

LAMPE SANS FLAMME



Une belle expérience de **catalyse hétérogène** est celle de l'oxydation de l'éthanol en éthanal par le cuivre métallique. C'est une expérience souvent présentée au lycée sous le nom de "Lampe sans flamme".

Précautions

Outre les précautions d'usage en chimie, il faut faire attention aux points suivants :

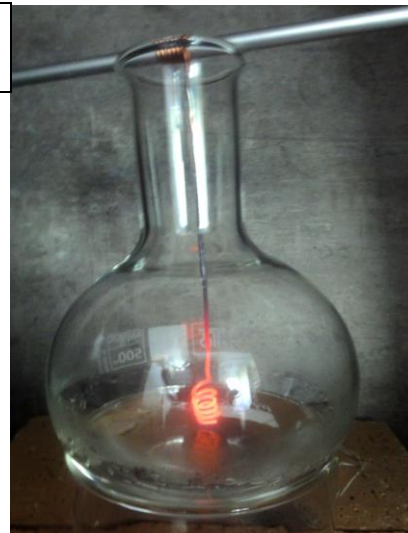
- ✚ L'éthanal $2CH_3CHO$ est inflammable et nocif en grande quantité, il faut réaliser l'expérience dans une pièce bien ventilée ou sous hotte d'aspiration.
- ✚ Porter des lunettes de protection.

Matériel et produits

- | | |
|---|---|
| ✚ Fil de cuivre de $1,5\text{ mm}^2$: ~ 20 cm dénudé Cu | ✚ Ballon de 250 ml |
| ✚ Éthanol (alcool à brûler) : ~ 50 ml $2CH_3CH_2OH$ | ✚ Tige métallique $\varnothing \sim 6\text{mm}$ |
| | ✚ Bec Bunsen ou chalumeau |

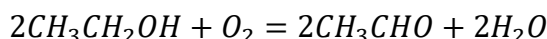
Protocole

- ✚ Placer un peu d'éthanol au fond du ballon.
- ✚ Prendre le fil de cuivre et l'enrouler en forme de tire-bouchon autour de la tige. Fixer le bout opposé au milieu de la tige et donner au fil entortillé une longueur de sorte que, une fois la tige posée sur le bord du bécher, la torsade soit juste au-dessus de l'éthanol.
- ✚ Chauffer l'éthanol légèrement pour assurer l'évaporation.
- ✚ Dans la pénombre, chauffer le fil de cuivre dans la flamme d'un chalumeau jusqu'à ce qu'il soit rouge incandescent.
- ✚ Poser la tige sur le bord du ballon sans mettre les mains juste au-dessus. Surtout ne pas tremper le cuivre dans l'éthanol !
- ✚ On observe que le fil de cuivre reste rouge orangé incandescent pendant longtemps, avec des variations d'intensité et de couleur, et qu'une odeur de pomme verte se dégage de la réaction.
- ✚ Retirer le fil de cuivre : on observe que celui-ci arrête son incandescence (il est très chaud) et devient noir. L'odeur de pomme verte cesse de se dégager.

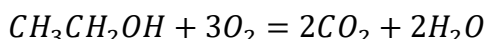


Explications

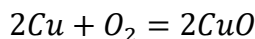
- ✚ Lorsqu'on chauffe très fortement le fil de cuivre, il émet une lumière orangée puis rouge. Ceci est lié à la température de la flamme. Le cuivre n'est pas assez réactif pour faire une combustion et brûler avec le dioxygène contenu dans l'air.
- ✚ Cependant, les vapeurs d'éthanol qui sont dans le bécher peuvent réagir avec le dioxygène de l'air (grâce au cuivre) pour donner une nouvelle molécule : l'éthanal, dont l'odeur rappelle la pomme verte. Attention, à forte concentration ou à force de le respirer, il peut donner des maux de tête ! L'équation bilan est :



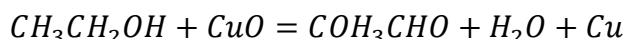
- ✚ Cette réaction peut durer jusqu'à ce que tout l'éthanol se soit évaporé.
- ✚ La chaleur du fil produit un courant de convection des vapeurs dans le bécher, ce qui donne des variations dans l'intensité de l'incandescence.
- ✚ Si le fil reste incandescent (donc très chaud $\sim 900^\circ\text{C}$), c'est parce que la réaction d'oxydation de l'éthanol en éthanal dégage de la chaleur. Cette chaleur est transférée au fil de cuivre et sa température ne diminue donc pas.
- ✚ La réaction de l'éthanol (combustible) avec le dioxygène (comburant) n'est pas une combustion produisant du dioxyde de carbone et de l'eau, comme on pourrait s'y attendre quand on fait brûler l'alcool :



- ✚ Ici, la réaction en présence du cuivre métallique conduit à l'éthanal par une oxydation plus douce (ou encore, une déshydrogénation, puisque l'éthanol a perdu deux hydrogènes). Il s'agit ici de catalyse. On dit que la catalyse est hétérogène car le cuivre est solide, alors que les réactifs et les produits sont des gaz (vapeurs).
- ✚ Dans le détail, le cuivre s'oxyde pour former l'oxyde de cuivre :



- ✚ Ensuite l'éthanol réagit avec CuO pour donner l'éthanal et régénérer le cuivre :



- ✚ Dans ce mécanisme, le cuivre prête ses atomes lors de son oxydation, puis est régénéré par sa réduction, mais au final il n'est pas consommé. C'est un catalyseur de la réaction.
- ✚ À la fin de la réaction on remarque que le cuivre métallique, au départ de couleur rouge, est noir ou irisé en fin d'expérience. Cela est dû à l'oxyde de cuivre CuO qui se forme avec le dioxygène de l'air lorsque le cuivre se refroidit.

