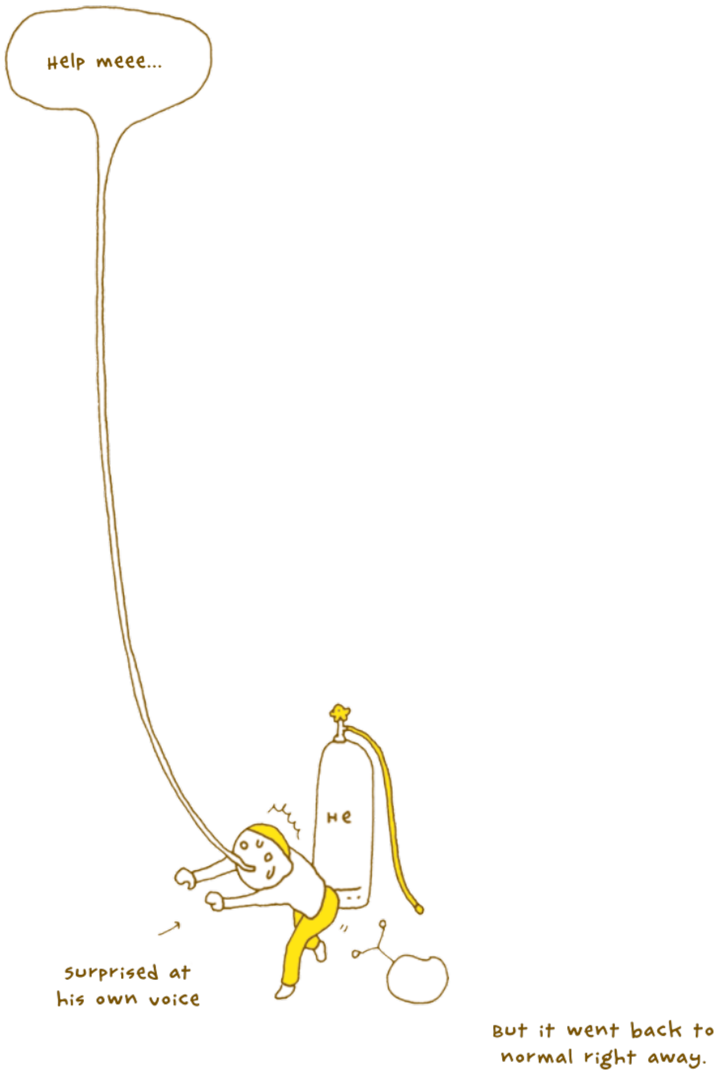
Plan de travail n°10

Théophile Cailliau

À rendre le vendredi 06 mai 2019



Chapitre 28

Équilibres d'oxydo-réduction

I J'applique mon cours

Exercice 1 — *Prévoir les nombres d'oxydation extrêmes d'un élément à partir de sa position dans le tableau périodique*

— Oxygène : −II
— Hydrogène : +I
— Phosphore : +III
— Chrome : +III

Exercice 2 — *Identifier l'oxydant et le réducteur d'un couple*

Équation	Oxydant	Réducteur
$ClO^- + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftharpoons Cl^- + H_2O$	ClO^-	Cl^-
$Fe(OH)_2 + H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + H^+ + e^-$	$Fe(OH)_3$	$Fe(OH)_2$
$BrO_3{}^- + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightleftharpoons BrO^- + 2\,H_2O$	$BrO_3{}^-$	BrO^-
$I_2 + 3\,H_2O + 5\,e^- \rightleftharpoons IO_3{}^- + 6\,H^+$	I_2	$IO_3{}^-$
$ClO_4{}^- + 8\,H^+ + 7\,e^- \rightleftharpoons Cl_2 + 4\,H_2O$	$ClO_4{}^-$	Cl_2
$C + 2\,H_2O \rightleftharpoons CO_3{}^{2-} + 6\,H^+ + 4\,e^-$	$CO_3{}^{2-}$	C
$HO_2{}^- \rightleftharpoons O_2 + H^+ + 2\,e^-$	O_2	$HO_2{}^-$
$IO_3{}^- + 6\,H^+ + 6\,e^- \rightleftharpoons I^- + 3\,H_2O$	$IO_3{}^-$	I^-

Exercice 3 — *Décrire le fonctionnement d'une pile à partir d'une mesure de tension à vide ou à partir des potentiels d'électricité*

1. On a, par la formule de Nernst,

$$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag \implies E_1 := E(Ag^+/Ag) = 0,76\mathrm{V}$$

$$Zn^{2+} + 2\,e^- \rightleftharpoons Zn \implies E_2 := E(Zn^2/Zn) = -0,78\mathrm{V}$$

Le couple (1) porte la borne +, l'autre la borne −. L'équation de fonctionnement est

$$Zn + 2\,Ag^+ \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2\,Ag$$

2. À l'équilibre $E_1 = E_2$. En isolant K la constante d'équilibre de la réaction :

$$K = 10^{\frac{E^\circ(Ag^+/Ag) - E^\circ(Zn^2/Zn)}{0.03}} = 10^{52}$$

Donc

$$[Zn^{2+}]_{eq} = 10^{52}[Ag^+]^2_{eq}$$

Donc il n'y aura plus de Ag^+

Exercice 4 — *Utiliser les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires*

D'après les diagrammes, Cu^{2+} et Zn sont incompatibles. Donc

$$Cu^{2+} + Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + Cu$$

Exercice 5 — *Prévoir qualitativement ou quantitativement le caractère thermodynamiquement favorisé ou défavorisé d'une réaction d'oxydo-réduction*

En isolant K avec $E(Zn^{2+}/Zn) = E(Cu^{2+}/Cu)$ à l'équilibre :

$$K = 4,6 \cdot 10^{36}$$

II Je m'entraîne

Exercice 6 — *Équilibrage de réactions rédox*

En milieu acide :

$$\begin{array}{ccc}
ClO_4{}^- + 4\,I^- + 4\,H^+ & \rightleftharpoons & Cl^- + 4\,HIO \\
H_3AsO_4 + H_2C_2O_4 & \rightleftharpoons & HAsO_2 + 2\,H_2O + 2\,CO_2 \\
2\,Cr_2O_7{}^{2-} + 3\,CH_3OH + 16\,H^+ & \rightleftharpoons & 4\,Cr^{3+} + 3\,HCOOH + 11\,H_2O \\
PbO_2 + H_2O_2 + 2\,H^+ & \rightleftharpoons & O_2 + Pb^{2+} + 2\,H_2O \\
SbO_5 + 2\,H_2S + 4\,H^+ & \rightleftharpoons & 2\,SbO^+ + 3\,H_2O + S \\
IO_3{}^- + 5\,I^- + 6\,H^+ & \rightleftharpoons & 3\,I_2 + 3\,H_2O \\
3\,NO_3{}^- + 8\,Al + 27\,H^+ & \rightleftharpoons & 3\,NH_3 + 9\,H_2O + 8\,Al^{3+} \\
3\,F_2 + 3\,H_2O & \rightleftharpoons & 6\,F^- + O_3 + 6\,H^+
\end{array}$$

En milieu basique :

$$\begin{array}{ccc}
NO_3{}^- + H_2O + S^{2-} & \rightleftharpoons & S + NO_2{}^- + 2\,HO^- \\
6\,MnO_4{}^- + I^- + 6\,HO^- & \rightleftharpoons & 6\,MnO_3{}^- + IO_3{}^- + 3\,H_2O \\
 & \vdots &
\end{array}$$

Exercice 8 — *Réaction d'oxydo-réduction*

1. $$Cd^{2+} + Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + Cd \qquad K = \frac{[Fe^{2+}]}{[Cd^{2+}]}$$

   On isole K avec l'égalité des potentiels à l'équilibre et la formule de Nernst :

   $$K = 21,5$$

2. $$K = \frac{x_{eq}}{c_0 - x_{eq}} = 21,5 \implies x_{eq} \approx 9,55 \cdot 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

   Donc $[Cd^{2+}] = 4,5 \cdot 10^{-4}$ mol·L^{-1} et $[Fe^{2+}] = 9,55 \cdot 10^{-3}$ mol·L^{-1}

Exercice 9 — *Dosage d'une solution d'eau oxygénée*

1. $$6\,H^+ + 2\,MnO_4{}^- + SH_2O_2 \rightleftharpoons 2\,Mn^{2+} + SO_2 + 4\,H_2O$$

2. À l'équilibre, $n_{H_2O_2} = n_{Mn^{2+}}$ donc $V_{eq} = \dfrac{c_0 V_0}{c}$. **AN :** $V_{eq} = 9$ mL.

Chapitre 29

Lois de l'induction

I J'applique mon cours

Exercice 1 — *Évaluer le flux d'un chap magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan*

1. $$\phi = \vec{B}_0 \cdot \vec{S} = -B_0 S$$

2. $$\phi = B_0 S$$

3. $$\phi = \iint \vec{B}(r) \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \iint \frac{1}{r} \mathrm{d}r\mathrm{d}z = \frac{\mu_0 I \Delta z}{2\pi} \int \frac{\mathrm{d}r}{r} = \frac{\mu_0 I \ell}{2\pi} \ln\left(\frac{r_0 + L}{r_0}\right)$$

Exercice 2 — *Utiliser la loi de Lenz pourprédire ou interpréter les phénomènes physiques observés*

Si $\vec{B}$ reste constant, il n'y a pas de champ magnétique induit car il n'y a pas de courant induit dans le circuit (la dérivée de ϕ est nulle).

Si $\vec{B}$ augmente (diminue), le champ induit sera

1. Selon $-\vec{u}$ ($\vec{u}$)
2. Selon $-\vec{u}$ ($\vec{u}$)
3. Selon $-\vec{u}_\theta$ ($\vec{u}\theta$)

Exercice 4 — *Différentier le flux propre des flux extérieurs*

Le flux propre est causé par le champ magnétique créé par un circuit. Le flux extérieur est causé par un champ magnétique indépendant du circuit.

Exercice 5 — *Évaluer et connaître l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur, le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné*

On a un flux

$$\phi(t) = \iint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S} = \mu_0 n i(t) N \pi R^2$$

D'où

$$L = \mu_0 n N \pi R^2 = \frac{\mu_0 N^2 \pi R^2}{\ell}$$

Exercice 6 — *Établir le système d'équations en régime sinusoïdal forcé de deux bobines en interaction mutuelle*

On a le système suivant

$$\begin{cases} \phi_1(t) = L_1 i_1(t) + M i_2(t) \\ \phi_2(t) = L_2 i_2(t) + M i_1(t) \end{cases} \implies \begin{cases} e(t) - R_1 i_1(t) & = -\dfrac{\mathrm{d}\phi_1}{\mathrm{d}t} = -L_1 \dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} - M\dfrac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} \\ R_2 i_2 & = -\dfrac{\mathrm{d}\phi_2}{\mathrm{d}t} = -L_2 \dfrac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} - M\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} \end{cases}$$

Exercice 8 — *Connaître des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante*

C'est utilisé dans les transformateurs électriques.

Exercice 9 — *Interpréter qualitativement les phénomènes*
La force de laplace qui s'exerce sur le conducteur est perpendiculaire au plan $(\vec{\ell}, \vec{B})$. Si le circuit entier n'est pas normal à $\vec{B}$, alors la force de laplace a une composante non-nulle sur $\vec{e}_\theta$ qui fait tourner le circuit jusqu'à alignement.

Exercice 11 — *Expliquer l'origine des courants de Foucault et en connaître des exemples d'utilisation*
Un conducteur à proximité d'un circuit alimenté sera parcouru par un courant (le circuit induit un champ magnétique qui induit un courant dans le conducteur). C'est un courant de foucault. C'est utilisé pour chauffer par induction.

II Je m'entraîne

Exercice 12 — *Dissipation par effet Joule*

1. ϕ n'est pas constant, donc la f.e.m e est non nulle, et un courant est induit. On a
$$e = \Omega\phi_0 \sin\theta$$
2. La spire est équivalente à un circuit composé d'une résistance R et d'un générateur idéal de tension $e(t)$. On a $e(t) = Ri$, donc
$$i = \frac{\Omega\phi_0 \sin\theta}{R}$$

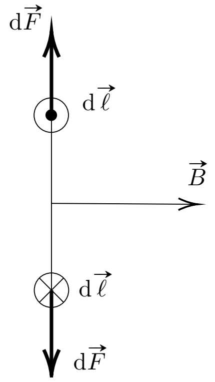
Exercice 13 — *Adaptation d'impédance*

1. (a) On a
$$i = \frac{E}{R_s + R_e} \implies p = i(E - R_s i) = \frac{E^2}{R_s + R_e} - \frac{R_s E^2}{(R_s + R_e)^2}$$
   (b) On dérive :
$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}R_e} = -\frac{E^2(R_e - R_s)}{(R_e + R_s)^3}$$
   La dérivée ne s'annule que pour $R_e = R_s$. On a donc un extrémum pour $R_e = R_s$. C'est un maximum car la dérivée est décroissante localement.
2. (a) On a de même
$$p = \frac{E^2\cos^2(\omega t)}{R_e + R_s} - \frac{R_s E^2 \cos^2(\omega t)}{(R_e + R_s)^2} = \cos^2(\omega t)\left(\frac{E^2}{R_s + R_e} - \frac{R_s E^2}{(R_s + R_e)^2}\right)$$
   On a
$$\frac{1}{T}\int_0^T \cos^2(\omega t)\mathrm{d}t = \frac{1}{2} \implies p_m = \frac{1}{2}\left(\frac{E^2}{R_s + R_e} - \frac{R_s E^2}{(R_s + R_e)^2}\right)$$
   On se ramène au 1.(a)
   (b) i. On a
$$\frac{u_1}{u_2} = \left|\frac{\underline{u}_1}{\underline{u}_2}\right| = m \iff u_1 = m u_2$$
   ii. Toute la puissance est transmise donc
$$u_1 i_1 = u_2 i_2 \implies \frac{i_2}{i_1} = m$$
   iii. On a
$$\frac{u_1}{i_1} = \frac{m^2 u_2}{i_2} = m^2 R_e$$

Exercice 14 — *Équilibre d'une spire dans un champ*

1. Il y a deux positions d'équilibre : $\theta = 0$ et $\theta = \pi$. Dans n'importe quelle autre configuration, le couple des forces de laplace est non-nul

2. — Si $\theta = 0$, alors les forces de laplace sont dirigées vers l'extérieur (il suffit de regarder la direction du produit vectoriel $\mathrm{d}\vec{\ell} \wedge \vec{B}$) :



L'équilibre est stable
— Si $\theta = \pi$, alors les forces de laplace sont dirigées vers l'intérieur. Une petite perturbation causera le retournement de la spire. L'équilibre est instable.

III Je progresse

Exercice 16 — *Propulseur électromagnétique*

1. Le courant induit un champ magnétique, qui créé une force de laplace sur le barreau. Le barreau étant mobile, il se déplace.
2. On a
$$\mathcal{P} = i\frac{\mathrm{d}\phi_p}{\mathrm{d}t} = Li\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + i^2\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} = \frac{L}{2}\frac{\mathrm{d}i^2}{\mathrm{d}t} + i^2\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t}$$
3. On a, si x est constante
$$e(t) = Ri + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$
Donc, puisque le terme Ri^2 correspond à l'effet joule (donc pas d'énergie magnétique),
$$\frac{\mathrm{d}\mathcal{E}_M}{\mathrm{d}t} = Li\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2}L\frac{\mathrm{d}i^2}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2}\frac{\mathrm{d}Li^2}{\mathrm{d}t}$$
Alors,
$$P_{meca} = \mathcal{P} - \frac{\mathrm{d}\mathcal{E}_M}{\mathrm{d}t} = \frac{L}{2}\frac{\mathrm{d}i^2}{\mathrm{d}t} + i^2\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} - \frac{1}{2}\frac{\mathrm{d}Li^2}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2}i^2\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$$
4. On a $P_{meca} = \vec{F}\cdot\vec{v}$ d'où
$$F = \frac{1}{2}i^2\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}x}$$