

---

**DM N°8**  
**Chimie**

---

Lycée **LANGEVIN - WALLON**

20 octobre 2020

# À lire attentivement...

Les candidats devront vérifier que le sujet comporte bien 5 pages numérotées 1/5, 2/5, ... 5/5.

Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.

Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points. Les résultats numériques devront être donnés sous la forme appropriée.

Le sujet comporte :

- 1 exercice d'annale de chimie.

Les diverses parties peuvent être traitées dans l'ordre choisi par le candidat. Il prendra toutefois soin de bien numéroter les questions.



**Fig. 1** – Carte mémoire des équilibres chimiques

L'EMPLOI DE LA CALCULATRICE OU DE TOUTE AUTRE AIDE ÉLECTRONIQUE,  
NOTAMMENT PYTHON, EST AUTORISÉ.

LE TRAVAIL AVEC SON COURS SOUS LES YEUX EST RECOMMANDÉ.

LE PHOTO-COPILLAGE DU TRAVAIL D'UN CAMARADE SERA SANCTIONNÉ.

UN RÉSULTAT NON ENCADRÉ NE SERA PAS PRIS EN COMPTE.

Si au cours de la rédaction, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et poursuivra sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

# 1 2018 E3A PSI Physique Chimie

## 1.1 Autour d'une boisson énergisante

Pour se désaltérer, les danseurs ont la possibilité de consommer en discothèque certaines boissons énergisantes, parmi lesquelles *Red Bull Energy Drink*®. Cette boisson contient en particulier de la caféine, de multiples vitamines et des glucides en quantités importantes, à l'origine de nombreuses controverses lors de sa commercialisation en France en 2008.

### Document 6 : L'abus de boissons énergisantes présente-t-il un risque ?

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 ;
- Inositol : 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).



La Presse Médicale, 2015

### 1.1.1 Refroidissement efficace d'une canette

Les canettes de *Red Bull*® sont en aluminium. Celles-ci pèsent 60 % de moins qu'il y a quelques années et sont recyclables à 100 %, ce qui fait économiser beaucoup d'énergie et de ressources.

#### Le métal aluminium

Le numéro atomique de l'aluminium est  $Z = 13$ .

1. Déterminer la configuration électronique de l'aluminium à l'état fondamental, en citant les règles utilisées.

L'aluminium métallique cristallise selon un réseau cubique à faces centrées, de paramètre de maille

a. On donne le rayon métallique de l'aluminium :  $r = 143$  pm.

2. Représenter la maille conventionnelle du réseau. En déduire la population de la maille, ainsi que la coordination d'un atome d'aluminium dans la structure.

3. L'empilement d'atomes étant supposé compact, déterminer une relation géométrique entre  $a$  et  $r$ .
4. Exprimer la masse volumique  $\rho_{\text{Al}}$  de l'aluminium, notamment en fonction de sa masse molaire  $M_{\text{Al}}$  et de  $a$ . Calculer numériquement  $\rho_{\text{Al}}$ .

D'autres boissons énergisantes sont conditionnées en canettes de fer-blanc (acier recouvert d'étain), mais dont le couvercle est en aluminium, pour éviter le risque de corrosion.

5. Donner l'ordre de grandeur de la masse volumique d'un acier ; à volume égal, quelle canette est la plus légère ?

### 1.1.2 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.

#### L'iode en solution aqueuse

On analyse dans un premier temps le diagramme potentiel-pH de l'élément iode représenté sur la figure 1.1. On se limite dans cette étude aux espèces suivantes : diiode  $\text{I}_{2(\text{aq})}$ , ions iodate  $\text{IO}_3^- (\text{aq})$  et ions iodure  $\text{I}^- (\text{aq})$ . La concentration de chacune des espèces iodées est égale à  $c_T = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  sur les frontières.

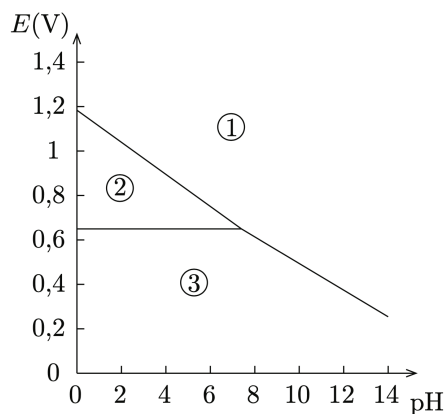


Fig. 1.1 – Diagramme potentiel-pH de l'iode

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

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

6. 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 et 3 du diagramme.
7. 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.
8. De la même manière, établir l'équation  $E_{1-2} = f(\text{pH})$  de la frontière séparant les domaines 1 et 2.
9. Déterminer par le calcul les coordonnées du point d'intersection des frontières, et vérifier les valeurs obtenues à l'aide du diagramme.

---

**Principe du dosage**

---

On détaille ci-dessous le protocole expérimental du dosage :

- Étape 1 : on introduit dans un erlenmeyer un volume  $V_1 = 20\text{ mL}$  d'une solution de diiode de concentration  $c_1 = 0,05\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- 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  $2,5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . La solution se décolore.
- Étape 3 : on ajoute au mélange précédent un volume  $V_0 = 2\text{ mL}$  de *Red Bull*<sup>®</sup> 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  $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . La coloration brune réapparaît.
- Étape 5 : on remplit une burette d'une solution de thiosulfate de sodium ( $2\text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$ ) de concentration  $c_2 = 0,10\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  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.

10. À la lumière du diagramme E-pH de l'iode (voir figure 1.1), quelle réaction s'est produite lors de l'étape 2 ? Écrire l'équation de cette réaction.
11. Comment se nomme ce type de réaction ? En donner une définition précise.
12. 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.
13. 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.
14. 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  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} (\text{aq})$  ; il se forme au cours de cette réaction des ions tétrathionate  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} (\text{aq})$ . Écrire l'équation bilan du titrage.
15. En exploitant les potentiels standard des couples en présence, déterminer, littéralement puis numériquement, la constante d'équilibre  $K^\circ$  de la réaction de titrage. Cette dernière peut-elle être considérée comme totale ?

---

**Exploitation des résultats expérimentaux**

---

Après avoir répété ce protocole trois fois, l'expérimentateur mesure un volume moyen  $V_2 = 15,4\text{ mL}$ . On cherche à en déduire la concentration en glucose  $c_0$  dans le volume  $V_0$  de *Red Bull*<sup>®</sup>.

16. Exprimer littéralement, en fonction de  $c_1$  et  $V_1$ , la quantité de diiode  $n_1$  initiale (étape 1).
17. 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).
18. 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.
19. En déduire enfin la concentration  $c_0$  en fonction de  $c_1$ ,  $V_1$ ,  $c_2$ ,  $V_2$  et  $V_0$ . Calculer numériquement  $c_0$ .
20. Déduire de la question précédente la masse  $m$  de glucose présente dans une canette de *Red Bull*<sup>®</sup> de volume  $V = 250\text{ mL}$ . Confronter cette valeur expérimentale à celle donnée dans le document 6.

## Données

- Intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;
- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ;
- Permittivité diélectrique du vide :  $\varepsilon_0 = 8,9 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  ;
- Perméabilité magnétique du vide :  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$  ;
- Charge élémentaire :  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  ;
- Masse électronique :  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  ;
- Nombre d'AVOGADRO :  $\mathcal{N}_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;
- Constante de FARADAY :  $\mathcal{F} = \mathcal{N}_A e = 9,6 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- Constante des gaz parfaits :  $R = 8,3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- Capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_\ell = 4,2 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
- Capacité thermique massique de la glace (eau) :  $c_g = 2,1 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
- Chaleur latente de fusion de la glace (eau) :  $\ell_{\text{fus}} = 3,3 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;
- Potentiels standard à  $\text{pH} = 0$  :

Couple	$\text{I}_{2(\text{aq})} / \text{I}_{(\text{aq})}^-$	$\text{IO}_3^- (\text{aq}) / \text{I}_{2(\text{aq})}$	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} (\text{aq}) / \text{S}_2\text{O}_3^{2-} (\text{aq})$
$E^\circ \text{ (V)}$	0,62	1,19	0,09

- Masses molaires

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

- Pour tout champ vectoriel  $\vec{A}$  :

$$\vec{\text{rot}} (\vec{\text{rot}} \vec{A}) = \vec{\text{grad}} (\text{div} \vec{A}) - \Delta \vec{A}$$