

Électrochimie : de l'électron aux smartphones

Martin Vérot

Département de Chimie - ENS de Lyon

15 mai 2017



L'électrochimie : c'est quoi ?

Lien entre l'électricité et les changements d'état de la matière.

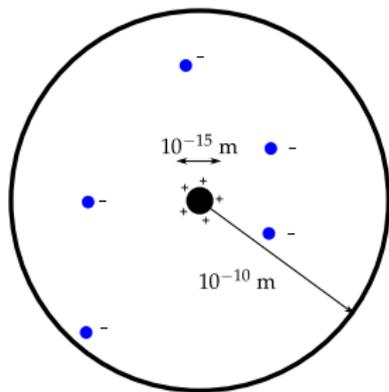
En général, cela correspond au fait d'échanger des électrons.



Échanger des électrons, des effets visibles



Atome



- 1 atome : nous sommes 10 000 millions de fois plus grand
- 1 électron : 100 000 fois plus petit qu'un atome.

Changer le nombre d'électrons : **électrochimie** ;

Changer le nombre de protons : **réaction nucléaire** ;



L'électron : porteur de charge élémentaire

Charge élémentaire :

$$e = 1,602\,176\,6208(98) \times 10^{-19} \text{ C}$$

Il y a conservation de la charge pour un système isolé.



Pas de gagnant-gagnant



S'il y a un gagnant, il y a un perdant :

Il y a toujours **une oxydo-réduction**

Si on gagne des électrons : il y a une **réduction**



Qui est qui ?



Lien entre chimie et électricité

- La chimie c'est connaître la **composition** en atomes et molécules et leur *transformation* sous l'effet d'une réaction.
- L'électricité c'est étudier le *déplacement* des électrons sous l'effet d'une **tension**.

Électricité

Chimie

Tension (U, E, V) Quantité de molécules ou atomes (n_i, mol)

Intensité (I, A) Vitesse de la réaction ($v, \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)



Lien entre chimie et électricité

Électricité

Chimie

Tension (U, E, V) Quantité de molécules ou atomes (n_i, mol)

Intensité (I, A) Vitesse de la réaction ($v, \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)

$$E = E^\circ + \alpha \log \left(\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} \right)$$

$$I \propto v$$



Et tout ça on en fait quoi ?



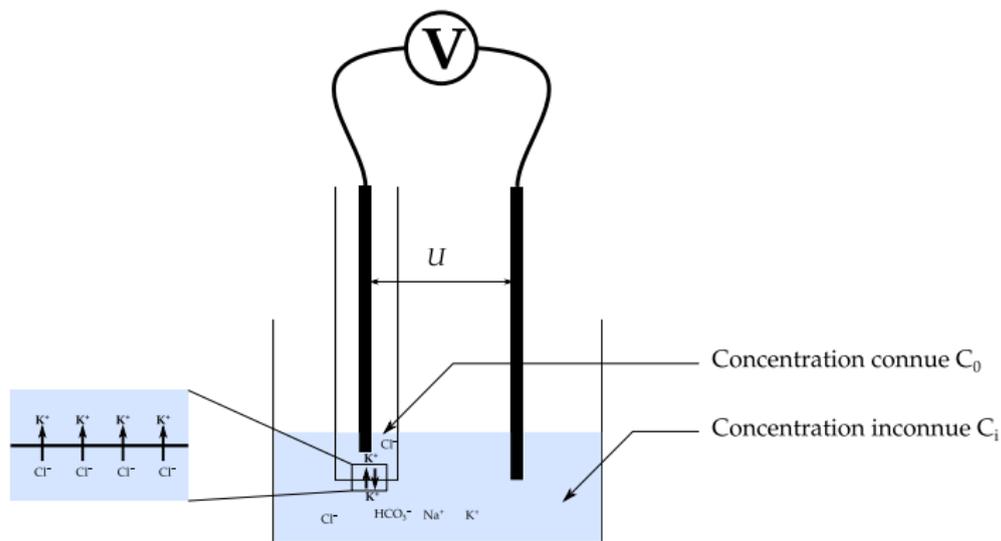
Et tout ça on en fait quoi ?



- NFS, Numération de la Formule Sanguine, décompte des globules et plaquettes
- Chimie standard, iono(gramme) : espèces dans le sang **sodium** (Na^+), **potassium** (K^+), **chlorure** (Cl^-), **hydrogénocarbonate** et dioxyde de carbone (HCO_3^- , CO_2), urée, créatinine, glucose.

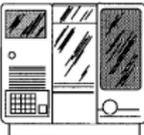
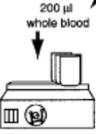
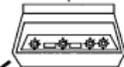
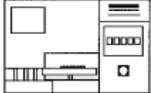
Ces ions et molécules contrôlent des fonctions de base (transfert message nerveux, équilibres entre cellule et sang, etc). Pour les mesurer on utilise des **électrodes indicatrices**.

Électrode spécifique



$$U \propto B \log \left(\frac{C_i}{C_0} \right) \quad \text{avec } B \text{ et } C_0 \text{ connus}$$

Gain grâce à la mesure électrochimique

<p>STAT PROFILE</p>  <p>Heparinized Syringe 250 µl whole blood</p>	 <p>STAT PROFILE 5 ANALYZER pH, pO₂, pCO₂, Hct, Hb, Na⁺, K⁺, Cr, Ca⁺⁺, Glu, Osmolality</p>	<p>Operating Steps 1 Step</p>	<p>Analysis Time 1½ Minutes</p>	<p>Whole Blood ¼ Milliliter</p>	
<p>OLD TECHNOLOGY STAT ANALYZERS</p>					
 <p>Heparinized Syringe 350 µl whole blood</p> <p>200 µl whole blood</p>  <p>BLOOD GAS ANALYZER Operating Steps: 5 Analysis Time: 2.5</p> <p>150 µl whole blood</p>  <p>Ca⁺⁺ ANALYZER Operating Steps: 7 Analysis Time: 1</p>	 <p>7 ml whole blood</p>  <p>CENTRIFUGE Operating Steps: 3 Analysis Time: 5</p> <p>10 to 100 µl serum</p>  <p>GLUCOSE ANALYZER Operating Steps: 18 Analysis Time: 5</p> <p>10 to 100 µl serum</p>  <p>ELECTROLYTE ANALYZER Operating Steps: 10 Analysis Time: 1</p> <p>25 to 500 µl serum</p>  <p>OSMOMETER Operating Steps: 10 Analysis Time: 5</p>	 <p>1 ml whole blood</p>  <p>HEMATOCRIT CENTRIFUGE Operating Steps: 5 Analysis Time: 5</p>	<p>Operating Steps 58 Steps</p>	<p>Analysis Time 15¼ Minutes</p>	<p>Whole Blood 8½ Milliliter</p>

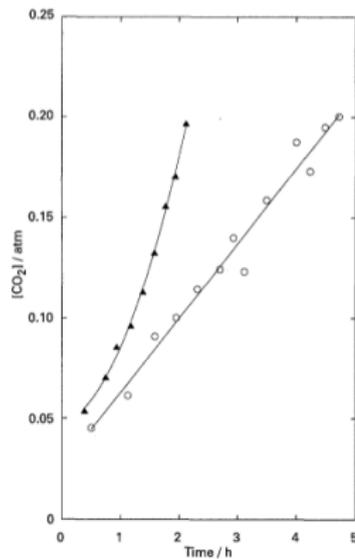
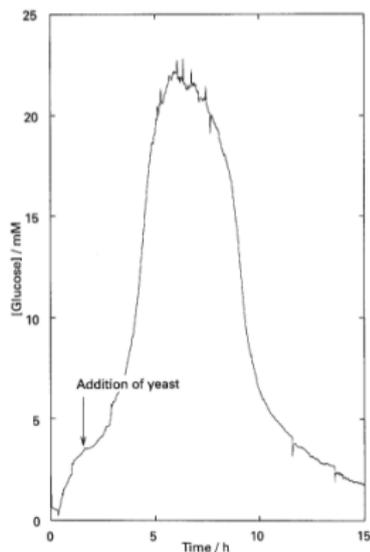
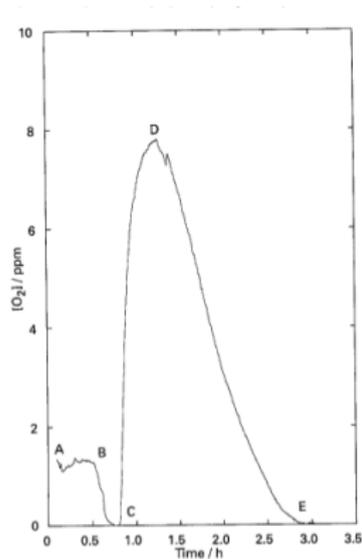
Development of an electrochemical workstation for monitoring the fermentation of beer

W. J. ALBERY, M. S. APPLETON*, T. R. D. PRAGNELL, M. J. PRITCHARD, M. UTTAMLAL[‡]

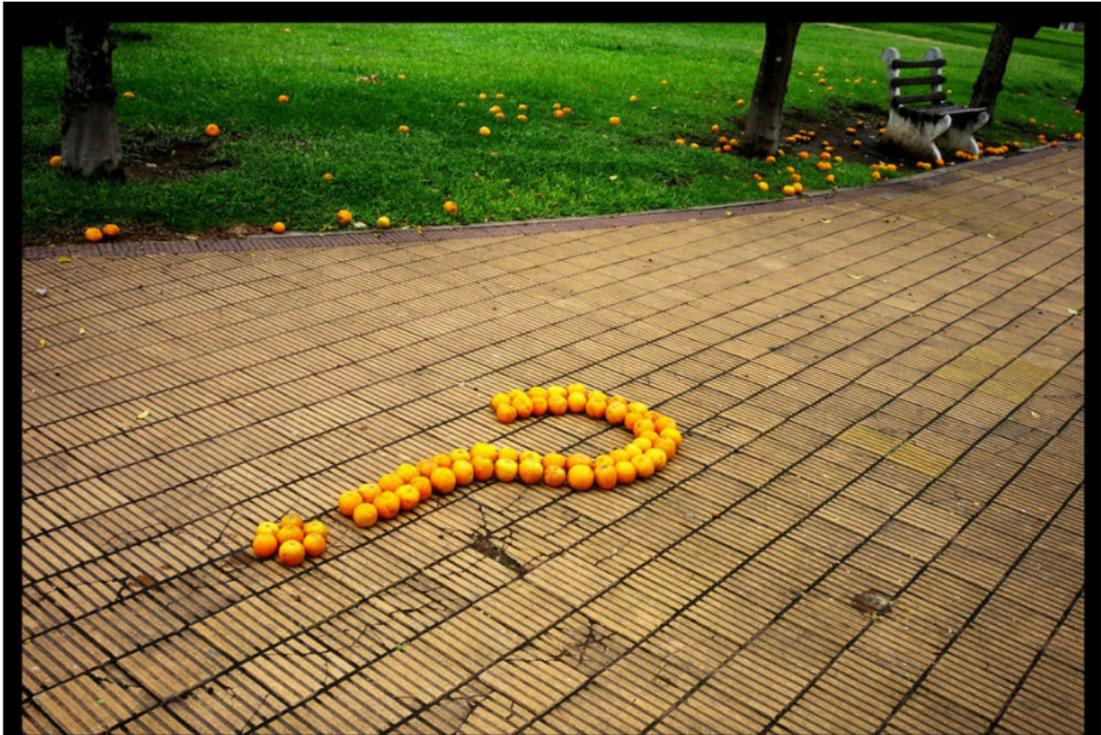
Molecular Sensors Unit, New Chemistry Laboratory, South Parks Rd, Oxford OX1 3QT, Great Britain

L. E. FIELDGATE, D. R. LAWRENCE, F. R. SHARPE

Whitbread Technical Centre, Park St, Luton LU1 3ET, Great Britain



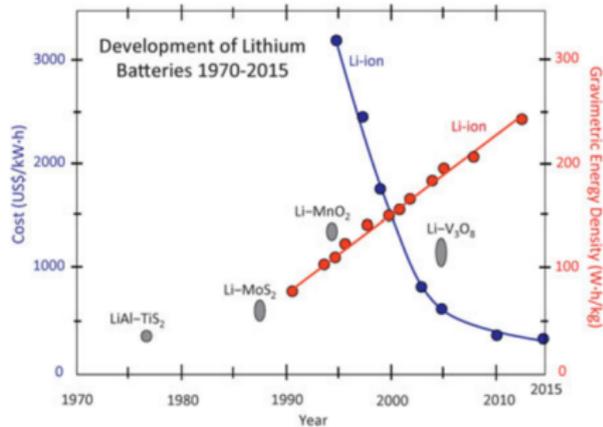
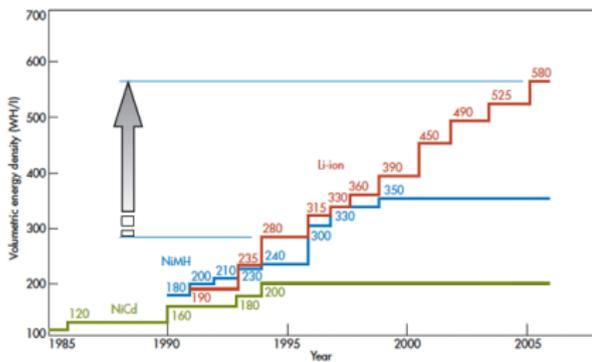
De l'électrochimie tous les jours ?



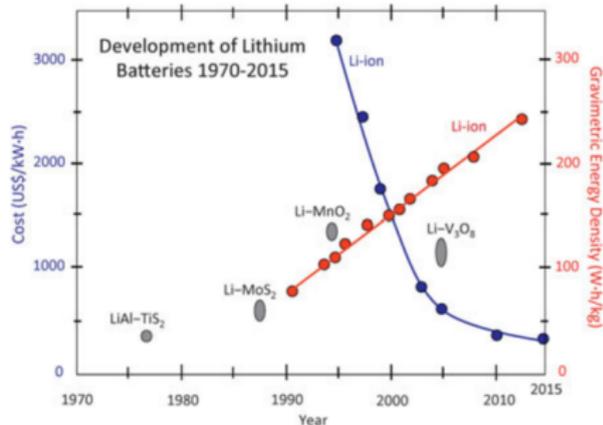
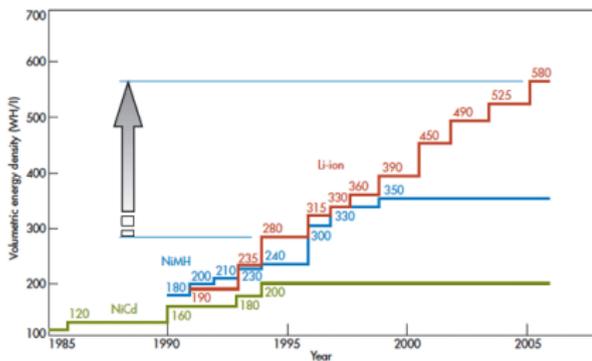
"Orange Signs II - Question"
(Signos Naranjas II - Pregunta)



Batteries / accumulateurs



Batteries / accumulateurs



Boom technologique lié .. au smartphone.

Illustration avec la pile à hydrogène

Cycles de charge

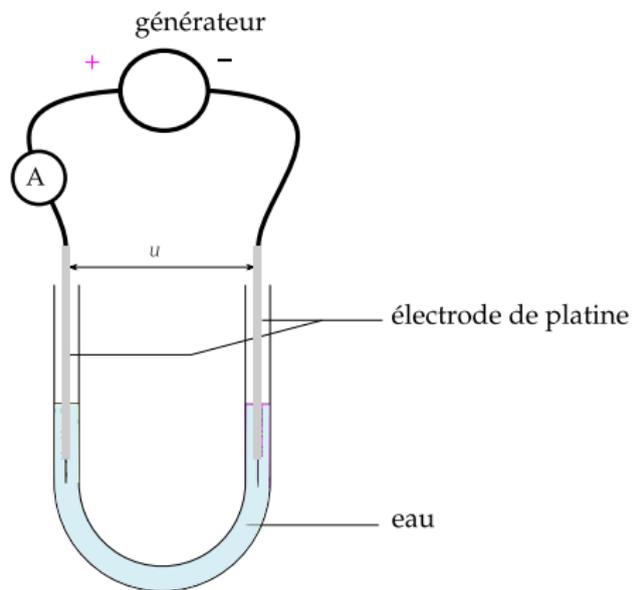


Illustration avec la pile à hydrogène

Cycles de charge

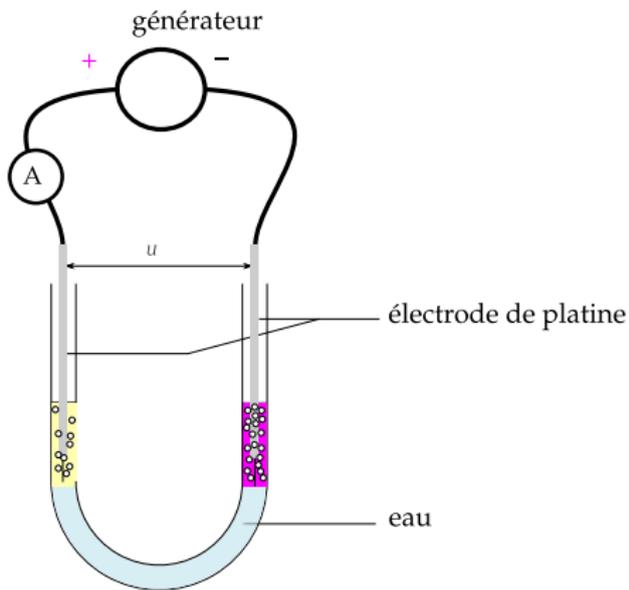
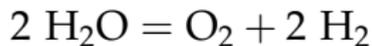
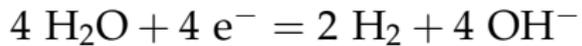
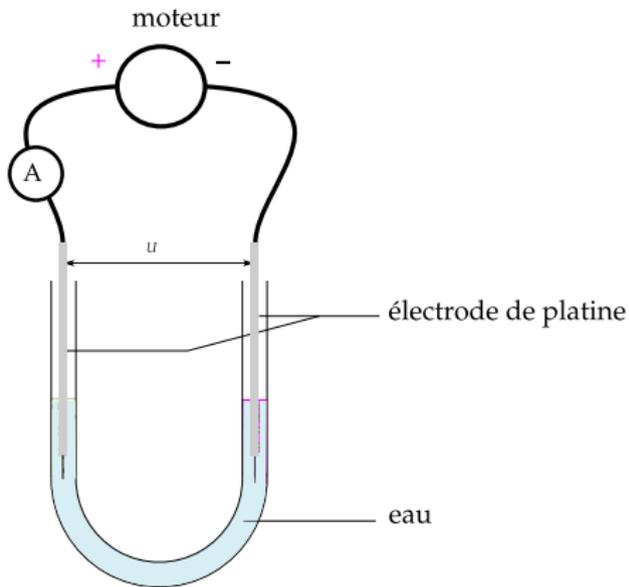
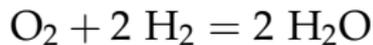
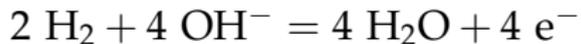
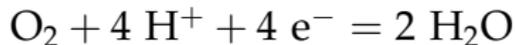


Illustration avec la pile à hydrogène

Cycles de décharge



Comment optimiser ?

Énergie $\propto U \times I$

U lié à l'atome ou la molécule

Couple	Potentiel standard (V)	Masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{Li}_{(\text{s})}$	-3,0401	7
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- = \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,7618	65
$\text{PbSO}_{4(\text{s})} + 2 \text{e}^- = \text{Pb}_{(\text{s})} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,3588	303
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_{2(\text{g})}$	0,0000	1
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- = \text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,340	64
$\text{O}_{2(\text{g})} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,23	18
$\text{PbO}_{2(\text{s})} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,460	239
$\text{F}_{2(\text{g})} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = 2 \text{HF}_{(\text{aq})}$	+3,05	19

Comment optimiser ?

Énergie $\propto U \times I$

I nombre d'électrons, électrodes, jonction électrolytique

Problème de **miniaturisation** du système.

En cas de souci, ça peut coûter... des milliards de dollars.

Samsung galaxy S7 ou quand ça va mal



Samsung galaxy S7 ou quand ça va mal

Énergie	Capacité	Tension
13,48 Wh	3500 mAh	3,85 V

Ça veut dire quoi ?

Samsung galaxy S7 ou quand ça va mal

Énergie	Capacité	Tension
13,48 Wh	3500 mAh	3,85 V

Ça veut dire quoi ?

13,48 Wh = 48,5 kJ

Soulever une voiture de deux tonnes de deux mètres

Porter 10 litres d'eau à ébullition !

Samsung galaxy S7 ou quand ça va mal

Énergie	Capacité	Tension
13,48 Wh	3500 mAh	3,85 V

Ça veut dire quoi ?

13,48 Wh = 48,5 kJ

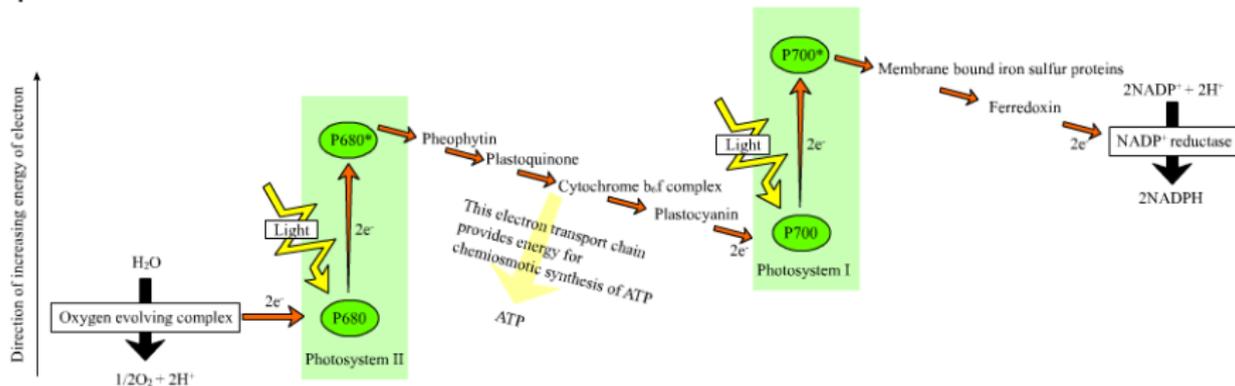
Soulever une voiture de deux tonnes de deux mètres

Porter 10 litres d'eau à ébullition !

Plus d'autonomie rime avec plus de risque

Pendant ce temps

Aujourd'hui, on utilise de nombreux métaux toxiques et instables alors que dans la nature :



Lumière naturelle, quasiment pas de métaux toxiques, en milieu aqueux.

Merci pour votre attention

