

**CHM 101**  
**Structure et réactivité de la matière**

**Laboratoire #3 : Dosage des carbonates**

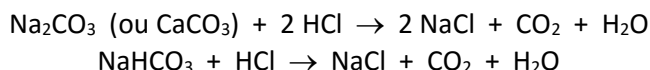
Au cours de cette expérience, vous allez obtenir de façon simple du dioxyde de carbone, caractériser quelques-unes de ses propriétés et effectuer quelques réactions spécifiques à ce gaz. Vous allez également doser les carbonates par une méthode volumétrique, par une méthode gravimétrique et par décomposition thermique.

**Introduction**

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est formé principalement par la décomposition ou combustion de la matière organique, ou lors de la fermentation des sucres, par exemple. Au laboratoire, il peut être obtenu facilement par décomposition thermique d'un bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), par exemple :



par réaction d'un acide avec un carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) ou un bicarbonate, par exemple :



ou encore par sublimation d'un bloc de glace sèche, du CO<sub>2</sub> à l'état solide, dont la température est de -78.6°C

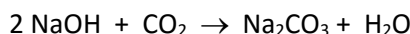
Les réactions de décomposition thermique peuvent être exploitées pour doser la quantité de carbonate dans un produit en mesurant soit la perte de masse lors du chauffage, ou encore en mesurant la quantité de CO<sub>2</sub> générée.

Le CO<sub>2</sub> est un gaz qui n'entretient pas la combustion ; il est même utilisé pour combattre certains incendies. C'est un gaz qui absorbe dans l'infrarouge ; pour cette raison, il est considéré comme un gaz à effet de serre.

Le CO<sub>2</sub> est un anhydride acide, c'est-à-dire qu'il réagit avec l'eau pour former un acide :



En faisant barboter du CO<sub>2</sub> dans l'eau, il y a donc une chute du pH qui dépend de la concentration et de la dissociation du CO<sub>2</sub> dans l'eau. La K<sub>a</sub> de la première dissociation de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> est de 4,45 x 10<sup>-7</sup> (pK<sub>a</sub> = 6.35), la seconde K<sub>a</sub> est de 4,69 x 10<sup>-11</sup> (pK<sub>a</sub> = 10.33). Il neutralise l'hydroxyde de sodium selon les réactions suivantes :



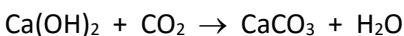
En faisant barboter du CO<sub>2</sub> dans du NaOH, il y a donc formation de carbonate de sodium, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Si un excès de CO<sub>2</sub> est ajouté, la réaction suivante se produira :



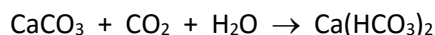
**CHM 101**  
**Structure et réactivité de la matière**

Il y a donc formation de l'ion bicarbonate en solution. Une solution aqueuse de bicarbonate de sodium est légèrement basique.

De la même façon que le CO<sub>2</sub> peut neutraliser l'hydroxyde de sodium, il peut neutraliser l'hydroxyde de calcium, Ca(OH)<sub>2</sub>:



Le carbonate de calcium est cependant insoluble dans l'eau et il précipite. Si un excès de CO<sub>2</sub> est ajouté, on aura la réaction :

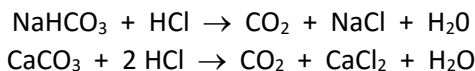


Le bicarbonate de calcium est soluble dans l'eau, mais il ne peut être obtenu solide, car il se décompose lors du séchage.

**Procédure**

**A. Synthèse**

1. Pour générer le dioxyde de carbone, vous allez utiliser la réaction d'un acide avec un carbonate ou un bicarbonate, par exemple :
  - Acides : acide acétique (vinaigre), acide chlorhydrique
  - Carbonates ou bicarbonates : carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>), bicarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub> : soda à pâte)



Pour générer 1 litre de CO<sub>2</sub> gazeux, il faut faire réagir :

- environ 10 g de NaHCO<sub>3</sub> avec 7 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M ou
  - environ 4,2 g de CaCO<sub>3</sub> avec 14 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M
2. Utiliser un erlenmeyer à vide de 250 mL, muni d'un bouchon en caoutchouc avec un seul trou. Dans le bouchon, on insère une seringue de 10 mL munie d'une aiguille; cette seringue servira à introduire de façon contrôlée l'acide dans l'erlenmeyer de façon à générer le CO<sub>2</sub>. Un tube de plastique est raccordé à l'erlenmeyer; au bout du tube, une pipette Pasteur permet de faire barboter le gaz. Utilisez un support universel et une pince pour fixer votre erlenmeyer.
  3. Introduire environ 10 g de bicarbonate de sodium dans le fond de l'erlenmeyer, 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M dans la seringue et introduire la seringue dans le bouchon de l'erlenmeyer. Injectez environ 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Au contact de l'acide avec le bicarbonate, du CO<sub>2</sub> est formé. Vérifier que du gaz s'échappe au bout de la pipette Pasteur en faisant barboter dans un bécher de 100 mL (utilisez un volume de ≈ 20 mL).

**CHM 101**  
**Structure et réactivité de la matière**

**Caractéristiques et réactions**

**A. pH de l'eau saturé de CO<sub>2</sub>**

À l'aide de générateur de CO<sub>2</sub> saturer de CO<sub>2</sub> de l'eau dans un bécher et mesurer le pH.

**B. Réaction avec l'hydroxyde de sodium**

Dans un bécher de 100 mL, mettre environ 50 mL d'eau, 3 à 4 gouttes de phénolphaléine et quelques gouttes de NaOH 1 N. La solution est colorée rose. À l'aide du générateur de CO<sub>2</sub>, faire barboter du CO<sub>2</sub> dans cette solution jusqu'à ce qu'elle devienne incolore.

**C. Réaction avec l'hydroxyde de calcium**

Préparer de l'eau de chaux, une solution aqueuse saturée avec Ca(OH)<sub>2</sub> en mettant un excès d'hydroxyde de calcium dans environ 50 mL d'eau, puis en filtrant avec un entonnoir en plastique et du papier filtre de 25 cm de diamètre. Utiliser un cylindre gradué pour mettre dans une bouteille de verre d'environ 25 mL, ou dans un petit bécher, environ 5 mL d'eau de chaux et 5 mL d'eau. Faire barboter du CO<sub>2</sub> dans cette solution. Observer la séquence « précipitation – dissolution » au cours du barbotage.

**D. Décomposition du bicarbonate de sodium par la chaleur**

*En solution aqueuse*

À la température de la pièce, le bicarbonate de sodium est stable. Par contre, lorsqu'il est chauffé à l'état solide ou en solution, il se décompose selon la réaction suivante en carbonate de sodium, en dioxyde de carbone et en eau (c'est cette décomposition qui fait « lever » le gâteau lors de la cuisson) :



Une solution de carbonate de sodium est beaucoup plus basique qu'une solution de bicarbonate de sodium. La mesure du pH permet donc de suivre cette décomposition.

Dans un erlenmeyer de 125 mL, dissoudre environ 1 g de NaHCO<sub>3</sub> dans 10 mL d'eau. À l'aide d'un pH-mètre (ou simplement avec du papier pH), mesurer le pH de la solution. Utiliser une plaque chauffant pour chauffer durant 2 minutes la solution en agitant, puis mesurer de nouveau le pH.

**E. Dosage des carbonates**

*Dosage du carbonate de sodium*

1. Peser précisément environ 0.8 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Transférer quantitativement dans un bécher de 250 mL. Dissoudre dans environ 100 mL d'eau.
2. Remplir une burette de 25 mL avec du HCl 1.000 N

**CHM 101**  
**Structure et réactivité de la matière**

3. Pour mesurer le pH utiliser un pH-mètre muni d'une électrode de verre et d'une électrode de référence. Cet instrument a déjà été étalonné afin qu'il donne une mesure exacte du pH.
4. Titrer la solution de carbonate de sodium en notant le pH de la solution en fonction du volume ajouté.
5. Tracer la courbe de titrage (pH *versus* volume) et déterminer les deux points d'équivalence.
6. Calculer la pureté du carbonate de sodium. À partir de votre courbe de titrage, déterminez les  $pK_a$  de l'acide carbonique; comparez avec les valeurs tabulées (**note** : les  $pK_a$  sont donnés à la page 1 de ce texte).

*Dosage du carbonate dans d'une craie*

1. Avec un mortier et un pilon, réduire en poudre environ 1.5 g de craie. Peser précisément environ 0.8 g de craie réduite en poudre. Transférer dans un bécher de 100 mL. À l'aide d'une pipette, ajouter 25 mL de HCl 1 N. Laisser réagir en agitant légèrement.
2. Remplir une burette de 25 mL avec de l'hydroxyde de sodium, NaOH 1.000 N
3. Une fois la coquille dissoute, ajouter environ 25 mL d'eau, quelques gouttes de phénolphthaléine et titrer le HCl en excès.
4. En supposant que la craie est formée uniquement de  $CaCO_3$ , calculer le pourcentage massique de  $CaCO_3$ .

**CHM 101**  
**Structure et réactivité de la matière**

**Rapport de laboratoire**

Le rapport de laboratoire devrait être simple et concis (1 par équipe).

- **Décrire en quelques lignes l'objectif du laboratoire (5 points)**
  - N'incluez pas de section « théorie »
- **Section résultats (30 points)**
  - Ajouter les résultats de toutes les réactions que nous réalises et inclure les calculs
  - Ajouter la courbe de titrage
- **Discuter les observations et résultats obtenus (50 points)** Par exemple, dire si les observations correspondent au résultat attendu et si ce n'est pas le cas, expliquer pourquoi.
  - Expliquez la séquence « précipitation – dissolution » de la solution d'hydroxyde de calcium au cours du barbotage du  $\text{CO}_2$ .
  - Expliquez le changement de couleur de la phénolphthaléine en fonction du pH
- **Tirez une conclusion générale de votre laboratoire (15 points)**