

Biopile

Question simple

Pile électrochimique : Exemple la pile Daniell

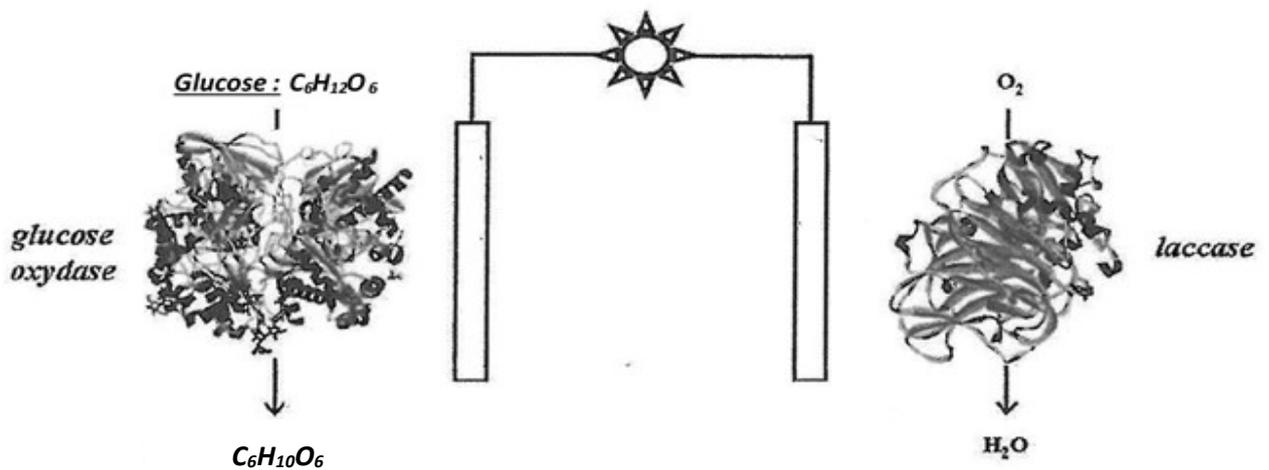
Couples concernés : $Cu^{2+}/Cu_{(s)}$ $Zn^{2+}/Zn_{(s)}$
Potentiels standards (à 25°C) : $E^0(Cu^{2+}/Cu_{(s)}) = 0,34 V$ $E^0(Zn^{2+}/Zn_{(s)}) = - 0,72 V$

Sur l'exemple de la pile Daniell, exposez les notions suivantes :

- Schéma de la pile, réaction aux électrodes, nom des électrodes, polarité, bilan
- Tension à vide
- Capacité électrique
- Energie libérée, puissance

Question ouverte

En 2010, des chercheurs ont ainsi réussi à mettre au point une pile uniquement alimentée par le glucose de l'organisme. Ce dispositif de quelques millimètres permet au dioxygène et au sucre présents dans différents liquides physiologiques du corps de réagir. Cette réaction, qui génère des électrons, conduit à la production de courant par la pile. Le procédé, totalement naturel, est basé sur l'oxydation du glucose par le dioxygène, avec l'utilisation d'enzymes qui recouvrent les électrodes. L'obstacle majeur d'un développement à large échelle des biopiles reste leurs dimensions. Pour alimenter de gros appareils, il faut en effet en associer un grand nombre.



Quelle est la durée de fonctionnement d'un lecteur nomade d'une puissance de 150mW, alimenté par une pile au glucose composée d'un litre de jus de raisin ?

Document n°1 : Données d'oxydo-réduction (à 25°C)

Potentiel standard : $E^0(I_2/I^-) = 0,62 \text{ V}$

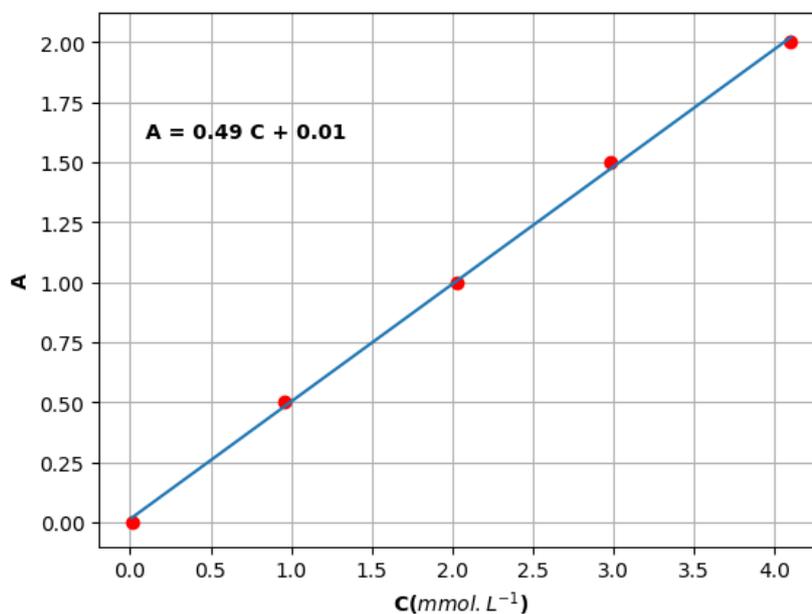
Potentiel standard apparent à pH = 7 : $E^0(C_6H_{10}O_6/C_6H_{12}O_6) = -0,57 \text{ V}$ $E^0(O_{2(g)}/H_2O) = 0,81 \text{ V}$

Document n°2 : Protocole et résultat du dosage du glucose dans le jus de raisin

On introduit dans une fiole jaugée de 50 mL, 2,0 mL de jus de raisin et 20,0 mL d'une solution de diiode de concentration $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La fiole est complétée par une solution tampon à pH = 10. Le mélange obtenu est mis sous agitation pendant 1,0 h. La solution est alors acidifiée à l'aide d'acide chlorhydrique à 2 mol/L ; la couleur brune du diiode réapparaît.

Une fois la réaction terminée le diiode, initialement introduit en excès, est dosé par spectrophotométrie, l'appareil est réglé à la longueur d'onde de 440 nm : la mesure de l'absorbance d'un échantillon de la solution donne $A = 1,6$.

Une courbe d'étalonnage (donnée ci-dessous) a été tracée à cette longueur d'onde à partir de quatre solutions de concentration connue en diiode.



Document n°3 : Diagrammes E-pH

Diagramme potentiel-pH de l'iode :

Le diagramme potentiel-pH simplifié de l'élément iode est tracé pour une concentration maximale en élément iode égale à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Toutes les espèces sont considérées comme solubles et il y a égalité des concentrations de l'élément iode sur la frontière.

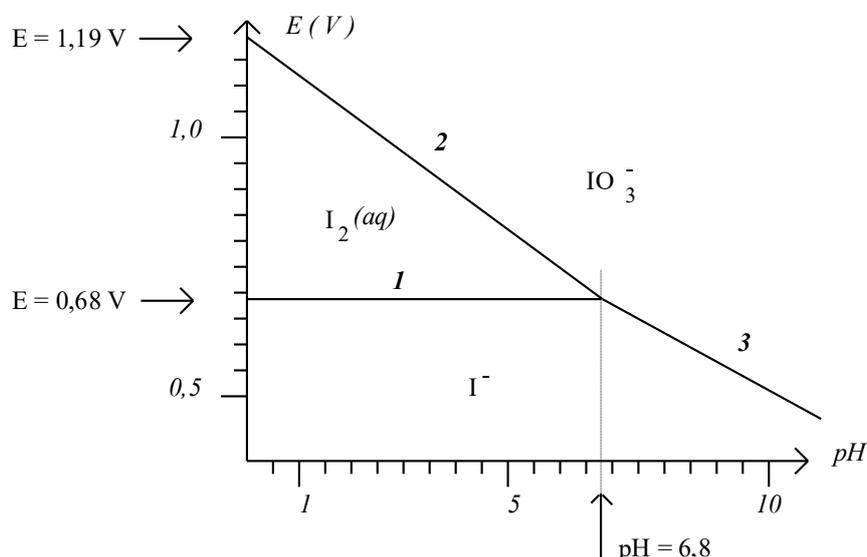
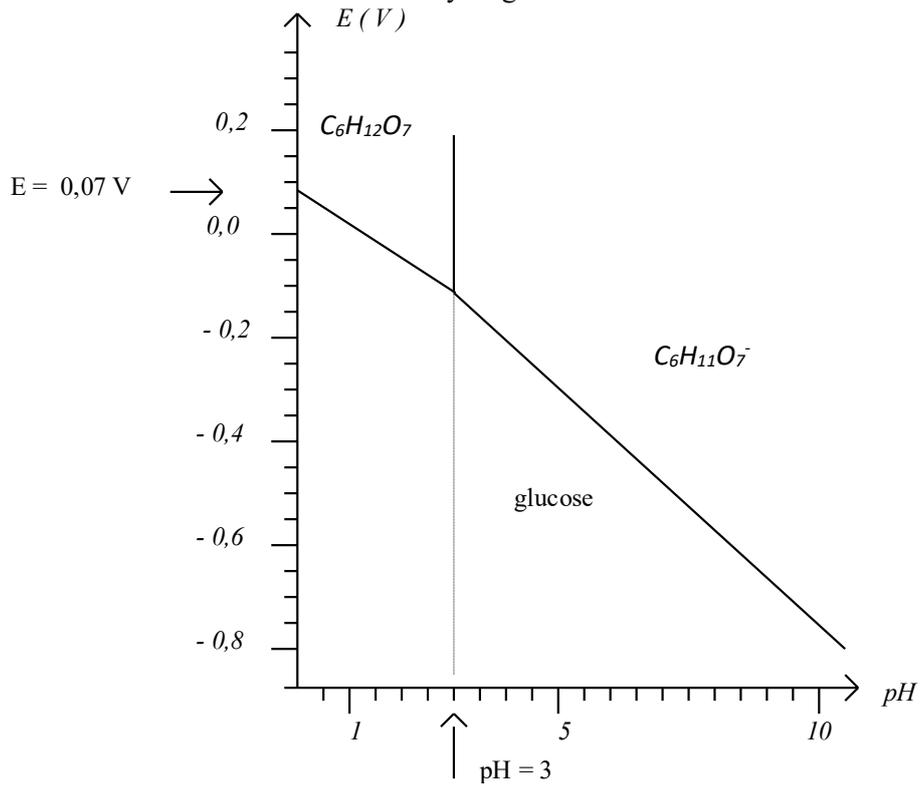


Diagramme potentiel-pH du glucose :

Le diagramme potentiel-pH simplifié du "glucose" est tracé pour une concentration maximale égale à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Toutes les espèces sont considérées comme solubles et il y a égalité des concentrations sur la frontière.



Documents supplémentaires à distribuer selon le temps disponible :

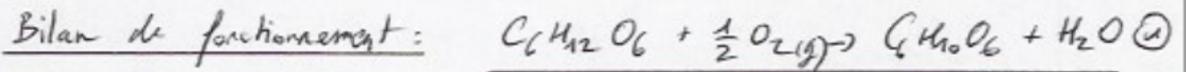
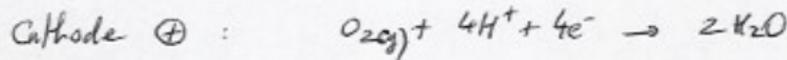
Le script python associé au document n°2 est le suivant :

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import numpy.random as rd
4
5
6 A = np.array([0, 0.5, 1.0, 1.5, 2])
7 I2 = np.array([0.01,0.96,2.03,2.98,4.1])
8
9 p=np.polyfit(I2,A,1)
10
11 plt.plot(I2, A, 'ro')
12 plt.plot(I2, p[0]*I2+p[1])
13 plt.xlabel('C($mmol.L^{-1}$)', fontweight='bold')
14 plt.ylabel('A', fontweight='bold')
15 plt.text(0.1,1.6,f"A = {round(p[0],2)} C + {round(p[1],2)}", fontweight='bold')
16 plt.grid()
17 plt.show()
18
19
20 N=10000
21 coefficient_directeur=[]
22 ordonnee_a_l_origine=[]
23 for k in range(N):
24     I2_sim=[]
25     A_sim=[]
26     for i in range(len(I2)):
27         I2_rd=rd.normal(I2[i],0.05)
28         A_rd=rd.normal(A[i],0.01)
29         I2_sim.append(I2_rd)
30         A_sim.append(A_rd)
31     p = np.polyfit(I2_sim,A_sim,1)
32     coefficient_directeur.append(p[0])
33     ordonnee_a_l_origine.append(p[1])
34 u_cd=np.std(coefficient_directeur,ddof=1)
35 u_oo=np.std(ordonnee_a_l_origine,ddof=1)
```

Le premier bloc (lignes 1 à 17) permet le tracé de la courbe donnée dans le document 2. Que permet de faire le deuxième bloc (lignes 20 à 35) ?

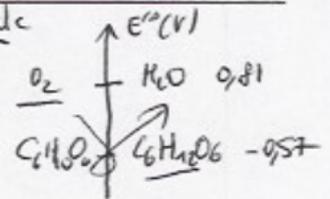
Biopile - correction

1. * Fonctionnement de la biopile:



* Energie libérée par la biopile:

pH = 7 $\Rightarrow \Delta_r G^{\circ} = -nF \Delta E^{\circ}$



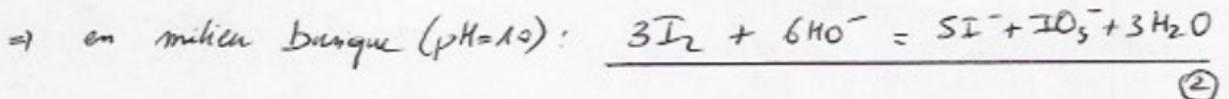
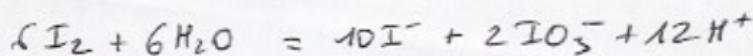
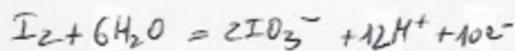
$= -2 \times F \times [(1,23 - 0,06 \times 7) - (-0,57)]$

$\Delta_r G^{\circ} = -266 \text{ kJ/mol}$ (par mole de glucose oxyd.)

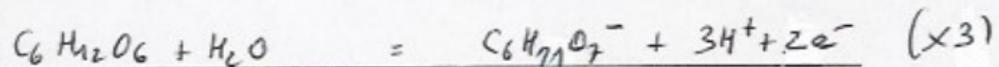
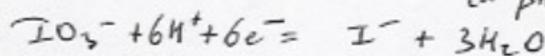
* Quantité de glucose dans 1L de jus de raisin:

+ voir doc 2: Titrage en retour du diiode par spectrophotométrie.

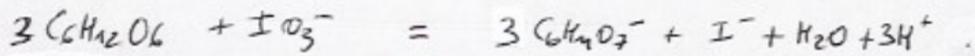
+ à pH=10, dismutation de I_2 en IO_3^- et I^- :



+ IO_3^- et glucose \in 2 domaines disjoints \rightarrow réaction totale: (à pH=10)



(2)



en milieu basique : $3 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \overset{\text{(exis)}}{\text{I}_2\text{O}_3^-} + 3\text{H}_2\text{O} = 3 \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7^- + \text{I}^- + 4\text{H}_2\text{O}$ (3)

+ puis passage en milieu acide : $\rightarrow \text{I}_2$ (inverse de (3))
(2')

la quantité de I_2 restante est ensuite dosée par spectrophotométrie.

$$+ A = 16 \Rightarrow [\text{I}_2]_{\text{exc}} = 3,2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$n_{\text{I}_2, \text{exc}} = 3,2 \times 50 \times 10^{-3} = 0,16 \text{ mmol dans } 50 \text{ mL}$$

$$(2) \Rightarrow n_{\text{I}_2, 0} = \frac{A_{\text{I}_2, 0}}{3} \quad \text{et} \quad n_{\text{I}_2, \text{exc}} = \frac{A_{\text{I}_2, \text{exc}}}{3}$$

$$(3) \Rightarrow n_{\text{I}_2, \text{réact}} = \frac{n_{\text{glucose}}}{3} \\ = n_{\text{I}_2, 0} - n_{\text{I}_2, \text{exc}}$$

$$\Rightarrow n_{\text{glucose}} = \frac{n_{\text{I}_2, 0} - n_{\text{I}_2, \text{exc}}}{2}$$

AN: dans 50 mL : $n_{\text{glucose}} = 0,020 \times 2 \times 10^{-2} - 0,16 \times 10^{-3}$

et 30 mL de jus de raisin : $n_{\text{glucose}} = 2,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$

dans 1L de jus de raisin : $n_0 = 2,4 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{2} = \underline{0,12 \text{ mol}}$
de glucose

* Durée de fractionnement du mp3 :

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{n_0 \times |\Delta G^\circ|}{150 \times 10^{-3}}$$

AN: $\Delta t = 2,1 \times 10^8 \text{ s} = 59 \text{ h}$

Script Python : le deuxième bloc (lignes 20 à 35) permet, par la méthode Monte-Carlo, d'estimer les incertitudes sur la pente et l'ordonnée à l'origine issues de la régression linéaire.