

Partie A – Étude énergétique1. $E_{PP} = m \cdot g \cdot y$ devient en Python $E_{pp} = m * g * y[i]$ $E_m = E_c + E_{pp}$ devient en Python $E_m = E_c + E_{pp}$

2. Dans les premières secondes de la chute, son altitude augmente tandis que sa vitesse diminue.

Ainsi son énergie potentielle ($E_{pp} = m \times g \times z$) augmente et son énergie cinétique ($E_c = \frac{1}{2} m \times v^2$) diminue.

La courbe en pointillés est d'abord décroissante : c'est bien celle de l'énergie cinétique.

3. $E_c(t=0) = \frac{1}{2} m \times v^2(t=0) \Leftrightarrow v(t=0) = \sqrt{\frac{2 \times E_c(t=0)}{m}}$

D'après la courbe 3., $E_c(t=0) \approx 190 \text{ J}$ soit $1,9 \times 10^2 \text{ J}$ vu la faible précision de la lecture.

Ainsi $v_0 = \sqrt{\frac{2 \times 1,9 \times 10^2}{70}} = 2,3 \text{ m.s}^{-1}$.

4. L'énergie mécanique d'un système se conserve si celui-ci n'est soumis qu'à des forces conservatives et/ou des forces dont le travail est nul.

Ici, le plongeur est soumis à son poids qui est une force conservative, et à la force de frottement de l'air qui n'est pas une force conservative.

On en déduit que les frottements sont négligeables pour $t \leq 0,4 \text{ s}$ mais qu'ils ne le sont plus après car l'énergie mécanique diminue.5. Après 0,4 s, on constate que plus l'énergie cinétique ($E_c = \frac{1}{2} m \times v^2$) augmente et plus l'énergie mécanique diminue. La masse du plongeur étant constante, on peut faire le lien entre l'augmentation de la vitesse et l'importance de la diminution de l'énergie mécanique.

En conclusion, plus la vitesse du plongeur est élevée et plus importants sont les frottements (ce que l'on constate facilement en sortant la main d'une voiture en mouvement).

Partie B – Étude cinématique

6. En appliquant les instructions des lignes 24 et 25 du code Python :

$$v_{0x} = \frac{x(t=0,033) - x(t=0)}{0,033 - 0} = \frac{0,050 - 0}{0,033 - 0} = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_{0y} = \frac{y(t=0,033) - y(t=0)}{0,033 - 0} = \frac{0,060 - 0}{0,033 - 0} = 1,8 \text{ m.s}^{-1}$$

7. On a : $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \times \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \times \sin \alpha \end{cases}$ avec $v_0 = 2,3 \text{ m.s}^{-1}$ d'après la question 3.

$$\text{Donc } \begin{cases} \cos \alpha = \frac{v_{0x}}{v_0} \\ \sin \alpha = \frac{v_{0y}}{v_0} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha = \arccos\left(\frac{v_{0x}}{v_0}\right) \\ \alpha = \arcsin\left(\frac{v_{0y}}{v_0}\right) \end{cases} \text{ soit } \begin{cases} \alpha = \arccos\left(\frac{1,5}{2,3}\right) = 49^\circ \\ \alpha = \arcsin\left(\frac{1,8}{2,3}\right) = 52^\circ \end{cases}$$

Les deux valeurs de α trouvées sont bien de l'ordre de 50° .

Autre méthode : $\frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{v_0 \times \sin \alpha}{v_0 \times \cos \alpha} = \tan \alpha$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{v_{0y}}{v_{0x}}\right)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{1,8}{1,5}\right) \text{ donc } \alpha = 50^\circ$$

8. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton ($\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$) au système {plongeur} dans le référentiel terrestre considéré galiléen : $\vec{P} = m \times \vec{g} = m \times \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$.

9. Donc $\vec{a} \begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_y = g_y = -g \end{cases}$

Par définition, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on primitive les coordonnées de \vec{a} pour obtenir les coordonnées de \vec{v} en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = (v_0 \times \cos \alpha) \\ v_{0y} = (v_0 \times \sin \alpha) \end{cases}]{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} : \text{on primitive}} \vec{v} \begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos \alpha) \\ v_y = -g \times t + (v_0 \times \sin \alpha) \end{cases}$$

10. Par définition, $\vec{v} = \frac{d\vec{OP}}{dt}$, on primitive les coordonnées de \vec{v} pour obtenir les coordonnées de \vec{OP} en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos \alpha) \\ v_y = -g \times t + (v_0 \times \sin \alpha) \end{cases} \xrightarrow[\text{C.I. : } \vec{OP} \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}]{\vec{v} = \frac{d\vec{OP}}{dt} : \text{on primitive}} \vec{OP} \begin{cases} x = (v_0 \times \cos \alpha) \cdot t + 0 \\ y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + (v_0 \times \sin \alpha) \cdot t + 0 \end{cases}$$

$$11. \begin{cases} x(t) = (v_0 \times \cos \alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \times t^2 + (v_0 \times \sin \alpha) \times t \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{x}{(v_0 \times \cos \alpha)} \\ y = -\frac{1}{2} g \times \frac{x^2}{(v_0 \times \cos \alpha)^2} + (v_0 \times \sin \alpha) \times \frac{x}{(v_0 \times \cos \alpha)} \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire est un polynôme du second degré :

$$y(x) = -\frac{1}{2} g \times \frac{x^2}{(v_0 \times \cos \alpha)^2} + (\tan \alpha) \times x, \text{ ce qui est compatible avec l'allure parabolique de la}$$

trajectoire représentée sur la figure1.

12. Le plongeur touche la surface de l'eau pour $y = -h$.

En reprenant l'équation horaire de la question 10. : $y(t) = -\frac{1}{2} g \times t^2 + (v_0 \times \sin \alpha) \times t = -h$

Avec : $-\frac{1}{2} g = -\frac{1}{2} \times 9,81 = -4,9$; $v_0 \times \sin \alpha = 1,8$ (question 6.) ; $h = 28$ (énoncé)

Donc $-4,9t^2 + 1,8t = -28 \Leftrightarrow -4,9t^2 + 1,8t + 28 = 0$

On retrouve l'équation (1) demandée.

13. Dans l'hypothèse de la chute libre, on retient pour la valeur de la durée de chute la solution positive (la solution négative n'a pas de réalité physique) : $t_2 = 2,58 \text{ s}$.

Pour vérifier si cette valeur est en accord avec la durée expérimentale $\Delta t_{\text{exp}} = 2,8 \text{ s}$, calculons

$$\text{l'écart normalisé (z-score)} : z\text{-score} = \frac{|\Delta t_{\text{exp}} - t_2|}{u(\Delta t_{\text{exp}})} = \frac{|2,8 - 2,58|}{0,3} = 0,73.$$

L'écart normalisé est inférieur à 2 donc les deux valeurs sont en accord.

14. Dans l'étude prédictive, $t_2 = 2,58 \text{ s}$ or $v(t_2) = \sqrt{v_x^2(t_2) + v_y^2(t_2)}$.

En reprenant les expressions de v_x et v_y de la question 9. :

$$v_x(t_2) = v_0 \times \cos \alpha = v_{0x} = 1,5 \text{ m.s}^{-1} \text{ d'après la question 6.}$$

$$v_y(t_2) = -g \times t_2 + v_0 \times \sin \alpha = -g \times t_2 + v_{0y} = -9,81 \times 2,58 + 1,8 = -23,5 \text{ m.s}^{-1} \text{ d'après la question 6.}$$

$$\text{Finalement : } v(t_2) = \sqrt{1,5^2 + (-23,5)^2} = 23,55 \text{ m.s}^{-1} \text{ ce qui est de l'ordre de } 24 \text{ m.s}^{-1} \text{ avec 2 CS.}$$

15. L'article introductif mentionne une vitesse de 90 km.h^{-1} soit $\frac{90}{3,6} = 25 \text{ m.s}^{-1}$ qui est donc relativement proche des 24 m.s^{-1} trouvés précédemment.

16. Version « simple » : par définition, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ que l'on va considérer ici proche de $a = \frac{|\Delta v|}{\Delta t}$

$$a = \frac{|0 - 23,55|}{0,5} = 47 \text{ m.s}^{-2} \text{ soit environ 5 fois l'accélération de la pesanteur ce qui est loin d'être négligeable.}$$

Version « rigoureuse » : par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, par projection sur l'axe Oy on obtient $a_y = \frac{dv_y}{dt}$.

On considère que le mouvement est uniformément ralenti $a_y = \frac{\Delta v_y}{\Delta t}$.

$$a_y = \frac{0 - 23,55}{0,5} = -47 \text{ m.s}^{-2} \quad \text{Rq : } a_y < 0 \text{ car le vecteur } \vec{a} \text{ est orienté vers le haut (freinage).}$$

$$a = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{0^2 + (-47)^2} = 47 \text{ m.s}^{-2} \text{ soit environ 5 fois l'accélération de la pesanteur ce qui est loin d'être négligeable.}$$

Partie A – Concentration en érythrosine dans la solution contenue dans la boîte de cerise

1. On choisit une longueur d'onde où l'espèce à doser absorbe beaucoup ; ici on choisira $\lambda_m = 520$ nm.

2. D'après la loi de Beer-Lambert, $A = \varepsilon \times l \times c \Leftrightarrow c = \frac{A}{\varepsilon \times l}$

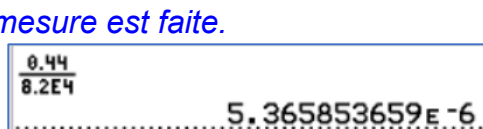
On considère que l'érythrosine E est la seule espèce qui

absorbe la lumière donc $[E] = \frac{A}{\varepsilon \times l}$

Vu que les valeurs de ε et de l sont connues, la mesure de A permettra de déterminer $[E]$.

Remarque : la valeur du coefficient d'absorption molaire ε dépend de la longueur d'onde, il faut donc comprendre que la valeur donnée est celle à laquelle la mesure est faite.

$$3. [E] = \frac{0,44}{8,2 \times 10^4 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1} \times 1,0 \text{ cm}} = 5,4 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

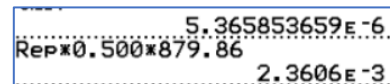


4. La DJA est 0,1 mg/kg de masse corporelle donc une personne de 50 kg peut consommer $50 \times 0,1 = 5$ mg de E par jour.

Or $n(E) = [E] \times V$ et $m(E) = n(E) \times M(E)$ donc $m(E) = [E] \times V \times M(E)$

$$m(E) = 5,4 \times 10^{-6} \times 500 \times 10^{-3} \times 879,86 = 2,4 \times 10^{-3} \text{ g} = 2,4 \text{ mg}$$

Cette valeur étant inférieure aux 5 mg calculés plus haut, une personne de 50kg peut effectivement consommer la totalité de la solution sans risque pour la santé.

**Partie B – Cinétique de la décoloration de l'érythrosine par l'eau de Javel**

5. En lisant le protocole, on constate que la solution S_1 est préparée par dilution S_0 .

Déterminons d'abord la concentration en ions ClO^- dans la solution mère S_0 .

Les résultats intermédiaires ne seront pas arrondis.

Considérons un volume de solution $V_s = 1,000$ L (valeur exacte).

Ce volume de solution a une masse $m_s = 1095$ g (car la masse volumique vaut 1095 g.L^{-1}).

Elle contient 4,8% en masse de ClO^- soit $m(\text{ClO}^-) = \frac{4,8}{100} \times 1095 = 52,56$ g.

Cela correspond à une quantité de matière $n(\text{ClO}^-) = \frac{m(\text{ClO}^-)}{M(\text{ClO}^-)} = \frac{52,56}{35,5 + 16,0} = 1,02$ mol.

Ainsi, $C_0 = C(\text{ClO}^-) = \frac{n(\text{ClO}^-)}{V_s} = \frac{1,02}{1,000} = 1,02 \text{ mol.L}^{-1}$ pour la solution S_0 .

Lors de la dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $n = C_0 \times V_0 = C_1 \times V_j$

$$\text{Donc } C_1 = \frac{C_0 \times V_0}{V_j}$$

Conclusion $C_1 = \frac{1,02 \times 30}{100} = 0,306 \text{ mol.L}^{-1} \approx 0,31 \text{ mol.L}^{-1}$ (2 CS comme le 4,8% précédent)

6. $n_{Ei} = [E] \times V_E$ soit $n(E)_i = 5,4 \times 10^{-6} \times 5,0 \times 10^{-3} = 2,7 \times 10^{-8} \text{ mol}$

$n_{Hi} = C_1 \times V_1$ soit $n(H)_i = 3,1 \times 10^{-1} \times 5,0 \times 10^{-3} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

En tenant compte de la stœchiométrie de l'équation 1 :

$\frac{n_{Hi}}{1} \gg \frac{n_{Ei}}{1}$ donc les ions hypochlorite ClO^- sont en en large excès.

$1.02 \times 30 / 100$	$3.06 \text{E}-1$
$\text{Rep} \times 5 \text{E}-3$	$1.53 \text{E}-3$

7. Par définition : $v = v_{\text{disp}}(E) = -\frac{d[E]}{dt}$

8. Dans le cas d'une loi de vitesse d'ordre 1 (par rapport à E), la vitesse de disparition de E est proportionnelle à sa concentration : $v = v_{\text{disp}}(E) = k \times [E]$.

9. Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ correspond à la durée pour que l'avancement atteigne la moitié de son évolution finale.

Ici, E étant le réactif limitant et la transformation étant totale, $[E]_{\infty} = 0$ ainsi $[E](t_{1/2}) = \frac{1}{2} \times [E]_0$.

Or $[E](t) = [E]_0 \times e^{-k \times t}$ donc $[E](t_{1/2}) = [E]_0 \times e^{-k \times t_{1/2}}$.

En égalant les deux expressions de $[E](t_{1/2})$: $[E](t_{1/2}) = \frac{1}{2} \times [E]_0 = [E]_0 \times e^{-k \times t_{1/2}}$.

Donc $\frac{1}{2} = e^{-k \times t_{1/2}}$, en appliquant la fonction ln de chaque côté de l'égalité, il vient :

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln(e^{-k \times t_{1/2}})$$

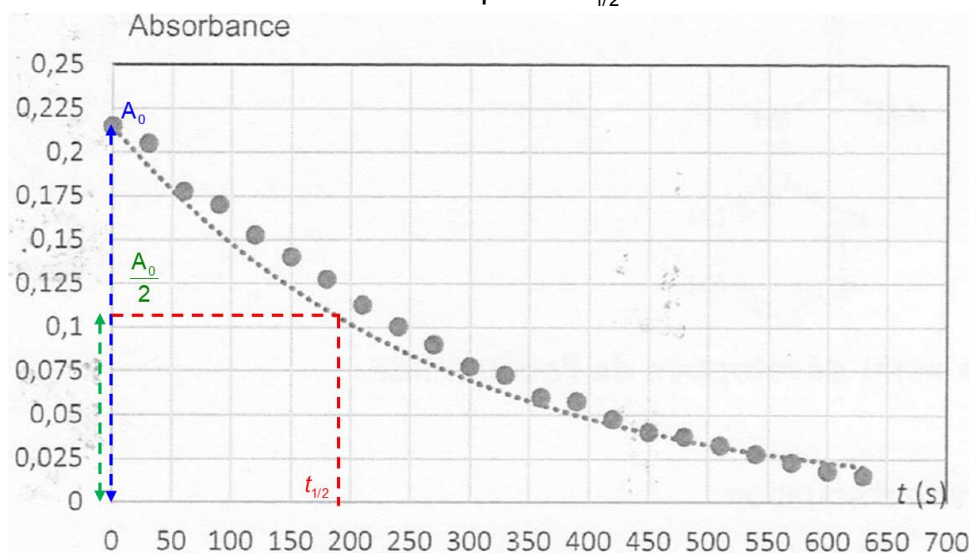
$$\ln(1) - \ln(2) = -k \cdot t_{1/2}$$

$$\ln(2) = k \cdot t_{1/2} \text{ donc } t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}.$$

10. D'après la question 2., $[E] = \frac{A}{\epsilon \times l}$ avec ϵ et l constantes durant l'expérience.

Ainsi A et $[E]$ sont proportionnelles : si l'évolution de $[E]$ suit une loi de décroissance exponentielle, l'évolution de A suit une loi de décroissance exponentielle également.

11. En reprenant la définition du temps de demi-réaction donnée à la question 9., on se cherche la date à laquelle l'absorbance initiale a été divisée par 2 : $t_{1/2} = 190 \text{ s}$



Rq : c'est similaire au temps de demi-vie étudié en ES et qui sera revu (peut-être) en EDS après l'examen. Graphiquement, il suffit de mesurer la distance entre 0 et A0 sur le papier et de la diviser par 2.

Conclusion : on peut considérer que l'action décolorante de l'eau de Javel est assez rapide vu qu'en 3 minutes environ, la moitié du colorant a disparu.

Autre méthode : En reprenant la modélisation de la courbe donnée par le tableur

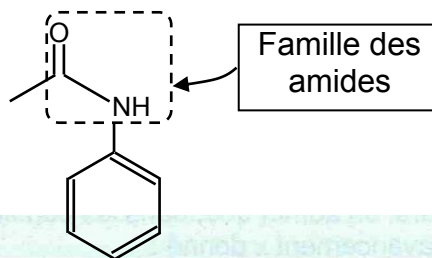
$$A = 0,215 \times e^{-0,0036 \times t} \text{ donc } k = 0,0036 \text{ s}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k} \text{ donc } t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{0,0036} = 1,9 \times 10^2 \text{ s}$$

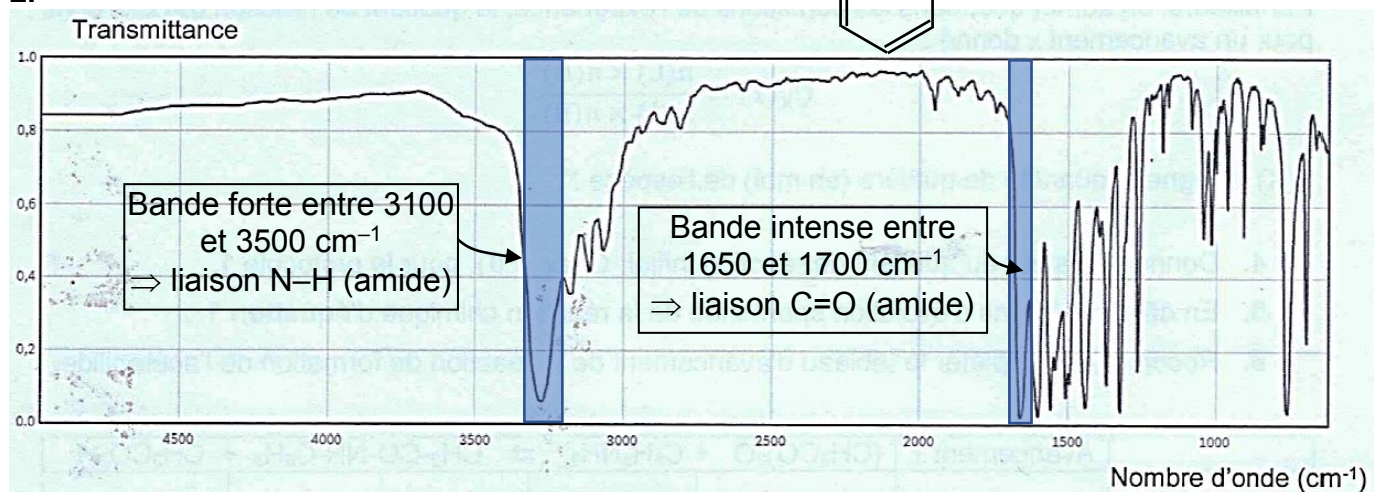
Exercice 3 – L'ACÉTANILIDE, MÉDICAMENT ANTIPIRÉTIQUE (4,5 points)

La molécule d'acétanilide

1. Formule topologique de l'acétanilide :



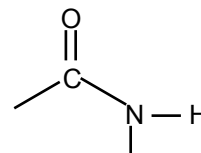
2.



Le spectre infrarouge de l'acétanilide présente :

- une bande associée à la liaison N–H (amide)
- une bande associée à la liaison C=O (amide).

Les deux liaisons N–H et C=O appartiennent bien au groupe amide :



Étude du protocole 1

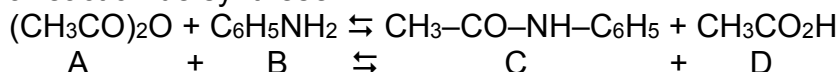
3. Quantité initiale des réactifs :

$$n(A)_i = \frac{m_A}{M_A} = \frac{\rho_A \times V_A}{M_A} \quad \text{soit} \quad n(A)_i = \frac{1,08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 15,0 \text{ mL}}{102,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,159 \text{ mol.}$$

$$n(B)_i = \frac{m_B}{M_B} = \frac{\rho_B \times V_B}{M_B} \quad \text{soit} \quad n(B)_i = \frac{1,02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 14,5 \text{ mL}}{93,13 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,159 \text{ mol.}$$

$$\begin{array}{l} 1.08 \times 15.0 / 102.09 \\ = 0.1586835145 \\ 1.02 \times 14.5 / 93.13 \\ = 0.1588102652 \end{array}$$

L'équation 1 de la réaction de synthèse

montre que 1 mole de A réagit avec 1 mole de B soit : $\frac{n(A)_i}{1} = \frac{n(B)_i}{1}$.

Les réactifs du protocole 1 sont bien mélangés dans les proportions stœchiométriques.

4. Quotient de réaction initial : $Q_R(x=0) = \frac{n(C)_i \times n(D)_i}{n(A)_i \times n(B)_i}$.Or $n(C)_i = n(D)_i = 0 \text{ mol}$ donc $Q_R(x=0) = 0$.5. Comme $Q_R(x=0) < K = 1,0$ le système chimique évolue spontanément dans le **sens direct** de la réaction de synthèse (Critère d'évolution spontanée).

6. Tableau d'avancement :

	Avancement x	$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-CO-NH-C}_6\text{H}_5 + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$			
État initial	$x = 0$	$n(\text{A})_i$	$n(\text{B})_i$	0	0
État final	x_f	$n(\text{A})_i - x_f$	$n(\text{B})_i - x_f$	x_f	x_f

7. Pour une réaction totale, $x_f = x_{\max}$.

Le mélange initial étant stœchiométrique, les deux réactifs seraient totalement consommés

$$\text{et } x_{\max} = \frac{n(\text{A})_i}{1} = \frac{n(\text{B})_i}{1} = \mathbf{0,159 \text{ mol.}}$$

La masse maximale théorique du produit C obtenue serait :

$$m_{\max} = x_{\max} \times M_C \text{ soit } m_{\max} = 0,159 \times 135,17 \text{ g} = \mathbf{21,5 \text{ g.}}$$

$$0.159 \times 135.17 = 21.49203$$

8. Rendement : $r = \frac{m_C}{m_{\max}}$ soit $r = \frac{10,7}{21,5} = 0,498 = \mathbf{49,8 \%}$ donc environ 50 %.

$$10.7/21.5 = 0.4976744186$$

$$9. \quad Q_R(x = x_f) = \frac{n(\text{C})_f \times n(\text{D})_f}{n(\text{A})_f \times n(\text{B})_f}$$

Avec $n(\text{C})_f = n(\text{D})_f = x_f$, $n(\text{A})_f = n(\text{A})_i - x_f$ et $n(\text{B})_f = n(\text{B})_i - x_f$.

$$\text{donc : } Q_R(x = x_f) = \frac{x_f^2}{(n(\text{A})_i - x_f) \times (n(\text{B})_i - x_f)}$$

$$\text{et comme } n(\text{A})_i = n(\text{B})_i \text{ alors } Q_R(x = x_f) = \frac{x_f^2}{(n(\text{A})_i - x_f)^2}$$

$$\text{ou encore : } Q_R(x = x_f) = \left(\frac{x_f}{n(\text{A})_i - x_f} \right)^2$$

$$10. \quad \text{Or } x_f = \frac{m_C}{M_C} \text{ donc : } Q_R(x = x_f) = \left(\frac{\frac{m_C}{M_C}}{n(\text{A})_i - \frac{m_C}{M_C}} \right)^2$$

$$\text{soit } Q_R(x = x_f) = \left(\frac{\frac{10,7}{135,17}}{\frac{1,08 \times 15,0}{102,09} - \frac{10,7}{135,17}} \right)^2 = 0,991 \approx 1,0 = K.$$

$$\left(\frac{10.7/135.17}{(1.08 \times 15.0)/102.09 - 10.7/135.17} \right)^2 = 0.9908574402$$

L'état d'équilibre final est atteint.

Les protocoles 2 et 3

Dean Stark explications en vidéo https://youtu.be/_zbHeEtRTZw

11. Protocole 2 : l'appareil de DEAN-STARKE adapté au chauffage à reflux, élimine un produit au cours de sa formation (énoncé) et évite ainsi la réaction inverse ce qui permet d'optimiser le rendement qui passe de 50 % (protocole 1) à 100 %.

Protocole 3 : le réactif A est introduit en excès devant le réactif B. Le rendement de la synthèse passe alors à 67 %, valeur supérieure à 50 %. Introduire un réactif en excès devant l'autre permet d'optimiser le rendement.

12. Le protocole 2 est le plus intéressant car son rendement est maximal à 100 %.