

**QUELLE EST LA CONCENTRATION DES IONS BICARBONATE
DANS CETTE EAU MINÉRALE?**
BUT

Toutes les eaux minérales indiquent sur leurs étiquettes les ions présents, leur quantité et le pH de l'eau. On se propose de vérifier la quantité d'ions bicarbonate (hydrogénocarbonate) présents dans $V = 1\text{ L}$ d'eau d'Evian puis de Contrexéville. Afin de légitimer le protocole expérimental proposé, on étudie tout d'abord les propriétés acido-basiques des ions hydrogénocarbonate.

Données générales (voir les informations complémentaires en annexe):

Les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- sont connus pour faciliter la digestion : ils interviennent dans les couples acido-basiques suivants : $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ $\text{p}K_2 = 10,3$; $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ $\text{p}K_1 = 6,3$.

1- ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS ACIDO-BASIQUES DES IONS HYDROGENOCARBONATE**a) détermination du type de dosage acido-basique des ions hydrogénocarbonate (à répondre immédiatement)****QUESTIONS**

1) Écrire les demi-équations des couples acido-basiques faisant intervenir l'ion bicarbonate. Préciser les bases et les acides considérées dans chaque couple.

Remarque : CO_2 dissous dans l'eau H_2O correspond à l'acide carbonique H_2CO_3 qui n'est pas isolé. (H_2CO_3 est équivalent à $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$)

2) Lire le pH de l'eau de l'EVIAN sur l'étiquette :

3) Dans les eaux d'alimentation, l'alcalinité est due principalement à la présence d'ions carbonate et d'ions hydrogénocarbonate. Montrer, à partir des constantes d'équilibre et/ou du diagramme de distribution, que l'eau d'EVIAN ne contient que des ions hydrogénocarbonate et pratiquement pas d'ions carbonate.

4) L'ion hydrogénocarbonate est un ampholyte (ou amphotère) : expliquer cette expression.

Un ampholyte peut être dosé selon un dosage acido-basique en prenant comme réactif titrant soit un acide fort, soit une base forte. On se propose de déterminer quelle est la procédure à suivre avec les ions hydrogénocarbonate.

5) D'après le diagramme de distribution, dans quel domaine de pH :

a) l'espèce CO_2 , H_2O représente-t-elle plus de 90% des espèces ?

b) même question pour les ions carbonate CO_3^{2-} ?

Terminale S – Spécialité CHIMIE

6) Supposons que l'on dose les ions hydrogénocarbonate par de la soude :
(Pour simplifier, on supposera que l'on dose une solution d'hydrogénocarbonate de sodium)
Écrire l'équation de la transformation mise en jeu dans le dosage.

Quelle est l'espèce prépondérante à l'équivalence : CO_2 , HCO_3^- ou CO_3^{2-} ?

En utilisant l'annexe, en déduire un ordre de grandeur du pH à l'équivalence.

7) Supposons que l'on dose les ions hydrogénocarbonate par de l'acide chlorhydrique :
Écrire l'équation de la transformation mise en jeu dans le dosage.

Quelle est l'espèce prépondérante à l'équivalence : CO_2 , HCO_3^- ou CO_3^{2-} ?

En utilisant l'annexe, en déduire un ordre de grandeur du pH à l'équivalence.

8) Compte tenu des réponses aux questions 6) et 7), est-il préférable de doser les ions hydrogénocarbonate par la soude ou par l'acide chlorhydrique ? Expliquer la réponse.

9) Sur la feuille annexe, est représentée la courbe pHmétrique du dosage d'une solution de H_2O , CO_2 par de la soude : cette courbe confirme-t-elle le choix de la question 8) ?

10) En utilisant le tableau en annexe, choisir l'indicateur coloré le plus adapté pour le type de dosage choisi. Justifier le choix.

b) Questions générales

11) Lorsqu'on a mal à l'estomac ou que l'on a des « aigreurs », c'est souvent causé par un pH trop acide du milieu contenu dans l'estomac. Quelle est l'action du « bicarbonate » (en fait que l'on devrait nommer hydrogénocarbonate) pour y remédier ? Que deviennent alors les ions bicarbonate ?

12) Dans le Perrier, il y a aussi des ions hydrogénocarbonate ; quand on y met une tranche de citron, un dégagement gazeux plus intense se produit. Proposer une explication ?

2- MANIPULATION (même protocole pour l'eau d'Evian et de Contrexéville)

- Placer dans un bécher $v_b = 200,0$ mL d'eau minérale mesurée avec une fiole jaugée.
- Verser dans la burette de 25 mL une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c_a = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ après l'avoir lavée à l'eau et prélevée avec la solution.
- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré choisi.
- Introduire les électrodes du pH-mètre étalonné dans le bécher et mesurer le pH initial.

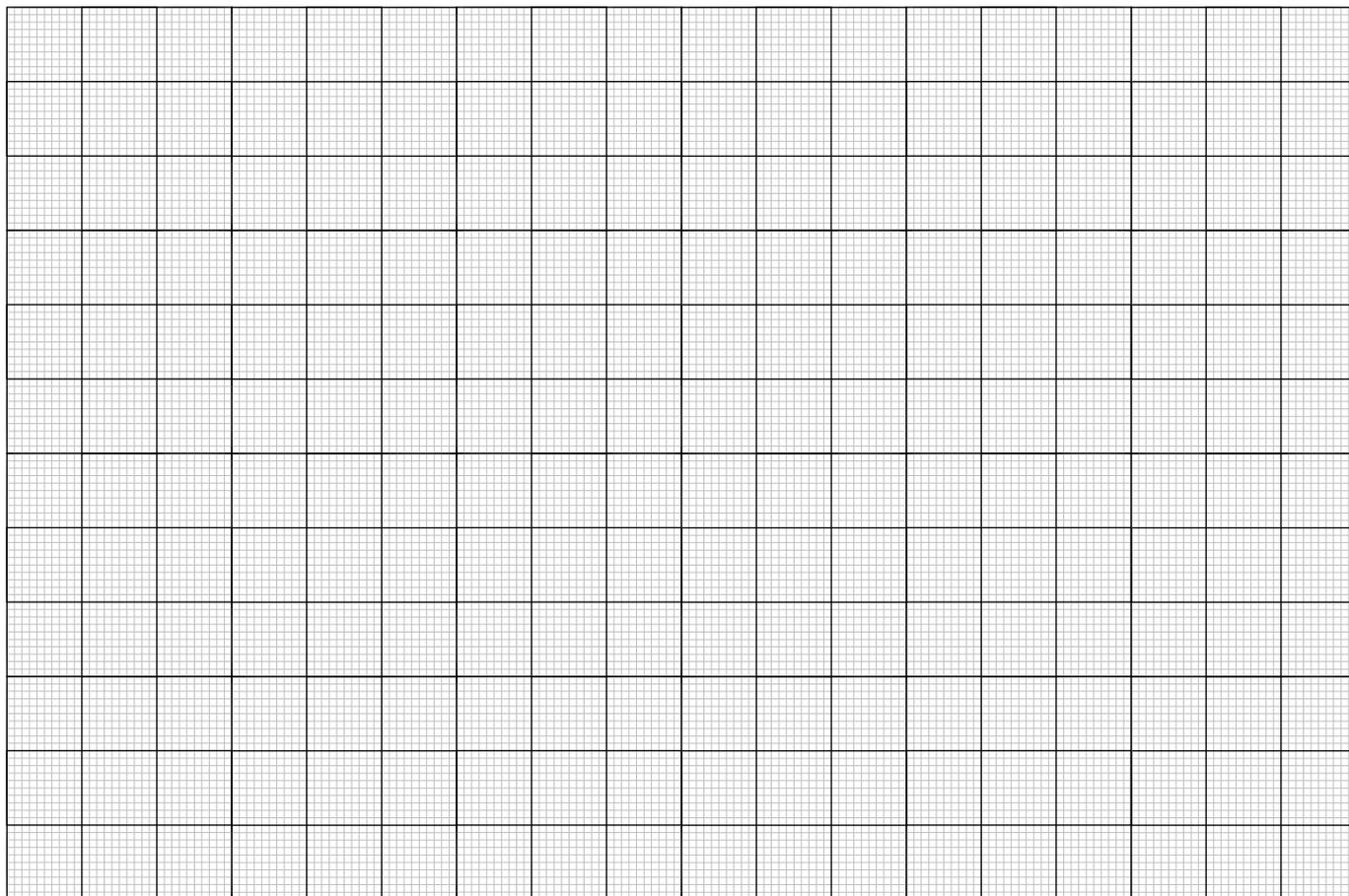
Verser l'acide dans l'eau minérale en relevant les valeurs de pH et v_a (Attention : équivalence vers 10-13 mL) d'une part sur votre calculatrice, en plaçant les points correspondants (v_a ; pH) sur le graphe ci-dessous. Préciser le volume pour lequel il y a changement de couleur de l'indicateur coloré. (*Superposer les courbes des deux eaux minérales sur le même graphe*)

EVIAN

CONTREXEVILLE

Noter le volume au changement de teinte de l'indicateur :

- Arrêter le dosage lorsqu'on a versé un volume d'acide de 18 mL.
- Tracer la courbe $\text{pH} = f(v_a)$.



EVIAN

CONTREXEVILLE

Déterminer le volume équivalent V_E :

Est-il concordant (dans chaque cas) avec le volume au changement de teinte de l'indicateur ?

QUESTIONS

13) Calculer la concentration $C_{\text{hydrogéné}}$ des ions hydrogénocarbonate dans l'eau d'EVIAN ?

	EVIAN	CONTREXEVILLE
$C_{\text{hydrogéné}} / \text{mol.L}^{-1}$		

14) De la concentration $C_{\text{hydrogéné}}$, déduire la masse m d'ions bicarbonate dans un litre d'eau d'Evian ($M_{\text{HCO}_3^-} = 61,0 \text{ g/mol}$), l'exprimer en mg/L.

	EVIAN	CONTREXEVILLE
$C_m / \text{mg.L}^{-1}$		

15) Regrouper tous les résultats de la classe dans le tableau suivant :

EVIAN

n°									moyenne
V_{aE} / mL									
$C_m / \text{mg.L}^{-1}$									

Calculer l'écart type σ de la série de mesures sur C_m (unité ?) $\sigma_m = \dots\dots\dots$

CONTREXEVILLE

n°									moyenne
V_{aE} / mL									
$C_m / \text{mg.L}^{-1}$									

Calculer l'écart type σ de la série de mesures sur C_m (unité ?) $\sigma_m = \dots\dots\dots$

Écrire la valeur de C_m sous la forme $C_m \pm U(C_m)$ pour un intervalle de confiance à 95 % après avoir rappelé la formule de calcul de $U(C_m)$ $U(C_m) = \dots\dots\dots$

	EVIAN	CONTREXEVILLE
$C_m / \text{mg.L}^{-1}$		

Le résultat correspond-il à celui indiqué sur l'étiquette ? Commenter

16) Déterminer le Titre Alcalimétrique TA et le titre Alcalimétrique Complet TAC de l'eau minérale.

TA et TAC sont exprimés en °F en France.

TA : volume exprimé en mL d'acide chlorhydrique à 0,020 mol/L nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence phénolphaléine. Le titre alcalimétrique d'une eau mesure essentiellement la concentration en ions carbonate.

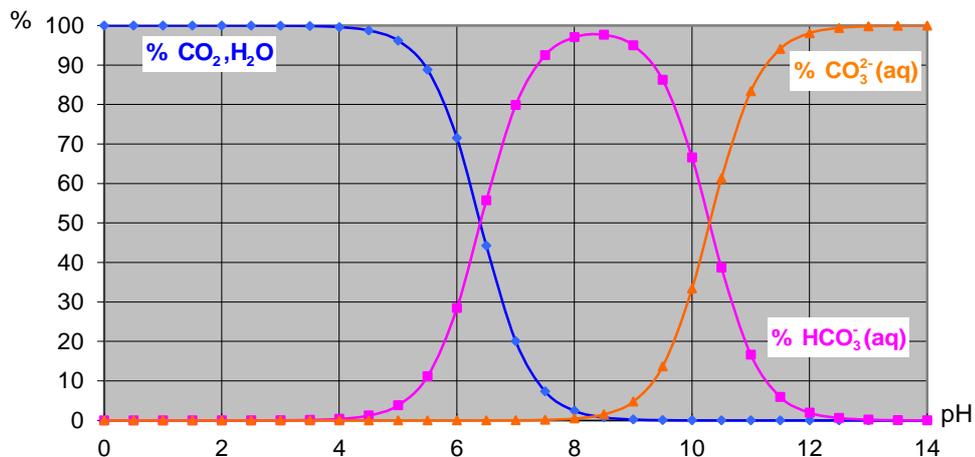
TAC : volume exprimé en mL d'acide chlorhydrique à 0,020 mol/L nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence de vert de bromocrésol. Le titre alcalimétrique d'une eau mesure essentiellement la concentration en ions hydrogénocarbonate (et carbonate si ceux-ci sont présents).

Aide à la réponse : raisonner à partir de la concentration de la solution d'acide chlorhydrique et du volume d'eau minérale utilisés dans le TP.

QUELLE EST LA CONCENTRATION DES IONS BICARBONATE DANS CETTE EAU MINÉRALE ?

Annexe : données diverses

Diagramme de distribution :

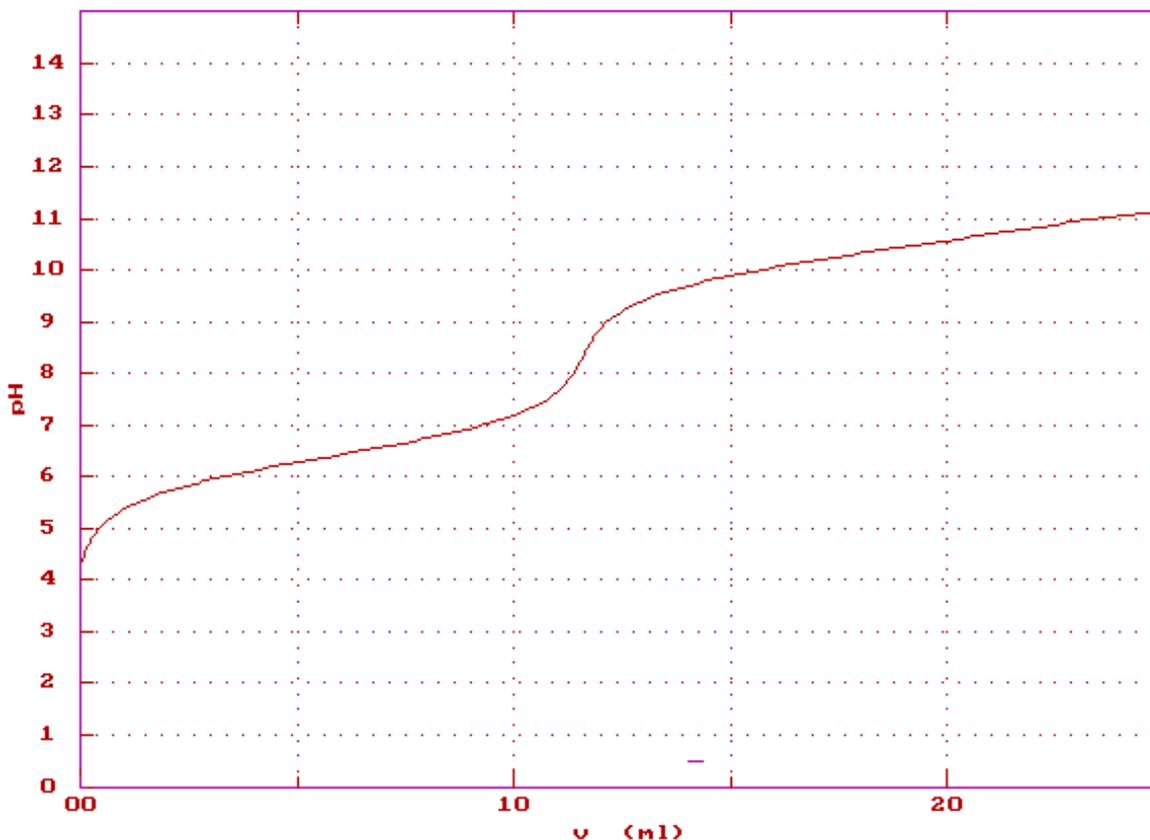


Zone de virage de différents indicateurs colorés :

Indicateur	Couleur		Zone de virage	Largeur de la zone de virage
	Forme acide	Forme basique		
Bleu de bromophénol	Jaune	Bleu	3,1 - 4,5	2,4
Hélianthine (ou méthyl-orange)	Rouge	Jaune	3,2 - 4,4	1,2
Vert de bromocrésol rhodamine	Jaune	Bleu	3,8 - 5,4	1,6
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleu	6,0 - 7,6	1,6
Rouge de méthyle	Jaune	Rouge	4,8 - 6,0	1,2
Phénolphaléine	Incolore	Rose	8,2 - 10,0	1,8

Courbe de dosage pHmétrique de $\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2$ par de la soude :

(les concentrations sont de l'ordre de grandeur de celles mises en œuvre dans le TP)



Loi de Student

Une approche plus élaborée pour l'estimateur de l'incertitude absolue :

Le calcul statistique montre que l'on peut définir l'incertitude absolue U(X) :

$$U(X) = t \cdot \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

dans laquelle *t* représente une variable qui suit une loi statistique précise appelée loi de Student à (N – 1) degré de liberté.

Intervalle de confiance :

En admettant que toute incertitude systématique a été écartée, on peut définir un intervalle de confiance de la forme :

$$X_e - U(X) \leq X \leq X_e + U(X) \quad \text{associé à un niveau de confiance donné (à x \%)}$$

Par exemple (pour un nombre de mesures N différent de 10, voir la table ci-dessous) :

Les tables statistiques donnent pour N=10 mesures:

pour un niveau de confiance de 95 % : $t = 2,26$

pour un niveau de confiance de 99 % : $t = 3,25$

Loi de Student

Pour N mesures et l'intervalle à X %, on trouve la valeur du coefficient t :

N mesures	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
degré liberté	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
à 90 %	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,89	1,86	1,83	1,81
à 95 %	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,36	2,31	2,26	2,23
à 99 %	63,66	9,92	5,84	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17

N mesures	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
degré liberté	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
à 90 %	1,80	1,78	1,77	1,76	1,75	1,75	1,74	1,73	1,73	1,72
à 95 %	2,20	2,18	2,16	2,14	2,13	2,12	2,11	2,10	2,09	2,09
à 99 %	3,11	3,05	3,01	2,98	2,95	2,92	2,90	2,88	2,86	2,85

N mesures	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
degré liberté	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
à 90 %	1,72	1,72	1,71	1,71	1,71	1,71	1,70	1,70	1,70	1,70
à 95 %	2,08	2,07	2,07	2,06	2,06	2,06	2,05	2,05	2,05	2,04
à 99 %	2,83	2,82	2,81	2,80	2,79	2,78	2,77	2,76	2,76	2,75

Les valeurs ci-dessus ont été obtenues en utilisant la fonction Loi de Student inverse dans Excel.

Exemple :

Supposons que l'on veuille calibrer une pipette de 20 mL en pesant 10 fois le contenu de la pipette sur une balance au centième de gramme. Après avoir vérifié que la balance est juste, on obtient alors dix mesures de masse:

m (g)

19,92

19,98

19,94

19,95

19,97

20,02

20,06

20,03

19,94

19,99

$$m_{\text{moy}} = 19,98 \quad \text{g}$$

$$\sigma_{n-1} = 0,045215533 \quad \text{g}$$

arrondi à

$$\sigma_{n-1} / \sqrt{n} = 0,014298407 \quad 0,0143\text{g}$$

avec $n = 10$

Les tables statistiques donnent pour 10 mesures:

pour un niveau de confiance de 95 % :

$$t = 2,26 \Rightarrow U(m) = 0,032 \text{ g (avec 2CS) ou } U(m) = 0,03 \text{ g (avec 1 CS)}$$

pour un niveau de confiance de 99 % :

$$t = 3,25 \Rightarrow U(m) = 0,046 \text{ g (avec 2CS) ou } U(m) = 0,05 \text{ g (avec 1 CS)}$$