vérifie que la solution proposée (fonction 3) est en accord avec l'équation différentielle. $u_C(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = E - E \times e^{-\frac{t}{RC}}$ donc $\frac{du_C(t)}{dt} = -E \times \left(-\frac{1}{RC}\right) \times e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{E}{RC} \times e^{-\frac{t}{RC}}$ Donc, en utilisant les expressions de $u_C(t)$ et de $\frac{du_C(t)}{dt}$ on a : $\boldsymbol{R \times C \times \frac{du_C}{dt} + u_C} = RC \times \left(\frac{E}{RC} \times e^{-\frac{t}{RC}}\right) + \left(E - E \times e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ $= E \times e^{-\frac{t}{RC}} + E - E \times e^{-\frac{t}{RC}}$ $\boldsymbol{= E}$ Donc la fonction 3 vérifie l'équation différentielle ; elle est bien une solution.	/2

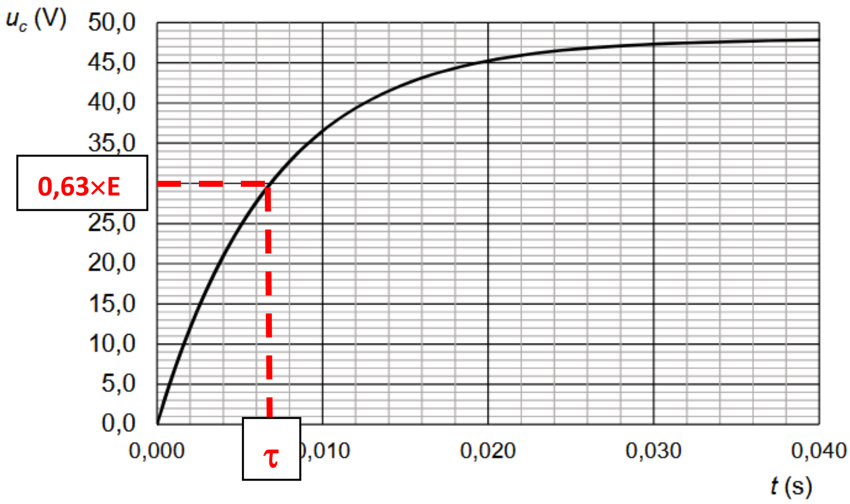
5. Déterminons graphiquement dans un premier temps la constante de temps $\tau = RC$ sachant que $u_C(t = \tau) = 0{,}63 \times E = 0{,}63 \times 48\ V = 30\ V$.

Graphiquement on lit : **τ = 0,007 s**

On en déduit la valeur de la capacité : $\boldsymbol{C = \frac{\tau}{R}}$ A.N. : $C = \frac{0{,}007\ s}{100 \times 10^6\ \Omega}$ **C = 7×10^-11 F**

Or cette capacité s'exprime par : $C = \frac{\varepsilon \times S}{d} \Rightarrow \boldsymbol{d = \frac{\varepsilon \times S}{C}}$

A.N. : $d = \frac{1{,}4 \times 10^{-15}\ F.m}{7 \times 10^{-11}\ F}$ $d = 2 \times 10^{-5}$ m soit approximativement 20 µm, valeur conforme avec le sujet qui indique « Lorsque le microphone ne capte pas de son, la distance entre les deux armatures est de l'ordre de 15 à 25 µm ».



/1,5

6. La capacité est $C = \frac{\varepsilon \times S}{d} = \frac{K}{d}$ avec K une constante.
Donc si la distance d entre les armatures diminue, **la capacité C augmente**.

/0,75

7. La puissance sonore est : $\boldsymbol{P = I \times 4\pi \times d^2}$

Pour d = 1,0 m, $I = I_1 = 3{,}2 \times 10^{-3}\ W.m^{-2}$

Donc : $P = 3{,}2.10^{-3} W.m^{-2} \times 4\pi \times 1{,}0^2\ m^2$ **P = 4,0×10^-2 W**

/1

8. Pour une manifestation de 2h, la législation européenne conseille un niveau d'intensité sonore à ne pas dépasser de 86 dB.
Déterminons alors le niveau d'intensité sonore à 3,0 m de la source (au niveau des barrières).

- La puissance sonore ne dépend que de la source, on peut alors écrire que :

  $P = I_1 \times 4\pi \times {d_1}^2 = I_2 \times 4\pi \times {d_2}^2$ donc $\boldsymbol{I_2} = \frac{I_1 \times 4\pi \times {d_1}^2}{4\pi \times {d_2}^2} = \boldsymbol{\frac{I_1 \times {d_1}^2}{{d_2}^2}}$

  En prenant $d_1 = 1{,}0$ m ; $I_1 = 3{,}2 \times 10^{-3}\ W.m^{-2}$ et $d_2 = 3{,}0$ m, I_2 représente l'intensité sonore au niveau des barrières.

  $I_2 = \frac{3{,}2.10^{-3} W.m^{-2} \times 1{,}0^2\ m^2}{3{,}0^2\ m^2}$ **$I_2 = 3{,}6 \times 10^{-4}\ W.m^{-2}$**

- Cela correspond à un niveau d'intensité sonore : $\boldsymbol{L_2 = 10 \times \log \frac{I_2}{I_0}}$

  A.N. : $L_2 = 10 \times \log \frac{3{,}6.10^{-4} W.m^{-2}}{1{,}0.10^{-12} W.m^{-2}}$ **L_2 = 86 dB**

On est à la limite des recommandations européennes. Donc il serait conseillé d'éloigner davantage les barrières ou de porter des protections sonores pour les oreilles.

/2,5