

DOSAGE DU GLUCOSE DANS LE *RED BULL*®

Dans cette partie, on s'intéresse à un protocole permettant de déterminer la quantité de glucose dans une canette de *Red Bull*®. Cette méthode, dite indirecte, consiste à faire réagir le glucose avec une solution aqueuse de diiode en excès (de concentration connue), puis à doser le diiode restant avec une solution de thiosulfate de sodium.

J / L'iode en solution aqueuse

On analyse dans un premier temps le diagramme potentiel-pH de l'élément iode représenté sur la figure 12. On se limite dans cette étude aux espèces suivantes : diiode $I_{2(aq)}$, ions iodate IO_3^- et ions iodure I^- . La concentration de chacune des espèces iodées est égale à $c_T = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ sur les frontières.

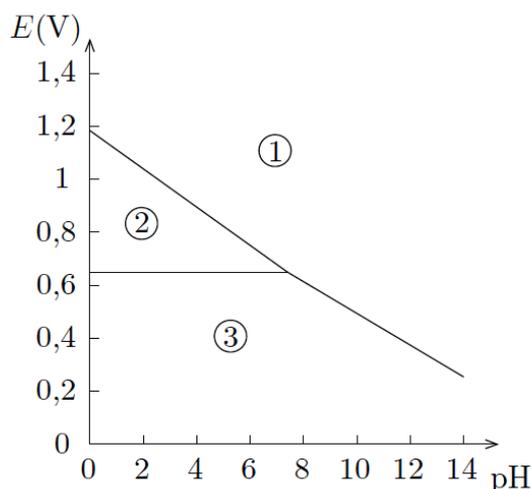


FIGURE 12 – Diagramme potentiel-pH de l'iode.

En notant T la température, on pourra utiliser l'approximation suivante dans les calculs :

$$\frac{RT}{\mathcal{F}} \ln x \simeq 0,06 \log x \quad (\text{en V})$$

- J1.** Calculer le nombre d'oxydation de l'élément iode dans les trois espèces citées. En déduire l'espèce prédominante dans chacun des domaines (①, ②, ③) du diagramme.
- J2.** En utilisant la relation de Nernst et la convention de tracé du diagramme, établir l'équation $E_{2-3} = f(\text{pH})$ de la frontière séparant les domaines ② et ③.
- J3.** De la même manière, établir l'équation $E_{1-2} = f(\text{pH})$ de la frontière séparant les domaines ① et ②.
- J4.** Déterminer par le calcul les coordonnées du point d'intersection des frontières, et vérifier les valeurs obtenues à l'aide du diagramme.

K / Principe du dosage

On détaille ci-dessous le protocole expérimental du dosage :

- Étape 1 : on introduit dans un erlenmeyer un volume $V_1 = 20$ mL d'une solution de diiode de concentration $c_1 = 0,05$ mol.L⁻¹.
- Étape 2 : on ajoute dans l'erlenmeyer 5 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{HO}_{(\text{aq})}^-$) à 2,5 mol.L⁻¹. La solution se décolore.
- Étape 3 : on ajoute au mélange précédent un volume $V_0 = 2$ mL de *Red Bull*[®] de concentration en glucose c_0 inconnue. On bouche l'erlenmeyer, on l'agite et on laisse agir 30 minutes à l'obscurité.
- Étape 4 : après cette attente, on ajoute dans l'erlenmeyer 10 mL d'acide chlorhydrique ($\text{H}_{(\text{aq})}^+ + \text{Cl}_{(\text{aq})}^-$) à 2 mol.L⁻¹. La coloration brune réapparaît.
- Étape 5 : on remplit une burette d'une solution de thiosulfate de sodium ($2 \text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{S}_2\text{O}_{3(\text{aq})}^{2-}$) de concentration $c_2 = 0,10$ mol.L⁻¹ et on titre le contenu de l'erlenmeyer en présence d'empois d'amidon. On observe une décoloration complète de la solution pour un volume versé de thiosulfate de sodium noté V_2 .

On indique que $\text{I}_{2(\text{aq})}$ a une coloration brune en solution ; les ions $\text{IO}_{3(\text{aq})}^-$ et $\text{I}_{(\text{aq})}^-$ sont incolores en solution.

K1. À la lumière du diagramme E -pH de l'iode (voir figure 12), quelle réaction s'est produite lors de l'étape 2 ? Écrire l'équation de cette réaction.

K2. Comment se nomme ce type de réaction ? En donner une définition précise.

K3. Lors de l'étape 3, le glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{aq})}$ est oxydé en ions gluconate $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_{7(\text{aq})}^-$ par les ions iodate $\text{IO}_{3(\text{aq})}^-$ en milieu basique. Écrire les demi-équations d'oxydo-réduction des couples concernés, puis la réaction bilan qui se produit pendant cette étape.

K4. À la lumière du diagramme E -pH, quelle réaction s'est produite au cours de l'étape 4 ? Écrire l'équation de cette réaction, puis nommer ce type de réaction.

K5. Lors du dosage (étape 5), le diiode $\text{I}_{2(\text{aq})}$ restant est réduit en ions iodure $\text{I}_{(\text{aq})}^-$ par les ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_{3(\text{aq})}^{2-}$; il se forme au cours de cette réaction des ions tétrathionate $\text{S}_4\text{O}_{6(\text{aq})}^{2-}$. Écrire l'équation bilan du titrage.

K6. En exploitant les potentiels standard des couples en présence, déterminer, littéralement puis numériquement, la constante d'équilibre K^0 de la réaction de titrage. Cette dernière peut-elle être considérée comme totale ?

L / Exploitation des résultats expérimentaux

Après avoir répété ce protocole trois fois, l'expérimentateur mesure un volume moyen $V_2 = 15,4$ mL. On cherche à en déduire la concentration en glucose c_0 dans le volume V_0 de *Red Bull*[®].

- L1.** Exprimer littéralement, en fonction de c_1 et V_1 , la quantité de diiode n_1 initiale (étape 1).
- L2.** Exprimer littéralement, en fonction de c_2 et V_2 , la quantité de diiode n_2 présente dans l'erlenmeyer avant le titrage (étape 5).
- L3.** Exprimer littéralement, en fonction de n_1 et n_2 , la quantité d'ions iodate n_3 ayant réagi avec le glucose (étape 3). En supposant cette réaction totale, et en considérant que le glucose est le réactif limitant de cette réaction, en déduire la quantité de glucose n_0 ayant réagi.
- L4.** En déduire enfin la concentration c_0 en fonction de c_1 , V_1 , c_2 , V_2 et V_0 . Calculer numériquement c_0 .
- L5.** Déduire de la question précédente la masse m de glucose présente dans une canette de *Red Bull*[®] de volume $V = 250$ mL. Confronter cette valeur expérimentale à celle donnée dans le document 6.

- Potentiels standard à pH=0 :

Couple	$I_{2(aq)}/I_{(aq)}^-$	$IO_{3(aq)}^-/I_{2(aq)}$	$S_4O_{6(aq)}^{2-}/S_2O_{3(aq)}^{2-}$
$E^0(V)$	0,62	1,19	0,09

- Masses molaires :

Atome	H	C	O	Na	Al	Cl
$M(g.mol^{-1})$	1,0	12,0	16,0	23,0	27,0	35,5

Document 6. *L'abus de boissons énergisantes présente-t-il un risque ?*, La Presse Médicale, 2015 :
Composition d'une canette de 250 mL de *Red Bull*[®] :

- Taurine : 1000 mg
- Glucuronolactone : 600 mg
- Caféine : 80 mg
- Saccharose : 21,5 g
- Glucose : 5,25 g
- Inosite : 50 mg
- Niacine : 20 mg
- Vitamine B6 : 5 mg
- Acide pantothénique : 5 mg
- Vitamine B12 : 0,005 mg
- Adjuvants et additifs :
 - acide citrique (E 330)
 - arômes naturels et artificiels
 - colorants (caramel et riboflavine)