

Corrigé du devoir surveillé n° 5

I Étude des sols

IV Applications de la gravimétrie

Q 28 La formule correspondant au théorème de Gauss gravitationnel donne $\iint d\Phi = -4\pi\mathcal{G}M_{int}$.

L'étude des symétries et invariances de cette distribution à symétrie sphérique montre que le champ gravitationnel est radial et ne dépend que de r .

En prenant une sphère de rayon r et de centre O on obtient facilement, en notant $g(r)$ la composante selon \vec{e}_r du champ gravitationnel : $4\pi r^2 g(r) = -4\pi\mathcal{G}\frac{4}{3}\pi R^3 \mu'$, soit $\vec{g} = -\frac{4\pi\mathcal{G}(\mu_m + \Delta\mu)}{3r^2}\vec{e}_r$

Q 29 g_z s'obtient en projetant \vec{e}_r selon \vec{e}_z ce qui donne $-\cos\theta = -\frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}}$ (attention Oz est dirigé vers le bas...). On a donc pour conclure

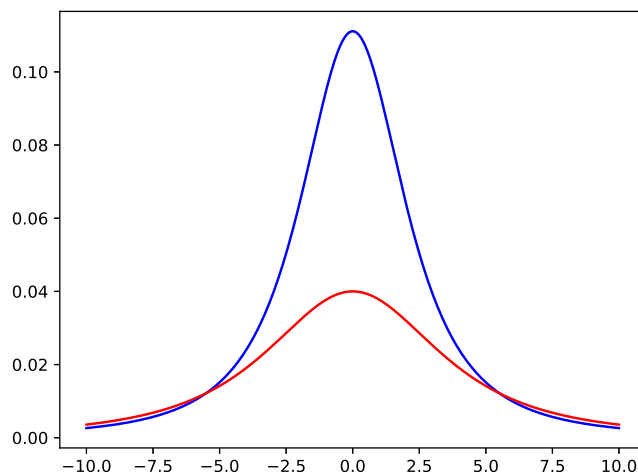
$$g_z = \frac{4\pi\mathcal{G}h(\mu_m + \Delta\mu)}{3(h^2 + x^2)^{3/2}}.$$

Q 30 On peut utiliser le principe de superposition. La distribution étudiée est la superposition du demi-plan infini de masse volumique μ_m qui crée un champ de pesanteur uniforme g_0 et de la sphère de masse volumique $\Delta\mu$. Si on retranche à g_{Bz} champ vertical total la contribution g_0 due au demi plan infini, il ne reste donc effectivement que la contribution de la demi-sphère!

Q 31 Il suffit donc d'utiliser le résultat de la question 28 pour obtenir $\Delta g = \frac{4\pi\mathcal{G}h\Delta\mu}{3(h^2 + x^2)^{3/2}}$, ce qui est le résultat attendu.

Q 32 On trace la courbe à la physicienne... On supposera $\Delta\mu > 0$, ce qui fait que le graphe est toujours du côté des valeurs positives. La fonction est clairement paire en x . Elle est également clairement décroissante du côté des $x > 0$ passant d'une valeur maximale en $x = 0$ et tend vers 0 en $+\infty$. D'ailleurs la courbe est donnée figure d8 de l'énoncé.

En revanche il est clair que la valeur maximale (en $x = 0$) $\frac{4\pi\mathcal{G}\Delta\mu R^3}{3h^2}$ est une fonction décroissante de h . Donc si $h_2 > h_1$ la courbe correspondant à h_2 est au dessus de celle correspondant à h_1 au voisinage de $x = 0$. Une rapide étude montre que pour deux valeurs différentes de h les deux courbes se coupent pour deux abscisses x symétriques par rapport à O et qui dépendent de h_1 et h_2 . On a donc l'allure générique suivante en unités arbitraire. La courbe ayant la plus grande valeur maximale est celle correspondant à h_1 .



- Q 33 La valeur maximale (si $\Delta\mu > 0$) est obtenue pour $x = 0$ et vaut $\frac{4\pi\mathcal{G}\Delta\mu R^3}{3h^2}$. On cherche donc les deux abscisses $\pm x_{1/2}$ pour lesquels on a $\frac{4\pi\mathcal{G}\Delta\mu R^3 h}{3(x_{1/2}^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{1}{2} \frac{4\pi\mathcal{G}\Delta\mu R^3}{3h^2}$, ce qui donne $x_{1/2} = h\sqrt{2^{2/3} - 1} = 0,766 \times h$.

La largeur à mi-hauteur est alors $\Delta x = 2x_{1/2} = 2h\sqrt{2^{2/3} - 1}$.

- Q 34 La valeur maximale lue est de 28 mgal. On lit donc sur la courbe que $x_{1/2} = 60$ m. On en déduit donc $h = 78$ m avec deux chiffres significatifs.

On peut alors exploiter la valeur maximale en $x = 0$ pour trouver R , soit $R = \sqrt[3]{\frac{3\Delta g_{\max} h^2}{4\pi\mathcal{G}\Delta\mu}} = 39$ m

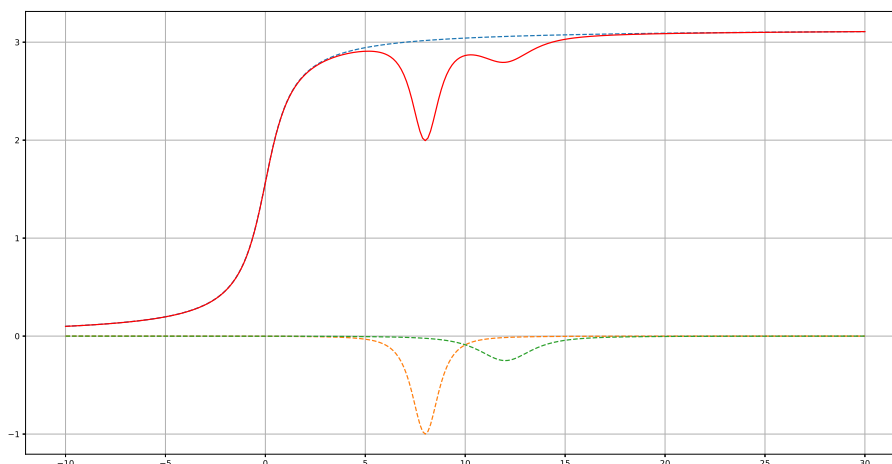
- Q 35 Il faut que, vue de l'extérieur, la masse volumique moyenne de la grotte soit la même que celle de la terre environnante ! Dès lors on aura $\Delta\mu = 0$ et aucun effet détectable !

- Q 36 En utilisant l'idée précédente et en négligeant la masse volumique de l'air dans la grotte on doit avoir $\mu_m R_g^3 = \mu_{Au} R^3$ en notant R_g et R respectivement le rayon de la grotte et de la masse d'or supposé sphérique. Sa masse est alors $\frac{4}{3}\pi\mu_{Au} R^3 = \frac{4}{3}\pi\mu_m R_g^3 = \frac{4}{3}\pi \frac{M_T}{\frac{4}{3}\pi R_T^3} R_g^3 =$

$$M_T \left(\frac{R_g}{R_T} \right)^3 = 23 \text{ t d'or !}$$

- Q 37 La question est très mal posée, très imprécise, (voire trompeuse...). En fait quel que soit l'empilement des couches de terrain on trouve un courbe de la forme proposée éventuellement tournée vers le bas. Pour information un calcul (hors programme) donne une fonction de la forme $x \mapsto \text{Cte} \times \left(1 + \arctan \frac{x}{h} \right)$.

On a alors juste à superposer deux bosses du type de la figure 8 en faisant attention à ce qu'elles sont tournées vers le bas car elles sont caractérisées par $\Delta\mu < 0$. De plus la deuxième est moins importante que la première car plus profonde. On obtient alors le graphe de la forme suivante, avec des unités arbitraires :



II Dipôle et condensateur plan

- 1 L'approximation dipolaire consiste à étudier les effets de la distribution à une distance d'elle grande devant sa taille, soit ici $a \ll r$.

Le moment dipolaire est ici $\vec{p} = qa \vec{e}_z$.

- 2 Cf. cours. On travaille en coordonnées polaires dans un plan méridien des coordonnées sphériques d'axe Oz . On obtient alors $V(M) = \frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

- 3 Par la relation champ potentiel il vient $\vec{E} = \frac{2p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{e}_r + \frac{p \sin \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{e}_\theta$.

- 4 Tous les points de la surface élémentaire proposée sont à la même distance $\sqrt{r^2 + z^2}$ du point M et sont vus sous le même angle θ depuis le point M .

On a donc $dV = \frac{2\pi r dr p_s \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 (r^2 + z^2)}$.

Dans cette expression il faut faire attention à ce que $\cos \theta = \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}}$ et donc dépend de r !

Au final on a donc $dV = \frac{2\pi r dr p_s z}{4\pi\epsilon_0 (r^2 + z^2)^{3/2}}$.

- 5 Par intégration entre 0 et R de la relation précédente il vient $V(z) = \frac{p_s}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}}\right)$ pour $z > 0$.

Pour $z < 0$ il faut rendre la fonction impaire ce qui amène $V(z) = -\frac{p_s}{2\epsilon_0} \left(1 + \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}}\right)$.

Par symétrie le champ électrique n'est porté que par Oz pour un point de l'axe. Sa composante selon Oz peut alors se calculer par $E_z = -\frac{dV}{dz}$.

Il vient $\vec{E} = \frac{p_s}{2\epsilon_0} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \vec{e}_z$. Cette expression est valable pour les z positifs et négatifs.

- 6 On a facilement $p_s = \sigma e$.

On pourra se placer dans l'approximation dipolaire si $e \ll z$.

- 7 En réutilisant le résultat antérieur on obtient donc $\vec{E} = \frac{\sigma e}{2\epsilon_0} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \vec{e}_z$.

8 Dans ce cas limite il vient $\vec{E} = \frac{\sigma e R^2}{2\varepsilon_0 |z|^3} \vec{e}_z$. On peut noter une décroissance en $1/z^3$, caractéristique de l'aspect dipolaire de la distribution.

9 Il vient cette fois $\vec{E} = \frac{\sigma e}{2\varepsilon_0 R} \vec{e}_z$.

Si on fait le rapport de sa norme avec $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ qui est la norme du champ dans le condensateur plan on obtient donc $\frac{e}{2R}$. Mais on a la hiérarchie $e \ll z \ll R$, ce qui fait que ce rapport est très petit devant 1. Autrement dit on peut considérer le champ nul sur l'axe Oz , ce qui est compatible avec ce que l'on sait du condensateur plan!

III Mines-Ponts MP Physique 2021

□ 1 C'est une question élémentaire de modélisation. Il ne faut pas se contenter de donner une valeur au doigt mouillé sans justification... On propose de modéliser les araignées comme des gouttes d'eau de rayon r compris entre 1 mm et 3,5 mm, d'où une masse $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \times \rho_e$ comprise entre 4,2 mg et 1,8g.

□ 2 On a ici un condensateur dont la surface de la Terre est une des armatures, ici celle qui porte les charges négatives. D'après le cours $\sigma = \varepsilon_0 E = 1 \times 10^{-9} \text{ C m}^{-2}$. La différence de potentiel qui devrait exister devrait alors être $z_0 E = 7,2 \text{ MV}$ soit 20 fois plus que ce qui est mesuré. Le modèle est donc fortement criticable.

□ 3 Comme toutes les charges jouent le même rôle on va calculer le potentiel créé par les charges indicées de 2 à $2n$ là où se trouve la charge 1.

Un calcul géométrique montre que la distance entre la charge d'indice j et la charge d'indice 1 est $2L \sin \alpha \sin \left((j-1) \frac{\pi}{2n} \right)$.

Dès lors

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 2L \sin \alpha} \sum_{j=2}^{2n} \frac{1}{\sin \left((j-1) \frac{\pi}{2n} \right)} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 2L \sin \alpha} \sum_{k=1}^{2n-1} \frac{1}{\sin \left(\frac{k\pi}{2n} \right)}$$

Dans la somme on peut remarquer que par symétrie la somme des termes d'indices 1 à $n-1$ est la même que la somme des termes d'indices $n+1$ à $2n-1$, et que pour $k=n$ le sinus vaut 1. On peut donc bien écrire

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 2L \sin \alpha} \left(1 + 2 \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{\sin \left(\frac{k\pi}{2n} \right)} \right)$$

ce qui est la forme attendue avec $p=8$.

L'énergie totale s'obtient à partir de l'énergie de chaque charge. On pourrait penser à écrire $2nqV$ car toutes les charges jouent le même rôle. En fait en faisant ainsi on compte deux fois l'interaction entre chaque paire de charges. Mais cette subtilité et la formule correspondante est hors programme (j'ai compté juste les deux possibilités).

La bonne réponse est $\mathcal{E}_p = nqV$.

La situation d'équilibre correspond à un minimum d'énergie potentiel qui est clairement obtenu pour $\alpha = \pi/2$: les charges sont alors dans un même plan horizontal, les plus éloignées les unes des autres, ce qui est logique.

□ 4 Comme on a déjà calculé l'énergie potentielle on a intérêt à calculer l'énergie cinétique du système et à traduire la conservation de l'énergie mécanique. Chaque fil a une énergie cinétique égale à $\frac{1}{2}m \left(\frac{L}{2}\dot{\alpha} \right)^2$, soit au total $2n \times \frac{1}{2}m \left(\frac{L}{2}\dot{\alpha} \right)^2 = nm \frac{L^2}{4}\dot{\alpha}^2$.

Le système étant conservatif, l'énergie mécanique $\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_p$ est une constante. On a donc $\frac{d\mathcal{E}}{dt} = 0$, ce qui se traduit après élimination de la solution dégénérée $\dot{\alpha} = 0$, par $nm\frac{L^2}{2}\ddot{\alpha} - \frac{nq^2}{8\pi\epsilon_0 L \sin^2\alpha}G(n)\cos\alpha = 0$.

On retrouve au passage que la position d'équilibre correspond à $\alpha = \pi/2$...

La nature répulsive des interactions entre les charges indique très clairement que la position d'équilibre est stable. On peut le vérifier par le calcul en faisant en développant de \cos au voisinage de $\pi/2$. Posons $\alpha = \pi/2 + \xi$. $\cos(\alpha) = \cos(\pi/2 + \xi) = -\sin\xi \simeq -\xi$ pour $\xi \ll 1$ rad/s. L'équation précédente s'écrit alors $m\frac{L^2}{2}\ddot{\xi} + \frac{q}{8\pi\epsilon_0 L}G(n)\xi = 0$ au premier ordre en ξ . Dès lors comme c'est l'équation d'un oscillateur harmonique la position d'équilibre est bien stable.

Et on établit facilement la période $T = 2\pi\sqrt{\frac{4m\pi\epsilon_0 L^3}{q^2 G(n)}}$.

- 5 Le champ électrique extérieur s'écrit $\vec{E} = -E_0\vec{e}_z$. Il dérive du potentiel $V_0 = E_0 z$. Pour les $2n$ charges q à l'altitude $L \cos\alpha$, il faut donc rajouter une énergie $2nqE_0 L \cos\alpha$.

Pour déterminer la position d'équilibre il faut annuler la dérivée $\frac{d\mathcal{E}_{p,\text{tot}}}{d\alpha}$, où $\mathcal{E}_{p,\text{tot}}$ désigne l'énergie potentielle totale, soit $-\frac{nq^2}{8\pi\epsilon_0 L \sin^2\alpha}G(n)\cos\alpha - 2nqE_0 L \sin\alpha = 0$.

L'angle d'équilibre est évidemment une fonction croissante de q et n et décroissante de L et E_0 .

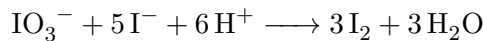
L'application numérique donne $q = -1,05$ nC (Normalement calcul à réaliser à la main...).

- 6 On prend le système araignée + fils. Il ne faut prendre en compte que les forces extérieures, à savoir le poids (celui de l'araignée de masse m seulement en négligeant le poids des fils) et les forces électrique du champ E_0 sur les $N = 2n$ charges. À la limite du décollement on aura donc $-NqE_0 = mg$, soit $N = -\frac{mg}{qE_0} = 343!!$ Ce calcul laisse penser que cette seule force n'est pas suffisante. L'énoncé évoque quelques dizaines de fils... ce qui ne serait pas suffisant.

IV Chimie MPI*

IV.1

- 1 Il est facile d'établir $\alpha = 1$, $\beta = 5$, $\gamma = 6$, $\delta = 3$ et $\epsilon = 3$, soit



- 2 Comme la concentration en H^+ est constante, ce n'est pas l'espèce limitante.

L'avancement maximale dû à IO_3^- est clairement 0,1 mol. Celui dû à I^- vaut $\frac{0,2}{5} = 0,04$ mol. C'est donc l'espèce limitante et on a $\xi_f = \xi_{\text{max}} = 0,04$ mol.

Un tableau d'avancement permet de voir qu'il reste alors 0,06 mol de IO_3^- , qu'il ne reste plus de I^- , que la concentration en H^+ n'a pas bougé (mais on ne la connaît pas...).

Il est apparu $3 \times 0,04 = 0,12$ mol de I_2 et de H_2O .

IV.2

La réaction étudiée est simplement $\text{PCl}_5 = \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$.

Un tableau d'avancement montre que le taux de dissociation est $\alpha = \frac{\xi}{n_0}$, et qu'il y a, pour un avancement ξ , $n_0 - \xi$ mol de gaz dont ξ mol de PCl_5 . L'état initial permet d'écrire $P_0V = n_0RT$, soit $\frac{RT}{V} = \frac{P_0}{n_0}$.

Dès lors la pression partielle en PCl_5 est $P_{\text{PCl}_5} = \frac{(n_0 - \xi)RT}{V} = \frac{n_0 - \xi}{n_0}P_0 = (1 - \alpha)P_0$.

De même la pression totale $P_t = (n_0 + \xi) \frac{RT}{V} = (1 + \alpha)P_0$.

IV.3 Rendement de la synthèse de Deacon

□ 1 Le tableau d'avancement donne les quantités de matière suivante : $n_{\text{HCl}} = n_0 - 4\xi$, $n_{\text{O}_2} = n_1 - \xi$, $n_{\text{Cl}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2\xi$, ainsi qu'une quantité de matière totale de gaz de $n_0 + n_1 - \xi$.

□ 2 Notons $x = x_{\text{HCl}}$. L'égalité des deux fractions molaires en HCl et O_2 dans l'état final permet d'écrire $\frac{n_0 - 4\xi}{n_0 + n_1 - \xi} = \frac{n_1 - \xi}{n_0 + n_1 - \xi} = x$, d'où on tire d'abord $n_0 = n_1 + 3\xi$, puis après quelques calculs $n_0 = 4\xi \frac{1-x}{1-2x} = 14,5\xi$ et $n_1 = \xi \frac{1+2x}{1-2x} = 11,5\xi$.

Les fractions molaires dans l'état initial sont alors pour HCl : $\frac{n_0}{n_0 + n_1} = 0,558$, et pour

O_2 : $\frac{n_1}{n_0 + n_1} = 0,442$.

□ 3 Les questions précédentes montrent que l'avancement maximal est limité par HCl, pour lequel on aurait $\xi_{\text{max}} = \frac{n_0}{4}$, ce qui produirait alors $2\xi_{\text{max}} = \frac{n_0}{2}$ mol de Cl_2 .

Le rendement de la réaction peut alors être défini par $\rho = \frac{\xi}{\xi_{\text{max}}} = \frac{14,5}{\frac{n_0}{2}} = \frac{2}{14,5} = 0,138$.

IV.4 Fusée Ariane V

□ 1 Notons n_0 la quantité de matière de H_2 initiale. Comme O_2 est introduit en quantité stoechiométrique il y en $\frac{n_0}{2}$ moles. Dès lors cet système a initialement une masse de $2 \times 10^{-3}n_0 + 32 \times 10^{-3} \frac{n_0}{2} = 18 \times 10^{-3}n_0$. On en tire $n_0 = 8,61 \times 10^6$ mol, soit 17,2 t de H_2 et 137,3 t de O_2 (pour $\frac{n_0}{2} = 0,431$ moles).

De mêmes les 18 % en masse d'aluminium représentent 42,6 t, soit $1,57 \times 10^6$ mol, et 68 % en masse de NH_4ClO_4 , de masse molaire 117,5 g/mol représentent 161,16 t, soit $1,37 \times 10^6$ mol

On calcule alors facilement qu'il faut brasser $\frac{n_0}{585} = 14,7 \times 10^3$ mol/s de H_2 .

□ 2 La première réaction libre dans un premier temps $n_0 = 8,61 \times 10^6$ mol d'eau.

Pour la deuxième réaction il faut déterminer que Al est le réactif limitant, pour lequel $\xi_{\text{max}} = 0,156 \times 10^6$ mol. Il restera alors $1,37 \times 10^6 - 6 \times \xi_{\text{max}} = 0,428 \times 10^6$ mol de NH_4ClO_4 qui pourront réagir selon la troisième réaction.

La deuxième réaction va alors fournir $5\xi_{\text{max}} = 0,785 \times 10^6$ mol de Al_2O_3 , $6\xi_{\text{max}} = 0,942 \times 10^6$ mol de HCl, $9\xi_{\text{max}} = 1,413 \times 10^6$ mol de H_2O et $3\xi_{\text{max}} = 0,471 \times 10^6$ mol de N_2 .

La troisième réaction fait disparaître le restant de NH_4ClO_4 . L'avancement correspond vaut $\xi'_{\text{max}} = n_0/2$. Vont apparaître alors $2\xi'_{\text{max}} = 0,428 \times 10^6$ mol de HCl, $3\xi_{\text{max}} = 0,648 \times 10^6$ mol de H_2O , $\xi_{\text{max}} = 0,214 \times 10^6$ mol de N_2 et $\frac{5}{2}\xi_{\text{max}} = 1,07 \times 10^6$ mol de O_2 ,

mais qui vont disparaître en donnant $0,666 \times 10^6$ mol de H_2O et $1,454 \times 10^6$ mol de CO_2 . Pour finir il faut les contributions pour les espèces qui proviennent de diverses réaction. Pour H_2O il y au final $11,33 \times 10^6$ mol (il y a quatre contributions).

Pour HCl il y a au final $1,37 \times 10^6 \text{ mol}$ (il y a deux contributions).

Pour N_2 il y a au final $0,685 \times 10^6 \text{ mol}$ (il y a deux contributions).

Ouf...

IV Chimie MP*

Q34 Lors de l'électrolyse de l'eau pure, on oxyde l'eau en dioxygène à l'anode, qui est la réaction forcée, dans le sens opposé à celle de la réaction spontanée qui correspondrait à la réduction de l'oxydant le plus fort O_2 par le réducteur le plus fort H_2 : $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

et on réduit l'eau en dihydrogène à la cathode : $\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$

Le bilan est : $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+$

Q35 Il suffit de constater que l'équation bilan (3) est une combinaison linéaire de deux demi-équations redox (1) (réduction de O_2 en H_2O) et (2) (réduction de H^+ en H_2O) selon (3) = (2) - (1), d'où $\Delta_r G^0 = (-2\mathcal{F}E_2^0) - (-2\mathcal{F}E_1^0) = 2\mathcal{F}(E_1^0 - E_2^0) = 237 \text{ kJ/mol}$.

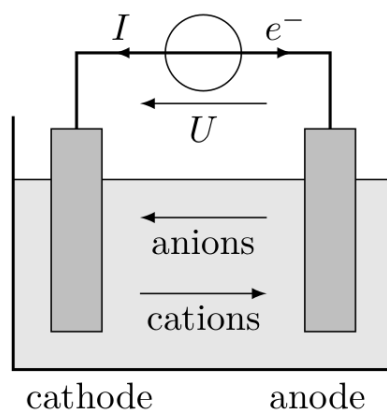
La constante d'équilibre s'en déduit par la relation $K^0 = \exp\left(-\frac{\Delta_r G^0}{RT}\right) = 1 \times 10^{-41}$.

Q36 D'après la loi de Hess : $\Delta_r H^0 = \frac{1}{2}\Delta_f H^0(\text{O}_2) + \Delta_f H^0(\text{H}_2) - \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O})$

D'après les données de l'énoncé : $\Delta_r H^0 = 285,5 \text{ kJ mol}$.

La réaction est endothermique, d'après la loi de Van't Hoff, il serait a priori préférable de la réaliser à haute température.

Q37 Schéma :



Q38 Il faut imposer une tension au minimum égal à $U_{\min} = \Delta E = 1,23 \text{ V}$.

Q39 La courbe aux courants négatifs correspond à la réduction de l'eau en dihydrogène ; celle aux courants positifs à l'oxydation de l'eau en dioxygène. D'après les surtensions données : $U_{\min} = \Delta E_{\text{Nernst}} + \eta_a - \eta_c = 2,07 \text{ V}$.

Q40 L'eau pure est peu conductrice : la résistance de l'ensemble est importante et empêche le passage de forts courants.

Q41 Il n'y a aucun risque de réduire Na^+ ($E^0 = -2,71 \text{ V}$: on rencontre le mur du solvant bien avant).

Étant donné la surtension importante du couple $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, on peut oxyder l'ion chlorure en dichlore pour une tension plus faible. La demi-équation correspondante est : $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$.

La demi-équation de réduction est la même, l'équation-bilan est donc : $2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2$.

Q42 En une heure, une charge $Q = I\Delta t = 3,6 \times 10^4 \text{ C}$ circule, soit une quantité de matière d'électrons : $n_{e^-} = \frac{I\Delta t}{\mathcal{F}}$.

Pour un ion chlorure oxydé, un électron circule, la quantité d'ions chlorure oxydés est donc $n_{\text{Cl}^-} = n_{e^-}$. Un ion chlorure correspond à une entité NaCl soit $n_{\text{NaCl}} = n_{\text{Cl}^-} = n_{e^-}$.

Finalement, la masse de chlorure de sodium est : $m = M_{\text{NaCl}} \frac{I\Delta t}{\mathcal{F}} = 21,8 \text{ g}$.

Il faut 100 g par mètre cube donc on peut traiter 218 L d'eau en une heure.

Q43 Les demi-équations sont : $\text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{HCl} + 2\text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ et $\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \longrightarrow 2 \text{Cl}^-$.
Le bilan est donc : $2 \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{HCl} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{Cl}^-$ soit $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCl} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$.

En solution, l'acide chlorhydrique est présents sous la forme des ions H^+ et Cl^- . C'est une réaction **rédox** (une dismutation) : le nombre d'oxydation du chlore passe de 0 dans Cl_2 à -I dans HC, et à +I dans HCl.