

Partie A - Fabrication du champagne

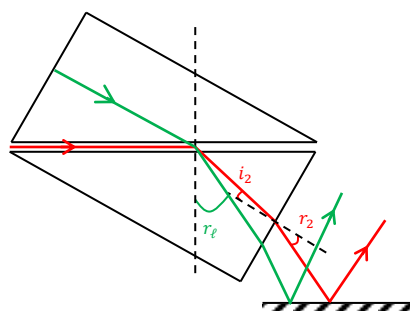
I. Mesure du taux de sucre dans le jus de raisin

Q1. On utilise une lampe à vapeur de sodium car elle émet une lumière quasi-monochromatique et que l'on peut l'observer directement.

Q2. Il y a réflexion totale lorsque le rayon réfracté n'existe plus.

C'est le cas lorsque $\sin r > 1 \Rightarrow \sin i > \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow i > \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$.

Q3.



Q4. Rayon limite : $n_\ell \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = n \sin r_\ell$

Interface prisme/air : $n \sin i_2 = n_{\text{air}} \sin r_2$

Formule du prisme : $\beta = r_\ell + i_2$

D'où : $n_\ell = n \sin\left[\beta - \arcsin\left(\frac{n_{\text{air}}}{n} \sin r_2\right)\right]$

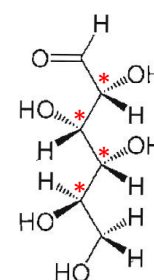
AN. $n_\ell = 1,732 \times \sin\left[65,0 - \arcsin\left(\frac{1,000}{1,732} \times \sin 23,3\right)\right] = 1,361$

Q5. En utilisant le tableau fourni, on détermine que la teneur en sucre est de $170 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

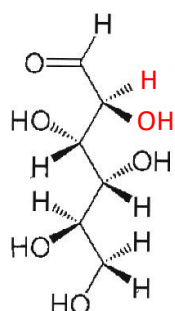
Q6. Confère la question Q3.

II. Quelques procédés chimiques de la fabrication du champagne

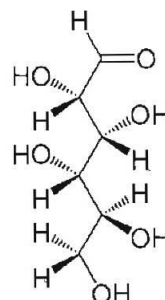
Q7. La molécule de D-glucose possède quatre carbones asymétriques. Ce sont les quatre carbones n'étant pas en bout de chaîne, i.e. les carbones C2, C3, C4 et C5.



Q8. Un exemple d'énantiomère est :



Un exemple de diastéréoisomère est :



Q9. Réaction de la fermentation alcoolique : $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_6O + 2 CO_2$

Q10. Données : $\rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$; $M_{\text{éthanol}} = 46,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{glucose}} = 180,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

On veut un alcool à 11°, i.e. 11 mL d'éthanol pour 100 mL de vin.

Donc 110 mL d'éthanol pour 1 L de vin.

$$\Rightarrow c_{\text{éthanol}} = 86,9 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$\Rightarrow C_{\text{éthanol}} = \frac{c_{\text{éthanol}}}{M_{\text{éthanol}}} = 1,90 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$\text{D'après la réaction considérée comme totale : } C_{\text{glucose}} = \frac{C_{\text{éthanol}}}{2} \times \frac{M_{\text{glucose}}}{M_{\text{éthanol}}} = 170 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}.$$

Q11. On produit autant d'éthanol que de dioxyde de carbone.

Pour 1 L, on produit donc $n_{CO_2} = 1,90 \text{ mol}$.

On utilise la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$.

$$\text{Donc : } V = \frac{nRT}{P}. \quad \text{AN. } V = \frac{1,90 \times 8,314 \times 293}{1,00 \cdot 10^5} = 0,0463 \text{ m}^3 = 46,3 \text{ L}.$$

Q12. Pour 1° il faut 17 g de sucre.

Pour 11° il faut 187 g de sucre contre 170 g en théorie.

$$\text{Le rendement est donc } \eta = \frac{170}{187} = 90,9\%.$$

Q13. L'éthanol est miscible avec l'eau en raison de la polarisation de la molécule via sa liaison hydroxyde.

Q14. En nomenclature systématique l'acide lactique est l'acide 2-hydroxypropanoïque.

Q15. La réaction est : $HOOC-CH_2-CH(OH)-COOH \rightarrow CH_3-CH(OH)-COOH + CO_2$.

Les bactéries peuvent avoir un rôle de catalyseur.

Q16. Acide malique : $pK_a(MH_2/MH^-) = 3,46$

Acide lactique : $pK_a(LH/L^-) = 3,90$

On transforme mole à mole l'acide malique en acide lactique moins fort, il y a donc une augmentation du pH de la solution.

Q17. Sur le spectre A on observe un doublet CH_3 et un quadruplet $CH(OH)$, on est en présence du spectre de l'acide lactique.

Sur le spectre B on observe un doublet CH_2 et un triplet $CH(OH)$, on est en présence du spectre de l'acide malique.

Q18. Afin d'obtenir la concentration en acide malique dans un volume $V = 20 \text{ mL}$ de vin, on utilise la méthode de Boehringer.

Pour ce faire on place dans un bécher, la volume V de vin auquel on ajoute en excès la solution de NAD^+ .

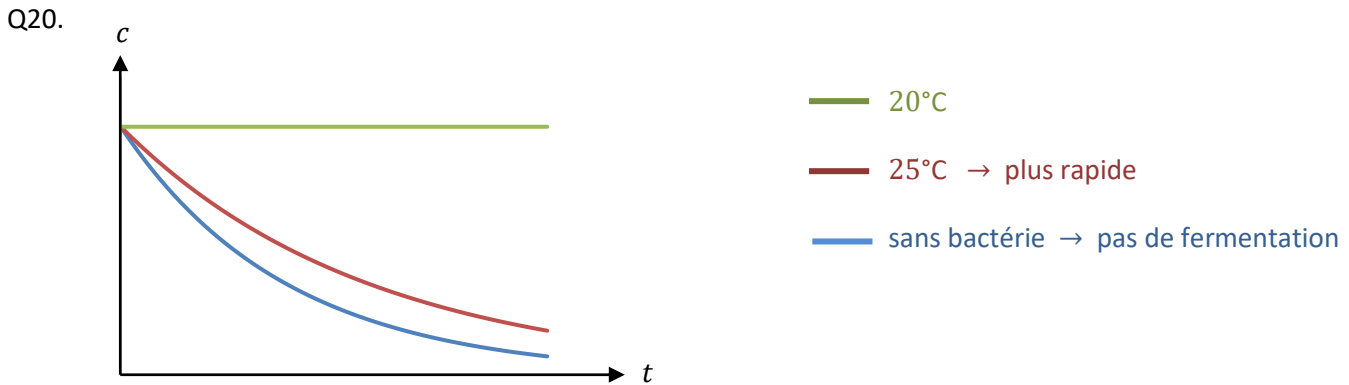
Pour rendre la réaction totale il faut ajouter l'enzyme L-MDH avec un taux de 5% par rapport à NAD^+ .

Enfin pour remonter à la concentration cherchée, il faut mesurer la concentration en $NADH$, qui lui est égale.

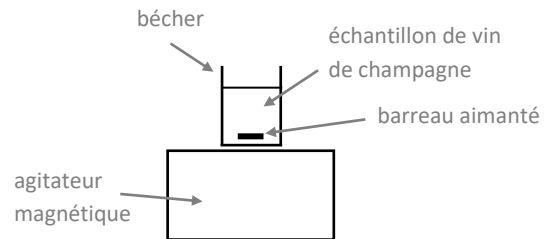
Pour cela utilise le spectrophotomètre pour mesurer l'absorbance de l'espèce en solution et remonter à sa concentration via la loi de Beer-Lambert.

Afin de déterminer l'absorptivité molaire de $NADH$, il suffit de réaliser un étalonnage avec la solution d'acide malique fournie de concentration connue.

Q19. Le temps de demi-réaction est le temps nécessaire pour consommer la moitié du réactif limitant.



Q21. Pour dégazéifier l'échantillon on peut le placer dans un bécher, introduire un barreau aimanté puis utiliser un agitateur magnétique.



Q22. En utilisant la méthode des tangentes on détermine le volume versé à l'équivalence.

On mesure : $V_E = 15,8 \text{ mL}$.

À l'équivalence la quantité de matière de soude versée est égale à la quantité de matière d'acide initialement présente dans le volume V_a d'acide.

On a donc : $(n_{\text{acide}})_i = (n_{\text{soude}})_E \Rightarrow C_a \times V_a = C_0 \times V_E \Rightarrow C_a = \frac{C_0 \times V_E}{V_a}$.

AN. $C_a = \frac{0,10 \times 15,8 \cdot 10^{-3}}{20,0 \cdot 10^{-3}} = 79 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

L'acidité totale de l'échantillon est de $79 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (on a bien $C_a > 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$).

Q23. Une molécule d'acide tartrique peut libérer deux ions H^+ .

On a donc : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times [\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6] \Rightarrow [\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6] = \frac{C_a}{2}$.

Donc : $m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6} = n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6} \times (4 M_C + 6 M_H + 6 M_O)$.

Puis : $m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6} = \frac{C_a}{2} \times V_{1L} \times (4 M_C + 6 M_H + 6 M_O)$.

AN. $m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6} = \frac{79 \cdot 10^{-3}}{2} \times 1 \times (4 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 6 \times 16,0) = 5,9 \text{ g}$.

L'acidité totale en acide tartrique de l'échantillon est de $5,9 \text{ g}$.

Q24. On peut utiliser des indicateurs colorés ou un conductimètre.

Partie B - Ouverture d'une bouteille de champagne

I. Éjection du bouchon de liège

Q25. On commence par calculer la vitesse d'expulsion du bouchon.

Le bouchon est expulsé par la force pressante : $F = P \times S$ avec $S = \frac{\pi d^2}{4}$ la surface circulaire du bouchon. On prend $d = 2 \text{ cm}$.

L'expulsion se fait environ lorsque 1 cm du bouchon reste à sortir.

Le travail de la force de pression s'écrit : $W = F \Delta \ell = P S \Delta \ell$ avec $\Delta \ell = 1 \text{ cm}$.

On considère que le travail est totalement converti en énergie cinétique.

$$\text{Donc : } E_c = W = \frac{1}{2}mv_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2W}{m}}$$

On prend $m = 1 \cdot 10^1 \text{ g}$ (ce qui donne $v_0 = 11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 39 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$).

Enfin une fois le bouchon expulsé, on considère qu'il est uniquement soumis à son poids (on néglige les frottements).

On est dans le cas d'une chute libre, la deuxième loi de Newton donne donc : $\vec{a} = \vec{g}$.

On place la bouteille verticalement pour aller plus haut.

$$\text{On a donc : } \begin{cases} \ddot{z} = -g \\ \dot{z} = -gt + v_0 \\ z = -\frac{gt^2}{2} + v_0t + 0 \end{cases}$$

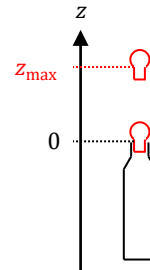
À l'altitude maximale on a $\dot{z} = 0$, donc $t_{z_{\max}} = +\frac{v_0}{g}$.

$$\text{D'où : } z_{\max} = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3}{2g} \times \frac{2W}{m} = \frac{3PS\Delta\ell}{mg} = \frac{3P\pi d^2\Delta\ell}{4mg}$$

$$\text{AN. } z_{\max} = \frac{3 \times 6 \cdot 10^5 \times \pi \times (2 \cdot 10^{-2})^2 \times 1 \cdot 10^{-2}}{4 \times 10 \cdot 10^{-3} \times 10} = 6 \cdot 10^1 \text{ m.}$$

Dans le modèle choisi le bouchon peut atteindre une hauteur maximale autour de 60 m. Ce modèle donne un ordre de grandeur un peu grand mais crédible pour un modèle aussi simpliste.

Pour améliorer cette étude il faudrait prendre en compte les frottements, les dimensions et la masse exactes du bouchon, et mesurer la hauteur pour laquelle le bouchon est expulsé.



II. Étude des bulles de champagne

Q26. Dans une bouteille de champagne fermée, il y a un équilibre entre le gaz dissous dans le vin et celui en phase gazeuse au-dessus.

$$\text{L'équilibre suit la loi : } c_i = k_0 \cdot \exp\left(\frac{\alpha}{T}\right) \cdot P_i.$$

En laissant la bouteille en plein soleil en été, sa température va augmenter, diminuant de façon importante c_i . Le gaz va alors passer en phase gazeuse pour maintenir l'équilibre. La pression va alors augmenter exponentiellement et il y aura risque d'explosion.

Q27. À 27°C on sait qu'il règne une pression de 6 bars dans la bouteille. En considérant une pression partielle d'air de 1 bar, il reste $P_i = 5$ bars pour le CO_2 .

$$\text{On cherche : } c_{m,i} = \frac{c_i}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{k_0}{M_{\text{CO}_2}} \cdot \exp\left(\frac{\alpha}{T}\right) \cdot P_i$$

avec $P_i = 5$ bars ; $T = 293 \text{ K}$; $\alpha = 2405 \text{ K}$; $k_0 = 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$; $M_{\text{CO}_2} = 44,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

$$\text{AN. } c_{m,i} = \frac{9,4 \cdot 10^{-6}}{44,0} \times \exp\left(\frac{2405}{293}\right) \times 5 = 4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}.$$

Q28. En ouvrant la bouteille, à température constant, la pression passe de 6 bars à 1 bar, la pression atmosphérique. La concentration maximale de gaz dissous dans le vin diminue. Il y a donc formation de bulles pour diminuer la concentration effective de gaz dans le vin.

Q29. L'interaction de Van der Waals est une interaction faible, d'origine électrique, agissant entre atomes ou molécules.

Un exemple observable de cette interaction est la faculté du gecko à adhérer à différentes surfaces.

Au sein des liquides on peut citer l'interaction dipolaire ou la liaison hydrogène.

Q30. Des fibres de cellulose ou des microcristaux, contenus dans le vin, contiennent des bulles d'air piégées ayant un rayon autour de la dizaine de micromètres. Le dioxyde de carbone dissous dans le vin va alors diffusé dans la bulle d'air et la faire grossir. Une fois qu'elle a atteint une taille suffisante elle se libère de son piège et peut remonter à la surface.

Q31. Sur le document 8 on voit une bulle grossir (de l'image a jusqu'à l'image c) puis s'échapper de la fibre sur l'image e, revenant ainsi à la première configuration.

La formation de la bulle a pris 5 images.

Il y a dix millisecondes entre deux images.

La période d'émission des bulles est : $T = 4 \times 10 \text{ ms} = 40 \text{ ms}$.

La fréquence d'émission des bulles est : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{40 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ Hz}$.

Q32. On étudie une bulle.

Bilan des forces :

▪ Poussée d'Archimède : $\vec{\Pi} = +\rho_{\text{liq}} V_{\text{bulle}} g \cdot \vec{e}_z = +\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{liq}} g \cdot \vec{e}_z$

▪ Poids : $\vec{P} = -mg \cdot \vec{e}_z = -n_{\text{CO}_2} M_{\text{CO}_2} g \cdot \vec{e}_z = -\frac{P_{\text{CO}_2} V_{\text{bulle}}}{RT} M_{\text{CO}_2} g \cdot \vec{e}_z = -\frac{4}{3}\pi r^3 \frac{P_{\text{CO}_2} M_{\text{CO}_2}}{RT} g \cdot \vec{e}_z$

Calculons les normes de ces deux forces :

$$\|\vec{\Pi}\| = \frac{4}{3} \times \pi \times (1,0 \cdot 10^{-3})^3 \times 1,00 \cdot 10^3 \times 9,81 = 41 \mu\text{N}.$$

$$\|\vec{P}\| = \frac{4}{3} \times \pi \times (1,0 \cdot 10^{-3})^3 \times \frac{1,00 \cdot 10^5 \times 44,0 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times 298} \times 9,81 = 73 \text{ mN}.$$

On obtient $\|\vec{\Pi}\| \gg \|\vec{P}\|$.

On peut aussi directement calculer le rapport des deux :

$$\frac{\|\vec{\Pi}\|}{\|\vec{P}\|} = \frac{\rho_{\text{liq}} RT}{P_{\text{CO}_2} M_{\text{CO}_2}}. \quad \text{AN.} \quad \frac{\|\vec{\Pi}\|}{\|\vec{P}\|} = \frac{1,00 \cdot 10^3 \times 8,314 \times 298}{1,00 \cdot 10^5 \times 44,0 \cdot 10^{-3}} = 563.$$

Dans les deux cas on montre que le poids de la bulle est négligeable devant sa poussée d'Archimède.

Q33. On applique la deuxième loi de Newton à la bulle dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

$$m\vec{a} = \vec{\Pi} + \vec{f} \Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{CO}_2} \frac{d\vec{v}}{dt} = +\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{liq}} g \cdot \vec{e}_z - 6\pi\eta r\vec{v}.$$

Après mise en forme on obtient : $\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta}{r^2 \rho_{\text{CO}_2}} \cdot \vec{v} = \frac{\rho_{\text{liq}}}{\rho_{\text{CO}_2}} g \cdot \vec{e}_z$

On peut écrire cette équation sous la forme : $\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\vec{v}}{\tau} = \frac{\vec{v}_{\text{lim}}}{\tau}$

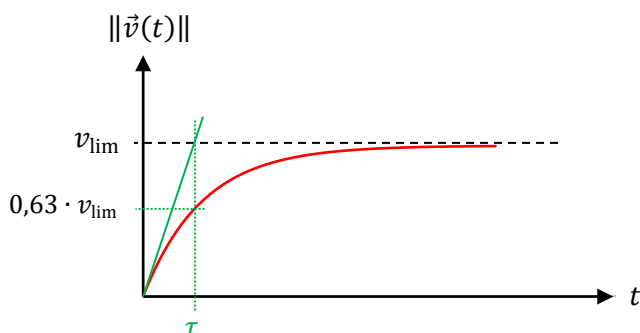
avec $\tau = \frac{2r^2 \rho_{\text{CO}_2}}{9\eta}$ et $\vec{v}_{\text{lim}} = \frac{2r^2 \rho_{\text{liq}} g}{9\eta} \cdot \vec{e}_z$.

Q34. On réalise une analyse aux dimensions : $\left[\frac{\vec{v}}{\tau}\right] = \left[\frac{d\vec{v}}{dt}\right] = \frac{[L] \cdot [T]^{-1}}{[T]} \Rightarrow [\tau] = [T]$.

La grandeur τ a la dimension d'un temps.

Rq. On peut également étudier directement la formule $\tau = \frac{2r^2 \rho_{\text{CO}_2}}{9\eta}$ ce qui donne le même résultat.

Q35. On admet la solution : $\vec{v}(t) = \vec{v}_{\text{lim}} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$.



La grandeur τ est le temps caractéristique du phénomène. C'est le temps nécessaire pour atteindre 63% de la vitesse limite.

Q36. On a $\tau = \frac{2r^2 \rho_{CO_2}}{9\eta} = \tau = \frac{2r^2}{9\eta} \cdot \frac{P_{CO_2} M_{CO_2}}{RT}$.

AN. $\tau = \frac{2 \times (1,00 \cdot 10^{-3})^2}{9 \times 1,3 \cdot 10^{-3}} \times \frac{1,00 \cdot 10^5 \times 44,0 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times 298} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ s.}$

Le temps caractéristique τ est très faible, on peut donc négliger le régime transitoire et considérer que le bulle a tout le temps la vitesse limite \vec{v}_{lim} .

Q37. À chaque flash du stroboscope l'appareil photo imprime la position de la bulle. Le choix de la fréquence f_b détermine donc le temps entre deux positions successives de la bulle sur la photo. Il faut ainsi choisir f_b de façon à ce que la bulle reçoive plusieurs flashes durant sa montée.

Q38. En augmentant légèrement f_b on observerait des bulles plus rapprochées.
En diminuant légèrement f_b on observerait des bulles plus éloignées.

Q39. La vitesse moyenne v_n se calcule en divisant la distance parcourue Δh par le temps écoulé Δt .

La bulle n passe de la position $n - 1$ à $n + 1$ en trois flashes.

On a donc $v_n = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2 T_b} = f_b \cdot \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2}$

On retrouve bien la formule proposée.

Sur la figure 4 on lit $h_{n+1} - h_{n-1} = \frac{1,9}{1,6} \times 1,0 \text{ mm} = 1,2 \text{ mm.}$

La fréquence choisie est $f_b = 20 \text{ Hz.}$

On a donc $v_n = 20 \times \frac{1,2}{2} = 12 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}.$

Q40. On a montré à la question 33 : $v_{lim} = \frac{2r^2 \rho_{liq} g}{9\eta}$.

On a donc : $\log(v_{lim}) = \log\left(\frac{2\rho_{liq} g}{9\eta}\right) + 2 \log(r).$

Le tracé de $\log(r) \mapsto \log(v_{lim})$ est donc une droite, ce qui est confirmé par la figure 5.

Q41. On part de la formule $\frac{dn}{dt} = KS\Delta c \Rightarrow K = \frac{1}{S\Delta c} \cdot \frac{dn}{dt}$.

On réalise une analyse dimensionnelle : $[K] = [S]^{-1} \cdot [\Delta c]^{-1} \cdot \left[\frac{dn}{dt}\right] = [L]^{-2} \cdot [N]^{-1} \cdot [L]^{-3} \cdot [N] \cdot [T]^{-1} = [L] \cdot [T]^{-1}$

La grandeur K a la dimension d'une distance par un temps, i.e. la dimension d'une vitesse.

Q42. Loi des gaz parfaits : $PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow \frac{dn}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{PV}{RT}\right).$

R est une constante et $P = P_0 = 1,00 \text{ bar}$ est également une constante.

On considère que le vin n'a pas le temps de changer de température durant l'étude, donc T est une constante.

Enfin pour une bulle sphérique on a : $V = \frac{4}{3}\pi r^3.$

Donc : $\frac{dn}{dt} = \frac{P_0}{RT} \times \frac{4}{3}\pi \times \frac{d}{dt}(r^3) = \frac{P_0}{RT} \times 4\pi r^2 \times \frac{dr}{dt} = \frac{P_0 S}{RT} \cdot \frac{dr}{dt}$ avec $S = 4\pi r^2$ la surface d'une sphère de rayon r .

Q43. On isole le terme qui nous intéresse : $\frac{dr}{dt} = \frac{RT}{P_0 S} \cdot \frac{dn}{dt} = \frac{RT}{P_0 S} \times KS\Delta c = \frac{RT}{P_0} \cdot K\Delta c.$

On retrouve bien l'expression demandée : $\frac{dr}{dt} = \frac{RT}{P_0} \cdot K\Delta c.$

Q44. Sur une courte période de temps on peut considérer que les concentrations dans le vin sont constantes. On a alors $\Delta c = \text{cte.}$

On trouve alors $\frac{dr}{dt} = \text{cte}$ et la représentation $t \mapsto r(t)$ est bien une droite, ce qui est confirmé par la figure 7.

Q45. On peut considérer que plus le temps passe et plus la concentration en CO_2 dans le vin diminue. Ainsi $\frac{dr}{dt}$ diminue également lorsque le temps augmente.

On peut donc dire que la série de mesures blanche a été prise en premier et la série noir en second.

Q46. On mesure la pente des données blanches sur la figure 7 : $\frac{dr}{dt} = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{237}{1,0} = 2,4 \cdot 10^2 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

On utilise la formule : $K = \frac{P_0}{RT\Delta c} \cdot \frac{dr}{dt}$.

AN. $K = \frac{1,00 \cdot 10^5}{8,314 \times 298 \times 0,080 \cdot 10^3} \times 2,4 \cdot 10^2 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q47. Dans la formule $\frac{dr}{dt} = \frac{RT}{P_0} \cdot K\Delta c$ on a deux variables lors du vieillissement du vin. Avec l'âge et la fermentation il se forme du CO_2 . On a alors Δc qui augmente un peu et P_0 qui augmente grandement.

Avec un grand P_0 , la pente $\frac{dr}{dt}$ diminue et il se forme des bulles fines.

Ceci conforte l'assertion de l'énoncé.

Q48. On part de la formule : $D = \left(\frac{K}{0,63}\right)^{3/2} \times \frac{\tau}{\sqrt{v_{\text{lim}}}}$.

On a calculé : $K = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q46)

$$\tau = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ s} \text{ (Q36)}$$

$$v_{\text{lim}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (Q39)}$$

AN. $D = \left(\frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{0,63}\right)^{3/2} \times \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{1,2 \cdot 10^{-2}}} = 7,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$.

On trouve bien le même ordre de grandeur que la valeur proposée par l'énoncé.

Le résultat calculé est bien cohérent avec la mesure.

Q49. On part de la formule $W = \gamma\Delta S \Rightarrow \gamma = \frac{W}{\Delta S}$.

W est une énergie en joule

ΔS est une surface en mètre carré

Donc γ s'exprime en joule par mètre carré.

Rq. En unités fondamentales on a : $1 \text{ J} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ et alors γ est en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ (en utilisant la formule de l'énergie cinétique).

Par définition du travail : $W = \int \vec{F} \cdot \vec{d\ell}$ on trouve $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$.

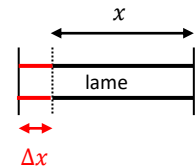
En remplaçant dans les unités de γ on retrouve bien qu'il s'exprime $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$.

Q50. La formule de l'énoncé s'écrit ici : $W = \gamma \times 2 \times \Delta x \times y$

où $2 \times \Delta x \times y = \Delta S$ l'augmentation de surface (car la lame a deux interfaces eau/air).

Cette énergie est apportée par travail de la force : $W = \int \vec{F} \cdot \vec{d\ell} = F \times \Delta x$.

D'où finalement : $F = 2\gamma y$.



Q51. Une balance classique mesure la masse à l'aide du poids.

À vide la balance ne mesure que le poids de l'eau et du récipient.

Lorsque le cylindre plonge dans l'eau une partie du poids est compensée par la potence et l'autre par la poussée d'Archimède qui va s'ajouter à ce que mesure la balance. Il s'ajoute également l'interaction entre l'eau et l'objet, i.e. la mouillabilité.

Q52. On nous donne la formule $F = p\gamma$ avec $p = 2\pi R$ (périmètre d'un cercle).

La force est mesurée par la balance : $F = \delta m \cdot g$.

On a donc : $\gamma = \frac{\delta m \cdot g}{2\pi R}$.

AN. $\gamma = \frac{1,81 \cdot 10^{-3} \times 9,81}{2\pi \times 27,2 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^{-1} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.

Q53. On nous donne la formule à utiliser : $u(\gamma) = \gamma \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\delta m)}{\delta m}\right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R}\right)^2}$.

AN. $u(\gamma) = 1,04 \cdot 10^1 \times \sqrt{\left(\frac{0,08}{1,81}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{27,2}\right)^2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.

Rq. $\gamma = 104 \pm 5 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$

Q54. Pour diminuer l'incertitude-type de γ on peut prendre un cylindre ayant un périmètre plus grand, on peut également utiliser une balance plus précise.

Q55. L'eau étant homogène et incompressible, on peut en déduire que sa masse volumique est constante.
 $\Rightarrow \rho_{\text{liq}} = \text{cte.}$

Q56. La relation de la statique des fluides s'écrit : $\frac{dP}{dz} = +\rho_{\text{liq}}g = \text{cte}$ (constante positive car z est la profondeur).

On intègre cette relation : $P(z) = \rho_{\text{liq}}gz + \text{cte}$

On sait qu'en $z = 0$ on a $P(0) = \text{cte} = P_0$ la pression atmosphérique.

Ainsi on a finalement : $P(z) = P_0 + \rho_{\text{liq}}gz$.

Q57. On cherche à calculer la surpression d'une bulle au fond d'une coupe de champagne par rapport à la pression atmosphérique.

On considère une coupe de champagne de hauteur $h = 10$ cm.

On considère que la masse volumique du champagne est celle de l'eau : $\rho_{\text{liq}} = 1,00 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Enfin on sait que pour que la bulle soit stable, il faut que sa pression soit égale à celle du liquide avec lequel elle est en équilibre.

La surpression s'écrit alors : $p(z) = P(z) - P_0 = \rho_{\text{liq}}gz$.

AN. $p(h) = 1,00 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 10 \cdot 10^{-2} = 9,8 \cdot 10^2 \text{ Pa} = 9,8 \text{ mbar}$.

On trouve une surpression très faible.

Q58. On part de l'expression donnée : $\Delta P = \frac{2\gamma}{R}$.

On prend, au moment de la libération de la bulle, un rayon $R = 30 \mu\text{m}$, en accord avec les différents documents précédents.

AN. $\Delta P = \frac{2 \times 50 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-6}} = 3,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 33 \text{ mbar}$.

On trouve une surpression plus importante que précédemment.

On a malgré tout le même ordre de grandeur.

Q59. L'eau est un solvant polaire, la molécule possède un moment dipolaire total. C'est également un solvant protique, la molécule peut faire des liaisons hydrogène.

L'affinité hydrophile peut donc être produite par une charge locale sur la molécule, donc par une interaction dipolaire, ou par la présence d'un site autorisant la mise en place d'une liaison hydrogène.

Q60. On réalise un bilan des forces sur la bulle : le poids \vec{P} ; la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$; les frottements \vec{f} .

On considère l'axe (Oz) ascendant.

En se plaçant dans le cas d'une vitesse limite constante, la deuxième loi de Newton s'écrit : $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{0} = \vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f}$.

En négligeant \vec{P} et en projetant sur l'axe \vec{e}_z : $0 = +\rho_{\text{liq}} \times \frac{4}{3}\pi r^3 \times g - \frac{1}{2}C_D \rho_{\text{liq}} \times \pi r^2 v_{\text{lim}}^2$.

D'où l'on isole : $C_D = \frac{8}{3} \cdot \frac{rg}{v_{\text{lim}}^2}$.

Les grandeurs r et v_{lim} sont bien mesurables sur la figure 4.

Q61. Lorsque $C_D^* = 1$, on a $C_D = C_{\text{rigide}}$. Cela correspond à une bulle complètement recouverte de tensio-actifs.

Lorsque $C_D^* = 0$, on a $C_D = C_{\text{libre}}$. Cela correspond à une bulle sans aucun tensio-actif.

Q62. Au fur et à mesure de l'ascension de la bulle, la proportion de surface recouverte de tensio-actifs diminue.

Comme le rayon de la bulle augmente, si on suppose que la quantité de tensio-actifs reste la même, le rapport entre la surface occupée par les tensio-actifs (qui reste constante) et la surface totale de la bulle (qui augmente) diminue.

Q63. L'argon appartient à la famille des gaz rares.

Il est situé dans la colonne 18.

L'argon étant inerte chimiquement, il est utilisé en chimie dans le cas de réactions en l'absence d'oxygène ; il est également utilisé dans les ampoules à incandescence car il ne réagit pas avec le filament à chaud (contrairement à l'air).

Q64. La transition laser a lieu entre E_4 et E_3 et produit le rayonnement λ .

La relation de Planck-Einstein permet d'écrire : $\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$.

On a donc : $E_4 = E_3 + \frac{hc}{\lambda}$ (en joule).

En électronvolts cela s'écrit : $E_4(\text{eV}) = E_3(\text{eV}) + \frac{hc}{\lambda e}$.

AN. $E_4(\text{eV}) = 34,0 + \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{514,5 \cdot 10^{-9} \times 1,60 \cdot 10^{-19}} = 36,4 \text{ eV}.$

Q65. L'émission stimulée est le phénomène consistant en la désexcitation d'un atome aidée par un photon possédant exactement l'énergie correspondant à cette désexcitation. Lors de ce phénomène le photon est dupliqué créant ainsi deux photons identiques et indiscernables.

La lumière est amplifiée à condition qu'il y ait plus d'émission que d'absorption. Pour cela il faut qu'il y ait inversion de population, i.e. que la population du niveau ε_4 soit supérieure à celle du niveau ε_3 .

Q66. La cavité optique permet aux photons produits de faire des aller-retours dans le milieu et ainsi d'être dupliquer un grand nombre de fois.

Le miroir de sortie ne doit pas être complètement réfléchissant pour permettre au faisceau laser de quitter la cavité et d'être exploitable. Il faut cependant qu'il reste très réfléchissant pour autoriser un grand nombre d'aller-retours.

Q67. Un rayonnement laser est directif, monochromatique, cohérent et puissant.

Q68. On note dans le cas de la flûte gravée qu'il y a une plus grande production de bulles à la base de la flûte. La gravure permet donc d'argumenter la production de bulles.

Q69. Dans le cas de la coupe on observe un écoulement laminaire au centre puis des tourbillons de part et d'autre de l'écoulement central.

Q70. Comme source de champ magnétique on peut citer les aimants permanents ou les électro-aimants par exemple. On peut également citer la Terre elle-même.

Pour fabriquer un champ de l'ordre de la dizaine de teslas, on peut utiliser un électro-aimant.

Q71. On réalise un bilan des forces sur la particule étudiée :

- le poids \vec{P} que l'on va négliger ici devant la force magnétique
- la force de Lorentz : $\vec{F}_L = q \vec{v} \wedge \vec{B} = ze(v\vec{e}_z) \wedge (B_0\vec{e}_z) = zevB_0\vec{n}$ (le signe choisi dépend de l'orientation de \vec{e}_z)

La deuxième loi de Newton s'écrit : $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{F}_L \simeq \vec{F}_L$

D'où : $\frac{dv}{dt}\vec{e}_r + \frac{v^2}{r}\vec{n} = \frac{|z|e}{m}vB_0\vec{n}.$

En projetant selon \vec{e}_r on obtient : $\frac{dv}{dt} = 0$ et on montre que la vitesse est constante.

En projetant selon \vec{n} on obtient : $\frac{v}{r} = \frac{|z|}{m}eB_0.$

La vitesse angulaire s'écrit $\omega_B = \frac{v}{r}$. C'est une constante car v et r sont constants.

On a donc : $\omega_B = \frac{|z|}{m}eB_0.$

Q72. On peut déduire de la question précédente que tous les ions analysés auront un mouvement circulaire uniforme mais pour lequel la vitesse angulaire dépendra du rapport $\frac{|z|}{m}$ de l'ion analysé.

Q73. Sur la figure 10, on mesure 12,2 cm pour 15 périodes. Cela correspond à 18,2 μs .
 On considère que l'erreur de mesure est de 0,1 cm, ce qui correspond à 0,2 μs .
 On obtient donc : $15T = 18,2 \pm 0,2 \mu\text{s}$.
 Et ainsi : $T = 1,21 \pm 0,02 \mu\text{s}$.

Q74. On utilise la formule : $\omega_B = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{|z|}{m} eB_0 = \frac{2\pi}{T}$.

D'où : $\frac{m}{|z|} = \frac{eB_0 T}{2\pi}$.

AN. $\frac{m}{|z|} = \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \times 12,0 \times 1,21 \cdot 10^{-6}}{2\pi} = 3,70 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$.

Or 1 u.a. = $1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Donc finalement : $\frac{m}{|z|} = 223 \text{ u.a.}$

Q75. On utilise la formule : $u\left(\frac{m}{|z|}\right) = \frac{m}{|z|} \sqrt{\left(\frac{u(B_0)}{B_0}\right)^2 + \left(\frac{u(T)}{T}\right)^2}$.

AN. $u\left(\frac{m}{|z|}\right) = 223 \sqrt{\left(\frac{0,1}{12,0}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{1,21}\right)^2} = 5 \text{ u.a.}$ (on majore le résultat car c'est une incertitude).

On a donc : $\frac{m}{|z|} = 223 \pm 5 \text{ u.a.}$

L'intervalle trouvé prend bien en compte les valeurs de la figure 11.

Q76. Sur les spectres de la figure 11, on note deux amplitudes qui sont fortement différentes au cœur de la flûte et dans les gouttelettes. Ce sont les pics pour lesquels $\frac{m}{|z|}$ vaut 225,1860 et 227,2016. En plus petite proportion il y a un pic pour $\frac{m}{|z|}$ valant 225,1496.

Q77. Ces deux pics précédemment cités, correspondant à $\text{C}_{14}\text{H}_{26}\text{O}_2$, i.e. l'acide myristoléique, et à $\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$, i.e. l'acide tétradécanoïque.

Le dernier pic cité correspond à $\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}_3$, i.e. le blumenol B.

Par l'odorat on est donc susceptible de capter un arôme herbacé ainsi qu'en plus faible quantité un arôme fruité.

Q78. Après une vingtaine de minutes on pourra constater la présence des arômes olfactifs de façon précise au-dessus du champagne. On pourra également constaté que l'apport en bulles diminuant, ces arômes auront tendances à être moins présents.