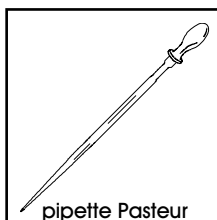
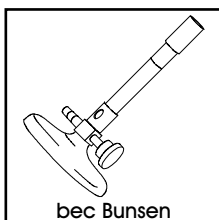
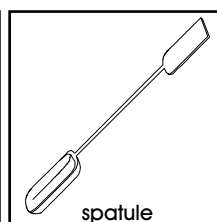
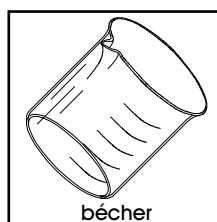
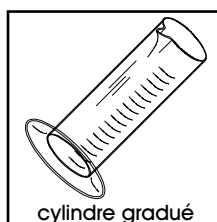
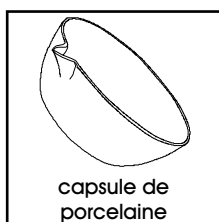


BUTS

Transformer thermiquement le carbonate de calcium et mettre en évidence le caractère basique du produit solide de cette calcination.

MATERIEL

1 capsule de porcelaine, 1 cylindre gradué de 50 ml, 2 béchers de 100 ml, 1 spatule, 1 baguette de verre, 1 bec Bunsen avec plaque de vitrocéramique, pipettes Pasteur, 1 rouleau de papier indicateur de pH.



REACTIFS

Carbonate de calcium (CaCO_3), bleu de bromothymol ($\text{C}_{27}\text{H}_{27}\text{O}_5\text{SBr}_2\text{Na}$ 0.04 %).

| CaCO_3 | $\text{C}_{27}\text{H}_{27}\text{O}_5\text{SBr}_2\text{Na}$ |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| étatsolide | étatsolution 0.04 % |
| MM100.09 g/mol | MM646.37 g/mol |
| CH F | CH F |

RECOMMANDATIONS

Manipuler avec précautions la capsule en porcelaine après calcination: **Risques de brûlure.**

MANIPULATIONS
ET DISCUSSION

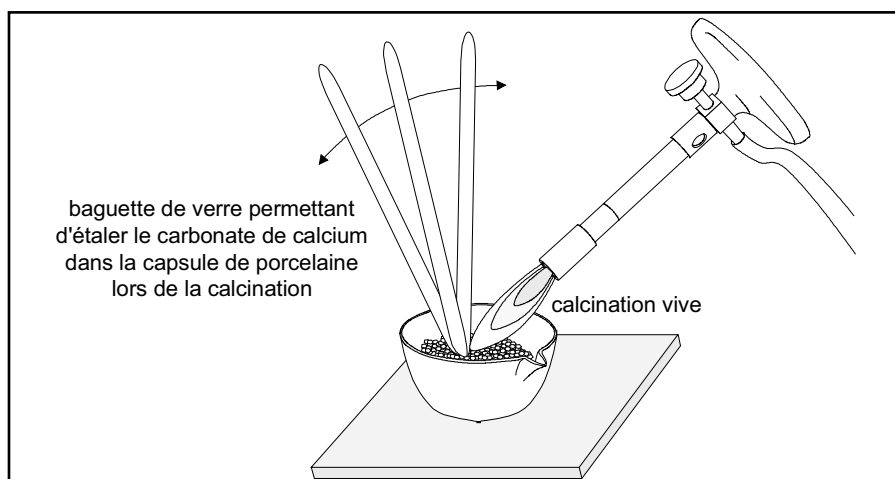
1. Introduire une abondante pointe de spatule de carbonate de calcium dans une capsule de porcelaine.

Pour éviter que la substance ne forme un amas au fond de la capsule, l'étaler au mieux avec une baguette de verre.

2. Positionner la capsule de porcelaine sur une plaque en vitrocéramique; allumer un bec Bunsen et régler sa flamme à fort débit.

Selon la figure de la page suivante, calciner le carbonate de calcium durant 2-3 minutes, en l'étaillant de temps en temps avec une baguette de verre. En cours de calcination, la surface de la substance doit paraître incandescente.

Eteindre la flamme et laisser refroidir la capsule de porcelaine.



3. Lorsque la capsule est refroidie, introduire 1 pointe de spatule de la substance calcinée dans un bécher. **Mémoriser visuellement le volume de substance prélevée.**

Prélever un **volume identique** de carbonate de calcium non calciné (flacon original) et l'introduire dans un second bécher.

Au moyen d'un cylindre gradué, ajouter 20 ml d'eau dans chaque bécher; agiter avec une baguette de verre pour dissoudre au mieux les solides et homogénéiser les solutions.

Noter les éventuelles différences d'aspects des deux solutions.

4. Prélever quelques gouttes de la solution contenue dans le premier bécher et appliquer cette solution sur un segment de papier indicateur de pH. Noter les observations et notamment la valeur du pH.

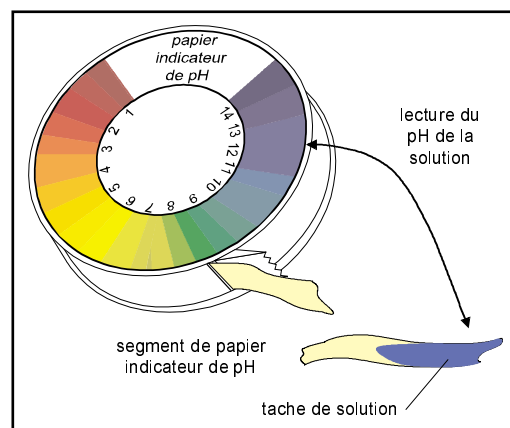
Procéder de même avec la solution contenue dans le second bécher.

- ♦ L'échelle indiquée sur la boîte de papier indicateur permet de déterminer le caractère acide, neutre ou basique des solutions:

Les valeurs inférieures à 7 se rapportent à des solutions acides; plus la valeur est petite, plus la solution est acide.

Une solution neutre est caractérisée par une valeur de 7 sur l'échelle.

Les valeurs supérieures à 7 se rapportent à des solutions basiques; plus la valeur est grande, plus la solution est basique.



5. Ajouter quelques gouttes de bleu de bromothymol dans chacun des béchers et noter les couleurs résultantes.

- ♦ Bien que l'aspect des substances solides avant et après calcination ne soit pas différent, une transformation a réellement eu lieu sous l'action de la flamme (**réaction thermochimique**); en effet, lorsque ces solides sont mis en solution, il apparaît que leur pH est différent.

En fait, la calcination du carbonate de calcium conduit à la **formation d'une nouvelle substance** solide et au **dégagement d'un gaz** inodore et incolore, qui n'est pas de l'oxygène O_2 .

♦ Il serait possible de mettre en évidence l'existence de la transformation en pesant précisément le carbonate de calcium avant puis après calcination, ce qui permettrait de constater la perte de masse provoquée par le dégagement de la substance gazeuse.

? 1. Proposer l'équation de la calcination du carbonate de calcium solide en une substance solide et une substance gazeuse.

♦ Lorsque la substance solide produite par calcination est mise en solution, une réaction a lieu avec les molécules d'eau. Cette réaction est appelée **hydrolyse**.

D'une manière générale, le mécanisme de l'hydrolyse est typique d'une **réaction acide-base** impliquant une ou plusieurs molécules d'eau, qui agissent en tant que base avec des substances plus acides ou en tant qu'acide avec des substances plus basiques.

Si le produit de la réaction d'hydrolyse a un caractère basique, il cède des groupements OH^- (les hydroxyles) et basifie la solution ($\text{pH} > 7$).

Si, inversement, le produit de la réaction d'hydrolyse a un caractère acide, il cède des protons H^+ et acidifie la solution ($\text{pH} < 7$).

? 2. Indiquer si le carbonate de calcium est acide, neutre ou basique en solution.

Indiquer si le produit de la calcination du carbonate de calcium est acide, neutre ou basique en solution.

Indiquer d'autre part le rôle du bleu de bromothymol.

? 3. Proposer l'équation de la réaction d'hydrolyse entre le produit de calcination et l'eau.

Justifier, au moyen des éléments de cette réaction, le caractère acide, neutre ou basique de la substance produite.

RECUPERATION ET NETTOYAGE

Vider les solutions dans l'évier sous courant d'eau. Récupérer les résidus de calcination dans le récipient de déchets **S (substances solides)**.

Laver la verrerie utilisée à l'eau, puis la rincer à l'eau déminéralisée.

Récupérer la pipette Pasteur utilisée dans la poubelle pour verre usagé.

PREPARATION

Expérience pour un groupe de 2 étudiants.

1. Carbonate de calcium:

Utiliser tel quel.

2. Solution de bleu de bromothymol 0.04 %:

Pour 100 ml de solution (suffisant pour environ 20-30 groupes), peser environ 0.04 g $C_{27}H_{27}O_5SBr_2Na$, dissoudre dans de l'eau déminéralisée et compléter à 100 ml avec de l'eau déminéralisée.

3. Matériel nécessaire pour un groupe de 2 étudiants:

1 capsule de porcelaine

1 cylindre gradué de 50 ml

2 béchers de 100 ml

1 spatule

1 baguette de verre

1 bec Bunsen avec plaque de vitrocéramique, allumettes

2-3 pipettes Pasteur avec tétine

1 rouleau de papier indicateur de pH

4. Durée de l'expérience:

Environ 20 min de manipulations.

DISCUSSION

? 1. Proposer l'équation de la calcination du carbonate de calcium solide en une substance solide et une substance gazeuse.

A température élevée, le carbonate de calcium solide $CaCO_{3(s)}$ se décompose en une nouvelle substance solide, d'aspect similaire, l'oxyde de calcium $CaO_{(s)}$, avec perte d'une molécule de dioxyde de carbone gazeux $CO_{2(g)}$ selon la réaction:



Ce procédé est à la base de la préparation industrielle du clinker, qui entre dans la composition du ciment Portland. Le clinker est produit par calcination à 850-1450 °C de calcaire ($CaCO_3$) et d'argile (aluminosilicates d'alcalins ou d'alcalino-terreux) ou de marne (roche riche en calcaire et argiles, utilisée entre autres pour amender les sols acides).

Lors de la calcination, le CO_2 gazeux est éliminé du calcaire et les éléments apportés par les argiles (principalement Al, Si, Fe) se lient au clinker, sous la forme d'une mixture de CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 .

Le clinker refroidi est ensuite broyé avec environ 10 % de sulfate de calcium hémihydraté ($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$) pour donner le ciment Portland. De nombreux adjuvants sont ajoutés lors de la préparation du clinker et du ciment pour procurer à ce dernier des caractéristiques techniques particulières (rapidité de prise, résistance à la corrosion, plasticité, etc).

? 2. Indiquer si le carbonate de calcium est acide, neutre ou basique en solution.

Indiquer si le produit de la calcination du carbonate de calcium est acide, neutre ou basique en solution.

Indiquer d'autre part le rôle du bleu de bromothymol.

En solution aqueuse, le carbonate de calcium est faiblement basique, comme le dénote la coloration du papier indicateur de pH. En revanche, le produit de la calcination du carbonate de calcium, l'oxyde de calcium CaO , basifie fortement la solution.

Si la quantité de carbonate de calcium mise en solution dans l'eau n'est pas trop importante, le bleu de bromothymol devrait laisser persister une teinte verte, représentative d'une solution proche de la neutralité. Inversement, la solution d'oxyde de calcium devrait faire virer la teinte du bleu de bromothymol au bleu, représentatif d'une solution basique.

Le bleu de bromothymol est donc un indicateur acide-base. En solution acide, il se colore en jaune; son domaine de virage (jaune → vert → bleu) est compris entre $\text{pH} = 6$ et $\text{pH} = 7.6$; cette fourchette de virage est apparemment faible, mais elle représente tout de même une grande différence de concentrations en protons: il y a effectivement 40 fois plus de protons à $\text{pH} = 6$ qu'à $\text{pH} = 7.6$.

Un indicateur acide-base n'est par conséquent qu'un moyen qualitatif de caractérisation de l'acidité, de la neutralité ou de la basicité d'une solution.

? 3. Proposer l'équation de la réaction d'hydrolyse entre le produit de calcination et l'eau.

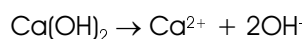
Justifier, au moyen des éléments de cette réaction, le caractère acide, neutre ou basique de la substance produite.

L'oxyde de calcium CaO est appelé chaux vive en référence à sa grande réactivité en présence d'eau. La réaction d'hydrolyse conduit à la formation d'une substance basique, c'est-à-dire susceptible de libérer des ions OH^- en solution.

Etant donné que le calcium a un nombre d'oxydation (+II), il est logique de penser que de l'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 est formé. L'hydrolyse a lieu selon la réaction:



L'hydroxyde de calcium exprime ensuite son caractère basique en se dissociant selon:



C'est effectivement la dissociation de l'hydroxyde de calcium qui basifie la solution et colore l'indicateur acide-base en bleu. L'hydroxyde de calcium est appelé chaux éteinte, puisqu'il ne réagit plus avec l'eau.