

Exercice 1 : Toboggan de plage

1. Mouvement de l'enfant entre D et O :

vitesse initiale nulle

Q1 : $E_{m,D} = \cancel{E_{c,D}} + E_{pp,D}$ 0 (énoncé)
 $= m \cdot g \cdot (y_D - y_O) + \cancel{E_{pp,O}}$

$\Rightarrow \boxed{E_{m,O} = m \cdot g \cdot h}$

Q2 : $E_{m,O} = E_{c,O} + \cancel{E_{pp,O}}$ 0 (énoncé)

$\Rightarrow E_{m,O} = \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$

Q3 : Bilan des forces extérieures

- poids de l'enfant \vec{P} → force conservatrice
 - réaction du support \vec{R} → force ne travaillant pas (toujours perpendiculaire à la trajectoire)
 - force de frottement \vec{f} → force négligée
- } le système est conservatif.

D'après le théorème de l'énergie mécanique

$E_{m,O} = E_{m,D} \Rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \boxed{v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}$

AN $v_0 = 10 \cdot m \cdot s^{-1}$

Q4 : Les frottements ne sont pas négligeables.

Q5 : Théorème de l'énergie mécanique :

$E_{m,O} - E_{m,D} = W_{DO}(\vec{f})$

$\boxed{W_{DO}(\vec{f}) = \frac{1}{2} m \cdot v_{0, \text{vrai}}^2 - m \cdot g \cdot h}$

AN : $W_{DO}(\vec{f}) = -1,3 \times 10^3 \text{ J}$

Etude de la chute dans l'eau :

• Bilan des Forces extérieures : - poids $\vec{P} = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix}$

Q6 : voir schéma en haut.

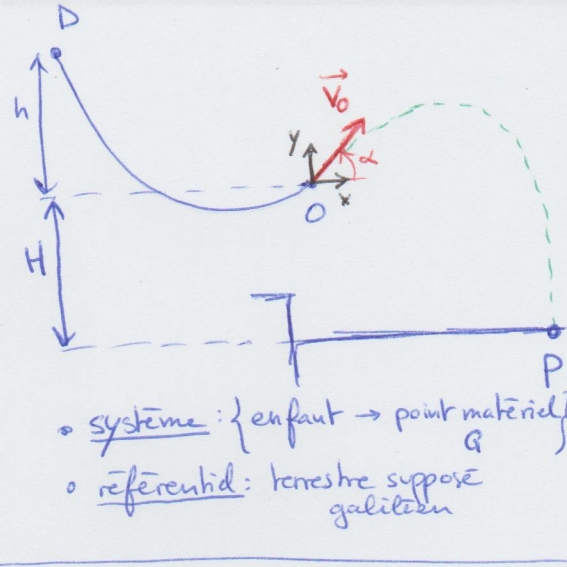
• autres forces négligées : chute libre!

Deuxième loi de Newton pour un système fermé :

$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$

$\vec{P} = m \cdot \vec{a}$

$\Rightarrow \boxed{\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}}$



Q7: Puisque $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, en intégrant:

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} v_x(t) = \cancel{v_0 \cos(\alpha)} \\ v_y(t) = -g \cdot t + \cancel{v_0 \sin(\alpha)} \end{pmatrix}$$

car conditions initiales sur la vitesse.

$$\begin{cases} v_{x0} = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_{y0} = v_0 \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$$

Q8: Puisque $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$, en intégrant:

$$\vec{OG} = \begin{pmatrix} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t + \cancel{0} \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + \cancel{\frac{v_0 \sin(\alpha)}{g}} \end{pmatrix}$$

condition initiale sur la position

Q9: On peut écrire

$$t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} \quad \text{donc en remplaçant dans } y(t):$$

$$y(x) = -\frac{1}{2} g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha) \cdot x$$

Q10: x_p obtenue pour $y(x_p) = -H$

$$-\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2(\alpha)} \cdot x_p^2 + \tan(\alpha) \cdot x_p + H = 0$$

$$\Leftrightarrow \boxed{x_p = 2,8 \text{ m}} \quad \text{ou } x_p = -0,66 \text{ m}$$

ou garde la solution positive (physique...)

Q11: Méthode énergétique: chute libre \rightarrow mouvement conservatif

D'après le théorème de l'énergie mécanique:

$$E_{m,p} - E_{m,o} = 0$$

$$\left(\frac{1}{2} m \cdot v_p^2 + m \cdot g \cdot y_p \right) - \left(m \cdot g \cdot y_0 + \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 \right) = 0$$

$$\boxed{v_p = \sqrt{2 \cdot g \cdot H + v_0^2}} \quad \text{AN: } v_p = 5,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Méthode "PFD": On cherche t_p grâce à $y(t_p) = -H$ ou $x(t_p) = x_p$ \leftarrow plus simple mais attention aux arrondis.

$$\Rightarrow t_p = \frac{x_p}{v_0 \cdot \cos(\alpha)}$$

$$v_x(t_p) = v_0 \cdot \cos(\alpha)$$

$$v_y(t_p) = -g \times \frac{x_p}{v_0 \cos(\alpha)} + v_0 \cdot \sin(\alpha)$$

$$\left. \begin{matrix} v_x(t_p) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_y(t_p) = -g \times \frac{x_p}{v_0 \cos(\alpha)} + v_0 \cdot \sin(\alpha) \end{matrix} \right\} \|\vec{v}\| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 \cos^2(\alpha) + \left(-g \cdot \frac{x_p}{v_0 \cos(\alpha)} + v_0 \sin(\alpha)\right)^2}$$

$$\text{AN: } v_p = 5,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Exercice 1bis : Des toboggans sous contrôle.

Q56 : On sait que l'altitude est proportionnelle à l'angle θ .

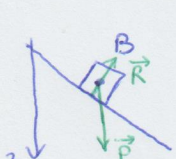
En $\theta=0, z=0$ et en $\theta_{\text{arrivée}} = 2,3 \times 2\pi, z_{\text{arrivée}} = h$

$$\Leftrightarrow \boxed{z = \frac{h}{2,3 \times 2\pi} \times \theta} \Rightarrow \alpha = \frac{h}{2,3 \times 2\pi} = 0,28 \text{ m} \cdot \text{rad}^{-1}$$

Q57 * système : { baigneur }_B

* référentiel : terrestre, supposé galiléen (repère cylindrique $\vec{u}_r, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z$)

* bilan des forces extérieures :



- poids $\vec{P} = +m \cdot g \cdot \vec{u}_z$ ← force conservative
- réaction du support \vec{R} ← \perp trajectoire: \vec{R} ne travaille pas
- Frottement négligés.

} système conservatif

D'après le théorème de l'énergie mécanique

$$E_m(\text{départ}) = E_m(\text{arrivée})$$

$$E_c(\text{départ}) + E_{pp}(\text{départ}) = E_c(\text{arrivée}) + E_{pp}(\text{arrivée})$$

$$0 + E_{pp}(\text{départ}) = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{arrivée}}^2 + E_{pp}(\text{arrivée})$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{arrivée}}^2 = -\Delta E_{pp} = +mgh. \quad (\text{axe orienté vers le bas})$$

$$\boxed{v_{\text{arrivée}} = \sqrt{2gh}}$$

$$\text{AN: } v_{\text{arrivée}} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 40} = 8,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Q58 : Principe fondamental de la dynamique (système fermé):

$$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}$$

Sur z' : accélération nulle (contact maintenu entre le baigneur et le toboggan)

$$+ P \cdot \cos(\beta) - R = 0 \Rightarrow R = \cos(\beta) \times P$$

$$\text{Sur } z: m \cdot a_z = P - R \cos(\beta)$$

$$\Leftrightarrow a_z = g(1 - \cos^2(\beta))$$

$$a_z = \frac{dv_z}{dt} \Leftrightarrow v_z(t) = g \cdot (1 - \cos^2(\beta)) \cdot t + \cancel{v_z(0)} \quad \text{conditions initiales.}$$

$$v_z = \frac{dz}{dt} \Leftrightarrow z(t) = \frac{1}{2} g \cdot (1 - \cos^2(\beta)) \cdot t^2 + \cancel{z(0)} \quad \text{conditions initiales.}$$

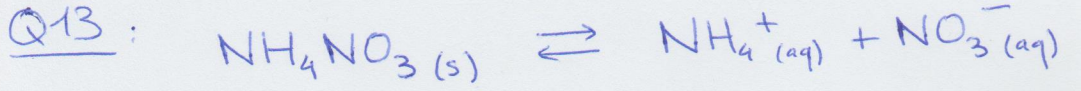
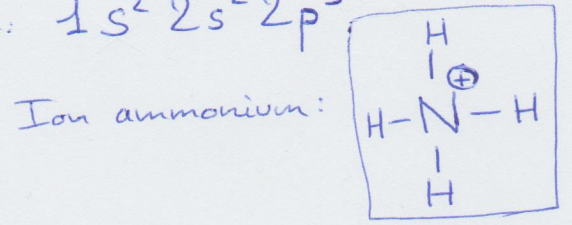
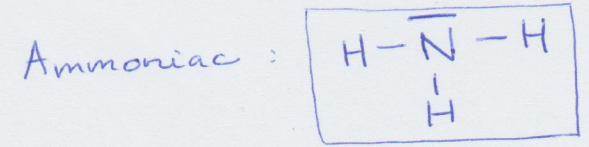
$$z(t_p) = h \Rightarrow \text{temps de parcours } \boxed{t_p = \sqrt{\frac{2h}{g(1 - \cos^2(\beta))}}}$$

$$\text{AN: } t_p = 6,6 \text{ s}$$

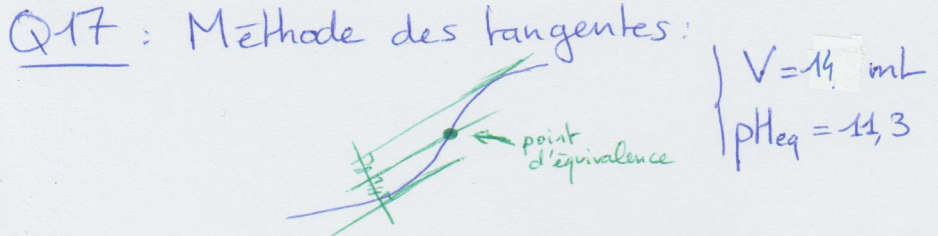
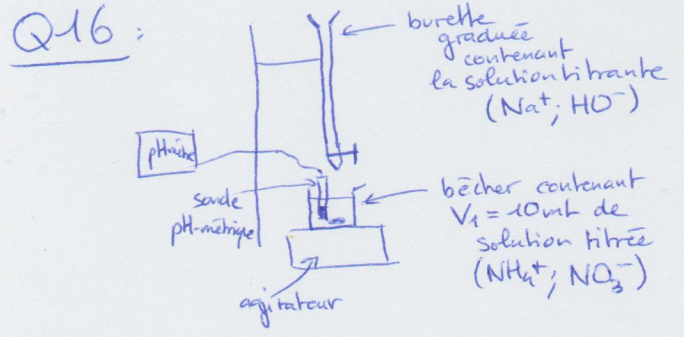
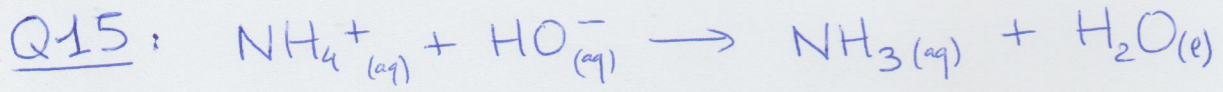
$$\Rightarrow \boxed{t_f = t_p + t_m = 11,6 \text{ s}}$$

Exercice: Teneur en élément azote d'un engrais.

Q12: $Z = 7 \Rightarrow$ structure électronique: $1s^2 2s^2 2p^3$



Q14: L'ion ammonium NH_4^+ est un acide selon Bronsted. il peut céder un ion H^+ pour devenir sa base conjuguée, l'ammoniac NH_3 .
 \Rightarrow couple: $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$



Q18: A l'équivalence, les réactifs ont été introduits en proportion stoechiométriques. NH_4^+ a été quasiment entièrement consommé. NH_3 est donc largement prédominant donc $\text{pH} > \text{p}K_a(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) \Rightarrow \text{pH} > 9,2$
 Le pH est basique.

Q19: Relation à l'équivalence

$$\frac{n_{\text{ini}}(\text{NH}_4^+)}{1} = \frac{n_{\text{eq}}(\text{HO}^-)}{1} \Rightarrow C(\text{NH}_4^+) = \frac{C(\text{HO}^-) \times V_E}{V_1}$$

Q20: Concentration dans la fiole: $C(\text{NH}_4^+) = \frac{n_0(\text{NH}_4^+)}{V_0} \Rightarrow n_0(\text{NH}_4^+) = \frac{C(\text{HO}^-) \times V_E \times V_0}{V_1}$

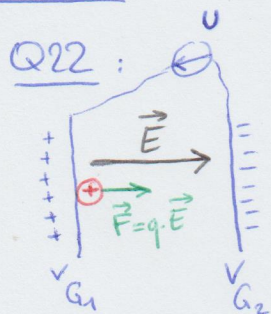
D'après l'équation de dissolution: $n_0(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n_0(\text{NH}_4^+) = 7,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$

AN: $n_0(\text{NH}_4^+) = 700 \times 10^{-2} \text{ mol}$ conforme à l'énoncé

Q21: Chaque NH_4NO_3 contient 2 azotes N \Rightarrow il y a donc $1,40 \times 10^{-1} \text{ mol}$ d'azote dans la fiole, soit une masse de: $m(\text{N}) = n(\text{N}) \times M(\text{N}) = 1,40 \times 10^{-1} \times 14 = 2,0 \text{ g}$. pour une masse totale d'engrais de 6g.

Fraction massique: $w(\text{N}) = \frac{m(\text{N})}{m(\text{engrais})} = \frac{2}{6} = 33,3\%$ La valeur est proche de celle du fabricant. (il faudrait évaluer les incertitudes de mesure pour conclure)

Exercice 3 :



Puisque les ions sont chargés positivement, il faut que la tension $U = V_{G1} - V_{G2}$ soit positive afin que la grille $G1$ soit chargée positivement et la grille $G2$ soit chargée négativement. Dans ce cas les ions U^+ sont repoussés par la grille $G1$ et attirés par la grille $G2$.

- Q23 :
- * système : { ion U^+ }
 - * référentiel terrestre, supposé galiléen. } voir schéma ci-dessus.
 - * bilan des forces extérieures :

- $\vec{F}_{elec} = q \cdot \vec{E} = e \cdot \vec{E}$
 - poids \vec{P} négligé.
 - pas d'interactions avec le contenu de l'enceinte car vide.
- } système conservatif.

* Bilan énergétique : Théorème de l'énergie mécanique entre O_1 et O_2 .

$$E_{m,O_2} - E_{m,O_1} = 0$$

$$\hookrightarrow E_{c,O_2} + E_{p_{elec},O_2} = \cancel{E_{c,O_1}} + E_{p_{elec},O_1}$$

vitesse nulle en O_1

$$\frac{1}{2} m v_{O_2}^2 + e \cdot V_{G2} = e \cdot V_{G1} \Rightarrow v_{O_2} = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}}$$

$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m_1}}$$

$$\text{et } v_2 = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m_2}}$$

Q24 : $E_{c,O_2} = \frac{1}{2} m \cdot v_{O_2}^2 = e \cdot U$ (bien indépendante de la masse)

$$\hookrightarrow U = \frac{E_{c,O_2}}{e} \quad \text{AN : } U = \frac{15 \times 10^3}{1} = 15 \times 10^3 \text{ V} = \underline{15 \text{ kV}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 15 \times 10^3}{235 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}}} = 1,11 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 15 \times 10^3}{238 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}}} = 1,10 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Rmq pas demandé

$$v_1 \ll c$$

$$v_2 \ll c$$


\hookrightarrow les ions ne sont pas relativistes ! (ouf).

Déviation des électrons :

Q25 Force de Lorentz : $\vec{F}_L = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$

ici avec $q=e$ et $\vec{E}=\vec{0}$

$\Rightarrow \vec{F}_L = \vec{F}_{L, \text{mag}} = e \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$

Les ions allant de gauche à droite à leur arrivée en O_2 , pour les dévier "vers le bas" sur la figure il faut que le champ \vec{B} pointe vers nous : sur le schéma .

Q26 : • système : {ion U^+ }

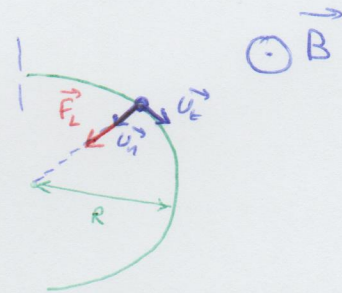
- référentiel : terrestre supposé galiléen repère de Frenet
- bilan des forces extérieures :

Force de Lorentz : $\vec{F}_L = e \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$

$$= e \begin{pmatrix} 0 \\ v \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} e \cdot v \cdot B \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$\Rightarrow \vec{F}_L = e \cdot v \cdot B \cdot \vec{u}_n$



• 2^{ème} loi de Newton pour un système fermé :

$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$

$\vec{F}_L = m \cdot \vec{a}$

or dans la base de Frenet :

$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{u}_t + \frac{v^2}{R} \vec{u}_n$

sur \vec{u}_t : $0 = m \cdot \frac{dv}{dt} \Rightarrow v = \text{cte} \Rightarrow$ mouvement uniforme

sur \vec{u}_n : $e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow \boxed{R = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}}$

avec l'expression de v obtenue en Q23

$\Rightarrow \boxed{R_1 = \frac{m \cdot v_1}{e \cdot B} = \sqrt{\frac{2 \cdot m_1 \cdot U}{e \cdot B^2}}}$

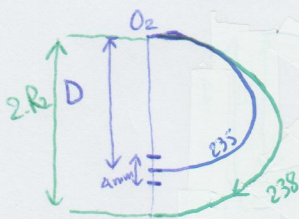
et $\boxed{R_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot m_2 \cdot U}{e \cdot B^2}}}$

Req: $m_2 > m_1$ donc $R_2 > R_1$

Q27 : On veut $D = 2 \cdot R_1 \Rightarrow \boxed{B = \frac{2}{D} \cdot \sqrt{2 \cdot m_1 \cdot U}}$ AN : $B = 5,77 \times 10^1 \text{ T}$

Q28 : Pour l'isotope 238 : $R_2 = 4,73 \times 10^{-1} \text{ m}$.

$2R_2 - D = 5,98 \times 10^{-3} \text{ m} > 2 \text{ mm}$



\Rightarrow Les isotopes 238 ne sont pas récupérés dans le collecteur.

Q29 : $i = \frac{dq}{dt}$ $\xrightarrow[\text{constant}]{\text{à courant}}$ $\Delta Q = i \cdot \Delta t$ $\xrightarrow[\text{chaque ion porte une charge } \oplus]{\text{}}$ $\Delta N_{Xe} = i \cdot \Delta t$
↑ nombre d'ion U^+ passant dans le calculateur en un temps Δt .

Or i est dû au passage des ions avec 2 composantes : $i = i_{235} + i_{238}$

On peut supposer que la proportion des isotopes dans la source se retrouve dans la proportion des 2 courants :

$$\Leftrightarrow i_{235} = 0,7\% \cdot i$$

Donc $\Delta N_{235} = \frac{i_{235} \times \Delta t}{e} = \frac{0,007 \times i \times \Delta t}{e}$

↑ nombre de $^{235}U^+$ récupérés

$$\text{AN : } \Delta N_{235} = \frac{0,007 \times 0,100 \times 365 \times 24 \times 3600}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,38 \times 10^{23} \text{ ions}$$

En quantité de matière : $n(^{235}U) = \frac{\Delta N_{235}}{N_A} = 2,29 \times 10^{-1} \text{ mol}$

En masse : $m(^{235}U) = n(^{235}U) \times M(^{235}U) = 53,9 \text{ g ! (en un an)}$

Autour du calcium

Partie A

Q30: $m(\text{Os}) = 12 \text{ kg} \xrightarrow{25\%} m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 3 \text{ kg}$

Fraction massique: $x(\text{Ca}) = \frac{3M(\text{Ca})}{3 \cdot M(\text{Ca}) + 2M(\text{P}) + 8M(\text{O})} = \frac{3 \times 40}{3 \times 40 + 2 \times 31 + 8 \times 16} = 0,39$

$\hookrightarrow m(\text{Ca}) = x(\text{Ca}) \times m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,39 \times \frac{12}{4} = \underline{1,2 \text{ kg}}$

Q31: masse à renouveler sur un an: $m_r = 0,20 \times m(\text{Ca}) = 2,3 \times 10^{-1} \text{ kg}$ Δ erreur d'arrondi.

Volume de lait à consommer sur un an: $1,110 \times 10^{-3} \text{ kg}$ dans 1L

$\rightarrow V = \frac{m_r}{1,110 \times 10^{-3}} = \frac{2,3 \times 10^{-1}}{1,110 \times 10^{-3}}$

$V_{\text{annuel}} = 209 \text{ L}$

Volume quotidien:

$V_{\text{quotidien (moyen)}} = \frac{V_{\text{annuel}}}{365} = 0,57 \text{ L}$

cette valeur semble relativement raisonnable.

Partie B

Q32: $Q_r = \frac{\prod_{\text{produit}} (\text{activité}(\text{produit}))^{\text{coeff. stoechi.}}}{\prod_{\text{réactif}} (\text{activité}(\text{réactif}))^{\text{coeff. stoechi.}}} = \frac{a(\text{CaO}(s)) \times a(\text{CO}_2(g))}{a(\text{CaCO}_3(s))} = \frac{p(\text{CO}_2)}{p^\circ}$

Q33:

$K^\circ = Q_{r,\text{éq}} = \frac{p_{\text{eq}}(\text{CO}_2)}{p^\circ}$

 avec $p^\circ = 10^5 \text{ Pa}$.

Q34: A l'état initial: réacteur vide $\Rightarrow p_{\text{ini}}(\text{CO}_2) = 0 \Rightarrow Q_{r,\text{ini}} = 0$

$Q_{r,\text{ini}} < K^\circ$

 \Rightarrow évolution dans le sens direct.

Q35: A l'équilibre: $p_{\text{eq}}(\text{CO}_2) = p^\circ \times K^\circ = 2,0 \times 10^4 \text{ Pa}$

$\hookrightarrow n_{\text{eq}}(\text{CO}_2) = \frac{p_{\text{eq}}(\text{CO}_2) \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \text{AN: } n_{\text{eq}}(\text{CO}_2) = \frac{2,0 \times 10^4 \times 10 \times 10^{-3}}{8,31 \times 1100} = 2,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$

On a donc à l'équilibre:

Faire tableau si besoin

$$\begin{cases} n_{\text{eq}}(\text{CaCO}_3) = n - \sum_{\text{eq}} = n - n_{\text{eq}}(\text{CO}_2) = 7,8 \times 10^{-2} \text{ mol} \\ n_{\text{eq}}(\text{CaO}) = \sum_{\text{eq}} = n_{\text{eq}}(\text{CO}_2) = 2,2 \times 10^{-2} \text{ mol} \end{cases}$$

Q36: Avec $V = 100,0L$

$$n_{eq}(CO_2) = \frac{P_{eq}(CO_2) \cdot V'}{R \cdot T} \Rightarrow \underline{AN}: n_{eq}(CO_2) = 2,2 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

⚠ Problème: $n_{eq}(CO_2) = \boxed{\sum_{eq} > \sum_{max}} = n$

↳ il y a rupture d'équilibre

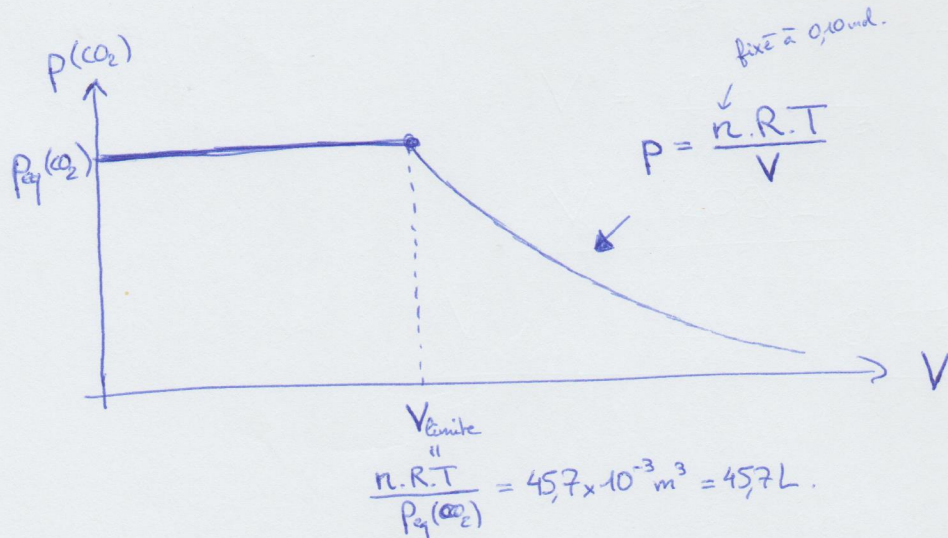
L'équilibre n'est pas atteint, l'intégralité du solide $CaCO_3$ est consommée:

Etat final
état d'équilibre

$$\left. \begin{array}{l} n_f(CaCO_3) = 0 \\ n_f(CO_2) = n_f(CaO) = n = 0,10 \text{ mol} \end{array} \right\}$$

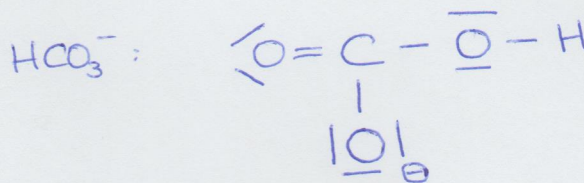
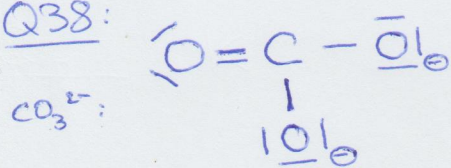
$$P_f(CO_2) = \frac{n_f(CO_2) \times R \times T}{V'} = \underline{9,1 \times 10^3 \text{ Pa}}$$

Q37:

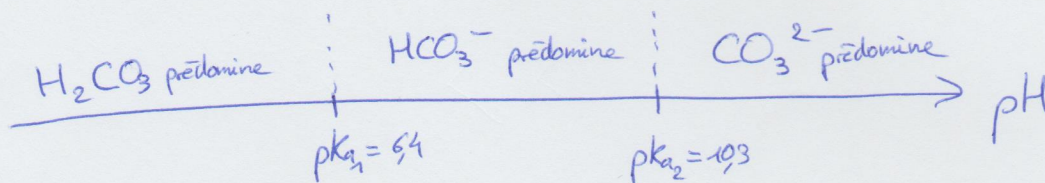


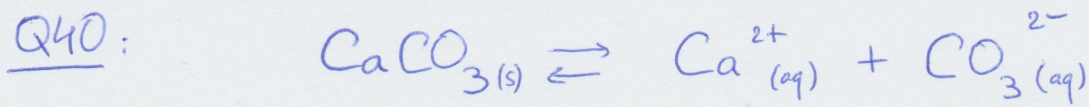
PARTIE C Solubilité des carbonate de calcium

Q38:



Q39:





$$K_s = [\text{Ca}^{2+}]_{eq} \cdot [\text{CO}_3^{2-}]_{eq}$$

A l'équilibre: $[\text{Ca}^{2+}]_{eq} = [\text{CO}_3^{2-}]_{eq} = s \Rightarrow K_s = s^2 \Rightarrow \boxed{s = \sqrt{K_s}}$

A 298K: $s = \sqrt{10^{-24}} = 6,3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

Q41: La valeur expérimentale est plus élevée que la valeur trouvée à la question précédente car on a négligé les propriétés acido-basiques de l'ion carbonate. En réalité cet ion est consommé par sa réaction avec l'eau et sa concentration diminue: on peut alors dissoudre davantage de CaCO_3 avant d'atteindre la saturation de la solution.

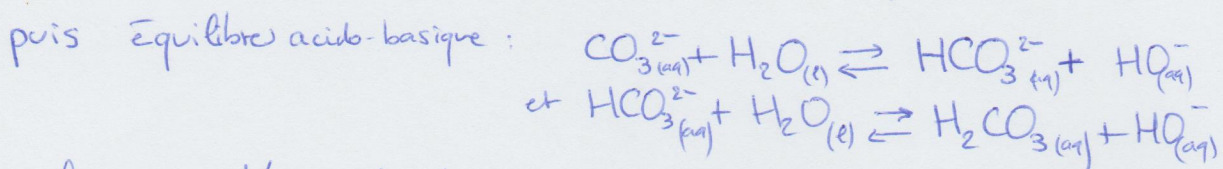
Q42: Plus le pH est faible et plus la proportion de $\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$ dans la solution est faible (voir diagramme de prédominance ou relation $\frac{[\text{CO}_3^{2-}]_{eq}}{[\text{HCO}_3^{2-}]_{eq}} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_a}$)

Or plus les $\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$ sont en faible concentration et plus la solubilité augmente. (Retirer un produit déplace l'équilibre dans le sens direct).

Q43:

	$\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$	
Etat initial	en excès	0
Etat final	solution saturée	s

1^{ère} étape

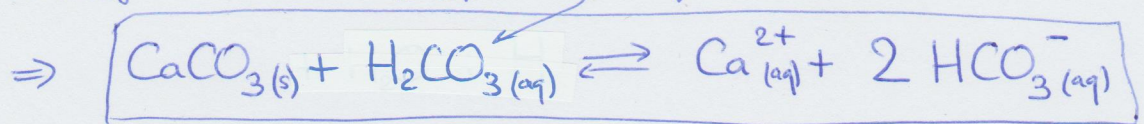


La seule source d'ion carbonate et de ses dérivées est la dissolution du $\text{CaCO}_3(s)$ donc

$$\boxed{s = [\text{CO}_3^{2-}]_f + [\text{HCO}_3^{2-}]_f + [\text{H}_2\text{CO}_3]_f}$$

Q44: $8,0 < \text{pH} < 8,3 \Rightarrow \text{HCO}_3^{2-}$ prédomine

En présence de dioxyde de carbone $\Rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ parmi les réactifs.



Partie D : Cinétique

Q45 : HCl est un acide fort (à savoir)

$$\Leftrightarrow \boxed{\text{pH} = -\log(c_a)} \quad \text{AN : pH} = 1.$$

* 1^{ère} méthode

Q46 : D'après la relation des gaz parfaits:

$$\boxed{P(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2) \times R \times T}{V}}$$

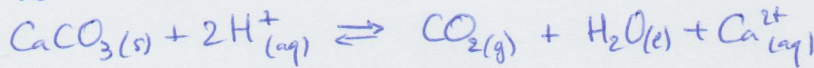
avec $T = 298 \text{ K } (273+25)$

$$V = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$n(\text{CO}_2)$ en mol

ne concerne que le gaz apparu et pas le CO_2 déjà présent.

Q47 : Equation de la réaction



! notation inhabituelle

ici avancement molaire

$$\boxed{x = n(\text{CO}_2(\text{g}))}$$

AN pour $t = 100 \text{ s}$: $P_{\text{CO}_2} = 7170 \text{ Pa}$

$$x = \frac{P_{\text{CO}_2} \times V}{R \cdot T} = \frac{7170 \times 10^{-3}}{8,31 \times 298} = 2,90 \times 10^{-3} \text{ mol} = 2,90 \text{ mmol.}$$

(cohérent avec l'évolution du tableau).

* 2^{ème} méthode

Q48 : $\boxed{n_{\text{H}^+} = [\text{H}^+(\text{aq})] \times V_0}$ et $[\text{H}^+]_{\text{eq}} = 10^{-\text{pH}} \times C^0$

En utilisant l'équation de la réaction: $\boxed{n_{\text{H}^+} = C_a \times V_0 - 2x}$

$$\Leftrightarrow x = \frac{C_a \cdot V_0 - n_{\text{H}^+}}{2}$$

AN: $x(10\text{s}) = 50 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,50 \text{ mmol.}$

Q49 : Les valeurs de l'avancement sont quasiment identiques pour les 2 méthodes. Les 2 méthodes sont donc cohérentes.

Q50 : $V = -\frac{1}{2} V_{\text{disp.}}(\text{H}^+) = -\frac{1}{2} \times \frac{d[\text{H}^+]}{dt}$

Q51 ordrel: $k \cdot \underbrace{[\text{H}^+(\text{aq})]}_1 = -\frac{1}{2} \times \frac{d[\text{H}^+]}{dt} \Rightarrow \frac{d[\text{H}^+]}{dt} = -2k$ (or $[\text{H}^+] = \frac{n_{\text{H}^+}}{V_0} = C_a - \frac{2x}{V_0}$)

$\Rightarrow \boxed{[\text{H}^+](t) = -2.k.t + c^{\text{ste}}}$

à $t=0$ $[\text{H}^+] = C_a \Rightarrow \boxed{[\text{H}^+](t) = C_a - 2.k.t}$ par identification $\boxed{x = k.V_0.t}$

Q52: ordre 1

$$k \cdot [H^+_{(aq)}] = -\frac{1}{2} \frac{d[H^+_{(aq)}]}{dt}$$

$$\Leftrightarrow [H^+_{(aq)}](t) = A e^{-2k \cdot t}$$

Puisque $[H^+_{(aq)}](0) = C_a \Rightarrow A = C_a \Rightarrow [H^+_{(aq)}](t) = C_a \cdot e^{-2 \cdot k \cdot t}$

or $[H^+_{(aq)}](t) = C_a - \frac{2x}{V_0} \Rightarrow \frac{C_a V_0 - 2x}{C_a \cdot V_0} = e^{-2 \cdot k \cdot t}$

$$\Rightarrow \ln \left(\frac{C_a \cdot V_0 - 2x}{C_a \cdot V_0} \right) = -2 \cdot k \cdot t$$

Q53: ordre 2: $k \cdot [H^+_{(aq)}]^2 = -\frac{1}{2} \frac{d[H^+_{(aq)}]}{dt} \Rightarrow \int_0^t -2k \cdot dt = \int_{\frac{[H^+_{(aq)}](0)}{[H^+_{(aq)}](t)}} \frac{d[H^+_{(aq)}]}{[H^+_{(aq)}]^2}$

$$\Rightarrow -2 \cdot k \cdot t = -\frac{1}{[H^+_{(aq)}](t)} + \frac{1}{C_a}$$

avec $[H^+_{(aq)}](t) = C_a - \frac{2x}{V_0} \Rightarrow 2 \cdot k \cdot t = \frac{V_0}{C_a \cdot V_0 - 2x} - \frac{1}{C_a}$

$$\Rightarrow \frac{1}{C_a \cdot V_0 - 2x} - \frac{1}{C_a \cdot V_0} = \frac{2 \cdot k \cdot t}{V_0}$$

Q54: graphe 1 $\Rightarrow x = f(t)$ droite si ordre 0 \Rightarrow ce n'est pas une réaction d'ordre 0 par rapport à H^+ .

graphe 2 $\Rightarrow \ln(1 - \frac{2x}{C_a \cdot V_0}) = f(t)$ droite si ordre 1 \Rightarrow discutable mais meilleur accord sur graphe 3.

graphe 3 $\Rightarrow \frac{1}{0,01 - 2x} - 100 = f(t)$ droite si ordre 2 \Rightarrow Oui
 \Leftrightarrow ordre 2

coefficient obtenu: $1,4318 = \frac{2k}{V_0}$

$$\Leftrightarrow k = \frac{1,4318}{2} \times V_0 = 7,16 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Q55: Dans l'océan, le pH donc la concentration $[H^+_{(aq)}]$ reste constante sur un temps très long: la vitesse de dissolution reste constante et avec une valeur beaucoup plus faible que celle de l'expérience menée ici.

Avec $\text{pH} = 8$, la concentration en $[H^+_{(aq)}]$ est 10^7 fois plus petite que la concentration initiale C_a . A température égale la vitesse de dissolution est donc 10^{-14} fois plus petite que la vitesse initiale dans l'expérience.

Cependant avec l'acidification des océans et l'augmentation du pH, cette vitesse est amenée à augmenter.