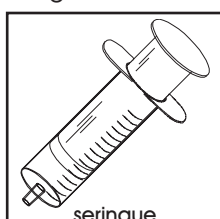


BUTS

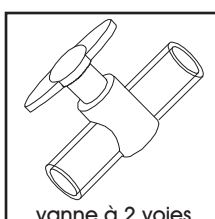
Identifier les substances produites lors de la combustion de réactifs différents (métaux, non-métaux) en présence d'oxygène pur.

MATERIEL

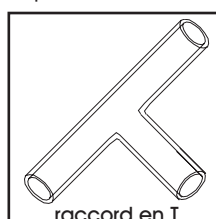
2 seringues en plastique de 100 ml, 2 vanes en verre à 2 voies, 1 raccord en T en plastique, 1 tube de quartz, 2 tubes de verre, 1 cylindre gradué de 25 ml, 2 bouchons troués en silicone, 4 tuyaux en silicone, 2 petits ballons de baudruche, 1 pince pour ballon de baudruche, 1 paire de pinces brucelles, 1 baguette de verre, 1 statif avec noix et pinces, 1 bec Bunsen, allumettes.



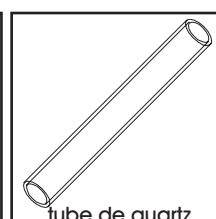
seringue



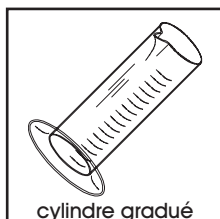
vanne à 2 voies



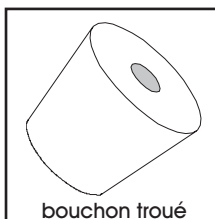
raccord en T



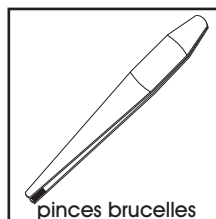
tube de quartz



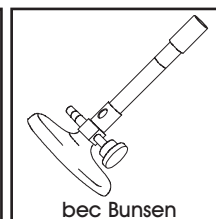
cylindre gradué



bouchon troué



pinces brucelles



bec Bunsen

REACTIFS

Charbon de bois, hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution saturée), paille de fer (Fe), oxygène (O_2).

$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Fe	O_2
étatsolution saturée	état.....solide	étatgaz
MM74.10 g/mol	MM55.85 g/mol	MM32.00 g/mol
CH 4	CH F	CH F
	récup S	

RECOMMANDATIONS

Monter et manipuler avec précautions l'installation, particulièrement l'accouplement du tube de quartz, des vanes en verre à 2 voies et des seringues: **risques de rupture et de blessures.**

Lors du montage, ne pas serrer trop vigoureusement les pinces qui maintiennent les deux seringues; les pistons de ces seringues doivent pouvoir coulisser librement.

Le bec Bunsen doit être maintenu avec une pince au milieu du tube de quartz, avec l'orifice du brûleur à environ 8 cm sous le tube.

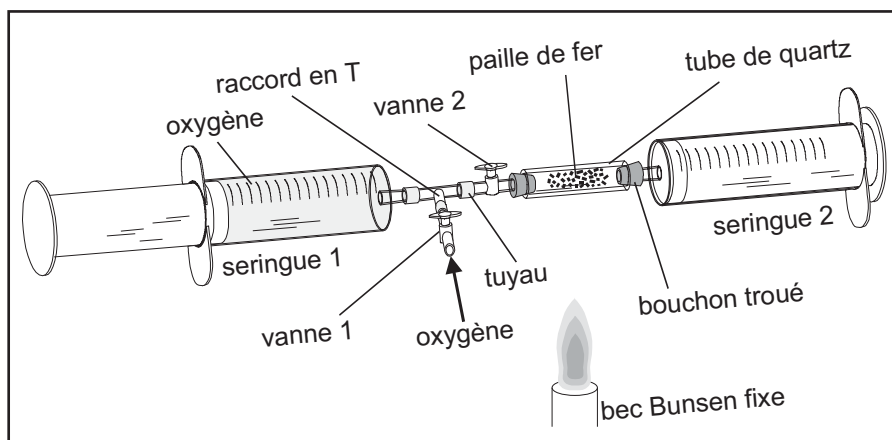
Ne pas manipuler le tube de quartz lorsqu'il est encore chaud: risques de brûlures.

Limiter le temps de chauffage au minimum pour éviter la fonte des éléments en plastique (seringues, raccord, bouchons).

MANIPULATIONS
ET DISCUSSION

REACTION AVEC LE FER

1. Préparer le montage selon la figure ci-dessous, en introduisant dans le tube de quartz un tampon de paille de fer de 3-4 cm, non tassé, à l'aide d'une baguette de verre.



2. Amener le piston de la seringue 1 à 0 ml en chassant l'air par la vanne 1, puis fermer cette dernière.

Ouvrir la vanne 2 et aspirer l'air contenu dans le tube de quartz, en amenant le piston de la seringue 1 à 60 ml, puis, en maintenant le piston immobile, refermer la vanne 2.

Recommencer encore une fois l'ensemble des opérations du point 2.

3. Après avoir chassé le contenu de la seringue 1 par la vanne 1, prélever un peu d'oxygène pur dans un ballon de baudruche, obturer le ballon avec la pince plastique.

Transférer 100 ml de ce gaz dans la seringue 1 par la vanne 1, en amenant le piston à 100 ml, puis refermer la vanne 1.

4. Avec le bec Bunsen fixé à environ 8 cm en dessous du tube de quartz, chauffer celui-ci jusqu'à obtenir un léger halo jaunâtre autour du tube.

Tout en baissant le chauffage, ouvrir rapidement la vanne 2 et insuffler **lentement** tout l'oxygène contenu dans la seringue 1 au travers du tube de quartz.

Observer attentivement et noter les caractéristiques de la paille de fer avant et après combustion (modification d'aspect et de couleur).

Chasser ensuite plusieurs fois le contenu de la seringue 2 vers la seringue 1 et vice-versa, jusqu'à ce que le volume récupéré dans la seringue réceptrice ne varie plus.

Fermer la vanne 2, éteindre le bec Bunsen et laisser refroidir l'installation.

Lire le volume de gaz résiduel dans la seringue réceptrice, puis démonter l'installation, sauf la seringue 1.

5. A l'aide d'une paire de pinces brucelles, maintenir un peu de paille de fer directement au dessus de la flamme du bec Bunsen.

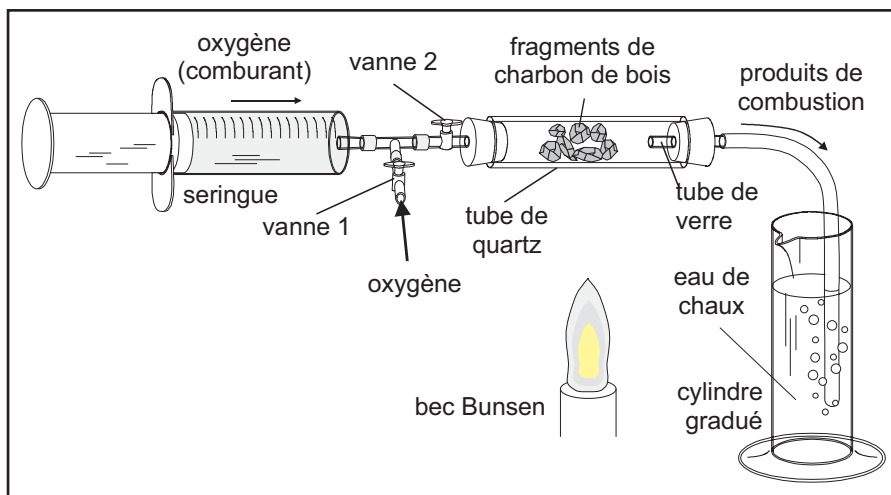
Observer attentivement et noter les caractéristiques du produit de la combustion (aspect, couleur).

- ? 1. Quelle est la substance produite lors de la combustion du fer (Fe) en présence de l'oxygène ($O_{2(g)}$)? Proposer deux équations, l'une produisant du fer avec valence 2 (Fe^{2+}) et l'autre produisant du fer avec valence 3 (Fe^{3+}). Déterminer si cette substance est solide, liquide ou gazeuse; justifier la réponse.

REACTION AVEC LE CHARBON

6. Sécher l'intérieur du tube de quartz avec du papier absorbant et une baguette de verre.

Modifier le montage précédent selon la figure ci-dessous, en introduisant 1-2 fragments de charbon de bois dans le tube de quartz et 10 ml de solution d'hydroxyde de calcium (eau de chaux) dans le cylindre gradué.



7. Fermer la vanne 2 et chasser le contenu de la seringue 1 par la vanne 1. Prélever un peu d'oxygène pur dans un ballon de baudruche et obturer le ballon avec la pince plastique.

Transférer 100 ml de ce gaz dans la seringue 1 par la vanne 1, comme au point 3, et refermer la vanne 1.

8. Chauffer le tube de quartz avec le bec Bunsen, puis ouvrir la vanne 2 et insuffler **lentement** l'oxygène dans l'installation au moyen de la seringue. **Observer attentivement la combustion, ainsi que la solution du cylindre gradué et noter ces observations.**

9. Ensuite, vite ouvrir la vanne 1 avant que la solution ne soit aspirée en arrière, puis démonter l'appareillage lorsque le tube de quartz est froid.

- ? 2. Le charbon de bois est un assemblage d'atomes de carbone ($C_{(s)}$). Quelle est la substance produite lors de la combustion du carbone en présence de l'oxygène ($O_{2(g)}$)? Proposer l'équation de cette réaction. Déterminer si cette substance est solide, liquide ou gazeuse; justifier la réponse.
- ? 3. Le produit de la combustion du charbon de bois réagit avec l'eau pour former une nouvelle substance, l'acide carbonique ($H_2CO_{3(aq)}$). Proposer l'équation de cette réaction.
- ? 4. Lorsque l'acide carbonique est produit, il réagit à son tour avec l'hydroxyde de calcium en solution ($Ca(OH)_{2(aq)}$). Lors de cette nouvelle réaction, une substance qui constitue un trouble blanc est produite, de même que de l'eau, selon l'équation suivante:
 $H_2CO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(lq)} + ?$
 Proposer la substance qui constitue ce trouble dans la solution aqueuse et compléter la réaction.

**RECUPERATION
ET NETTOYAGE**

S'assurer que les fragments de charbon de bois sont éteints et que la paille de fer est froide et les récupérer dans le récipient de déchets **S (substances solides)**.

Sécher l'intérieur du tube de quartz en y faisant passer un tampon de papier absorbant à l'aide de la baguette de verre.

Vider le contenu du cylindre gradué dans l'évier, sous courant d'eau.

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

PREPARATION

Expérience pour un groupe de 2 étudiants.

1. Charbon de bois:

Préparer des fragments de charbon de bois de petite taille.

2. Solution d'hydroxyde de calcium saturée (eau de chaux):

Ajouter de l'oxyde de calcium CaO (chaux vive) à 1000 ml d'eau (suffisant pour environ 20-30 groupes), jusqu'à saturation. Filtrer la solution d'eau de chaux avant usage pour éliminer les solides en suspension.

3. Paille de fer:

Utiliser de la paille de fer propre, non oxydée en surface (Brico-Coop: patine à poncer Rasko Fin n° 00 en laine d'acier). Les tampons doivent être préparés à l'avance, non tassés.

4. Oxygène:

La qualité de l'oxygène n'est pas déterminante.

5. Matériel nécessaire pour un groupe de 2 étudiants:

2 seringues en plastique de 100 ml (type cathéter)

2 vanes en verre à 2 voies

1 raccord en T en plastique ($\varnothing = 8-9$ mm)

1 tube de quartz ($\varnothing_{\text{int}} = 18$ mm, épaisseur = 2 mm, L = 120 mm)

1 tube de verre ($\varnothing = 8-9$ mm, L = 50 mm)

1 cylindre gradué de 25 ml

2 bouchons troués en silicone

4 tuyaux en silicone ($\varnothing_{\text{int}} = 8$ mm, $\varnothing_{\text{ext}} = 12$ mm, 1x30 cm, 3x5 cm)

2 petits ballons de baudruche, 1 pince pour baudruche

1 paire de pinces brucelles

1 baguette de verre

1 statif avec noix et 3 pinces

1 bec Bunsen, allumettes

6. Durée de l'expérience:

Environ 60 min de manipulations.

DISCUSSION

? **1. Quelle est la substance produite lors de la combustion du fer (Fe) en présence de l'oxygène ($\text{O}_{2(\text{g})}$)? Proposer deux équations, l'une produisant du fer avec valence 2 (Fe^{2+}) et l'autre produisant du fer avec valence 3 (Fe^{3+}). Déterminer si cette substance est solide, liquide ou gazeuse; justifier la réponse.**

A haute température, le fer s'oxyde et se combine à l'oxygène, en passant de l'état métallique Fe^0 à l'état Fe^{2+} (fer ferreux) ou Fe^{3+} (fer ferrique). En l'occurrence, le fer est plus stable sous sa forme la plus oxydée Fe^{3+} , et la réaction a lieu selon:



D'autre part, l'oxygène pur, qui se réduit de l'état O^0 à l'état O^{2-} durant la combustion, est immobilisé dans la structure de l'oxyde de fer produit. Par conséquent, le volume de gaz récupéré à l'issue de la réaction est pratiquement nul (il devrait être nul si le montage ne contenait pas un peu d'air).

L'oxydation du fer est possible directement en présence d'air (20 % O_2 + 80 % N_2) sur flamme vive; les dépôts noirs sur la paille de fer attestent de la combinaison du Fe^0 et de l'oxygène gazeux en oxyde de fer ferrique $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{s})}$.

L'oxyde de fer produit est l'hématite, un composé solide cristallin dont la couleur varie du noir au rouge selon la taille des particules produites. L'hématite est utilisée depuis des siècles comme pigment dans les peintures.

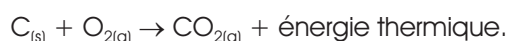
Il est finalement à noter que l'hématite produite par la combustion du fer métallique est susceptible de contenir un oxyde mixte de fer ferreux (Fe^{II}) et de fer ferrique (Fe^{III}), la magnétite Fe_3O_4 ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$).

? 2. Le charbon de bois est un assemblage d'atomes de carbone ($\text{C}_{(\text{s})}$).

Quelle est la substance produite lors de la combustion du carbone en présence de l'oxygène ($\text{O}_{2(\text{g})}$)? Proposer l'équation de cette réaction.

Déterminer si cette substance est solide, liquide ou gazeuse; justifier la réponse.

La combustion du charbon procède selon la réaction:



Le dioxyde de carbone gazeux qui est produit s'échappe de l'enceinte réactionnelle pour buller dans le flacon laveur; dans le CO_2 , le carbone et l'oxygène sont sous forme C^{4+} et O^{2-} .

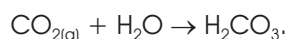
La combustion a lieu car toutes les conditions sont réunies (carburant, comburant, source de chaleur).

Cependant, la réaction d'oxydation du carbone n'est jamais stoechiométrique et conduit aussi à la formation de monoxyde de carbone $\text{CO}_{(\text{g})}$, toxique et inodore, en faible proportion.

? 3. Le produit de la combustion du charbon de bois réagit avec l'eau pour former une nouvelle substance, l'acide carbonique ($\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$).

Proposer l'équation de cette réaction.

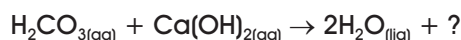
Le dioxyde de carbone est particulièrement soluble dans l'eau et se transforme instantanément en acide carbonique selon:



Ainsi, la dissolution du dioxyde de carbone acidifie l'eau.

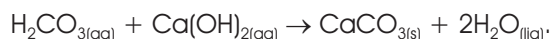
? 4. Lorsque l'acide carbonique est produit, il réagit à son tour avec l'hydroxyde de calcium en solution ($\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$).

Lors de cette nouvelle réaction, une substance qui constitue un trouble blanc est produite, de même que de l'eau, selon l'équation suivante:



Proposer la substance qui constitue ce trouble dans la solution aqueuse et compléter la réaction.

L'acide carbonique réagit avec l'hydroxyde de calcium (composé basique) pour former le carbonate de calcium (calcaire), qui est insoluble, selon la réaction acide-base:



Dans cette expérience, le trouble blanc est donc la conséquence directe de la production de CO_2 lors de la combustion du charbon de bois.

Notons cependant que la précipitation de carbonate de calcium n'est possible que lorsque l'acide carbonique n'exprime pas son caractère acide.

C'est effectivement le cas lors de cette expérience, puisque l'eau de chaux est basique et procède à la neutralisation de l'acide carbonique.

Si une plus grande proportion de dioxyde de carbone est dissoute dans la solution, il est possible de consommer toute la basicité provoquée par la pré-

sence de l'hydroxyde de calcium (en quelque sorte, il s'agit d'une "titration acide-base" de $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ par $\text{CO}_{2(\text{g})}$).

Dans ces conditions, l'acide carbonique, qui continue de se former, contribue à acidifier la solution et à dissoudre le $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ formé, selon:

