

## > EXPÉRIENCE EN IMAGE



**1** Dans un gobelet en plastique, on introduit le composant B, un di-isocyanate, et l'on ajoute une part équivalente du composant A, un polyol.



**2** Bien homogénéiser la solution. Dès que les deux composants sont en contact et bien brassés, ils réagissent. Le temps de crème, temps pendant lequel la mousse peut être encore mélangée et coulée, est de l'ordre de 15 à 20 secondes.

# Quelques expériences de mousses

Département  
de chimie du Palais  
de la découverte

*SOKUNTHÉA THLANG*  
Responsable du département  
*JONATHAN DODÉMONT*  
et *ISABELLE MONNERAIS*  
Médiateurs scientifiques

**V**oici un échantillon de quatre mousses spectaculaires. Certaines sont assez visqueuses, d'autres solides mais toutes sont obtenues par des réactions chimiques avec des agents moussants différents. Les expériences qui sont présentées ne doivent pas être réalisées tout seul. La présence d'un adulte est impérative. Elles nécessitent des produits corrosifs ou nocifs qui doivent être manipulés en connaissance de cause, avec un maximum de précautions (port de gants, lunettes, blouse) dans un endroit adapté, sous une hotte aspirante éventuellement.



**3** La mousse démarre lentement au départ de la réaction, puis augmente à vue d'œil jusqu'à déborder du gobelet grâce au dégagement gazeux de dioxyde de carbone. L'expansion de la mousse lui permet d'atteindre jusqu'à 30 fois son volume initial. Cette réaction libère par ailleurs de la chaleur.



**4** Il faut ensuite attendre quelques minutes (temps de poisse) pour que la mousse ne colle plus aux doigts.

© C. Rousselin / Palais de la découverte.

## Une mousse qui ne se dégonfle pas > La mousse polyuréthane

Cette expérience met en jeu un di-isocyanate (présence de la fonction  $-N=C=O$ ) et un polyol (caractérisé par de nombreuses fonctions  $-OH$ ).



Il s'agit d'une réaction de polycondensation dans laquelle le polymère se développe dans les trois directions de l'espace.

Elle concerne une mousse polyuréthane, ce qui implique la présence d'un agent expansif. Cette réaction se réalise en présence d'eau ; l'eau en présence du groupement isocyanate produit entre autres du dioxyde de carbone qui est donc l'agent moussant dans le cas de notre expérience selon la réaction suivante :



Cette matière plastique est qualifiée de thermodurcissable, ce qui signifie qu'elle durcit sous l'effet de la chaleur. Elle ne peut pas fondre ; la transformation est irréversible et l'on ne peut plus modifier sa forme en la chauffant. En général, la réaction pour de tels matériaux est réalisée dans des moules.

La rigidité de la mousse dépend des produits utilisés. Suivant les cas, la mousse poly-

uréthane est utilisée dans le bâtiment pour l'isolation thermique, phonique, pour améliorer la flottaison, la réalisation de fausses poutres, de faux décors de théâtre, de cinéma, etc., pour le rembourrage de sièges automobiles, canapés, coussins... Ce produit a également inspiré de nombreux artistes.

Depuis quelques années, des chercheurs de l'université de Sheffield ont transformé une mousse polyuréthane d'emballage ordinaire en une « supermousse » en la soumettant à un procédé de « cuisson » industrielle resté secret. Cette supermousse a la propriété de ne pas s'écraser et d'augmenter en épaisseur quand on l'étire ! Elle est pour le moment produite en petites quantités dans les laboratoires en attendant un partenaire industriel.

S. T.

## La mousse noire

Une mousse noire pleine de chocolat ? Malheureusement non. Nous allons décrire comment fabriquer une mousse avec du sucre. Impossible ? Essayons une première fois. Batta le sucre au fouet pour y incorporer de l'air. Résultat : on en répand partout mais toujours pas de mousse. Deuxième essai : chauffer le sucre et le battre au fouet. Résultat : on obtient du caramel mais toujours pas de mousse. Alors quel est le secret de la mousse noire au sucre ?

Pour fabriquer cette mousse noire au sucre, il nous faut donc d'autres ingrédients. Tout d'abord, un grand pot de sucre glace. Pourquoi utiliser du sucre glace ? Tout simplement parce que les cristaux sont tout petits et favorisent les transformations à cause de leur grande surface spécifique (la surface spécifique représente la surface totale par unité de masse du produit accessible aux atomes et aux molécules). Le sucre glace a un inconvénient néanmoins : il a un petit goût métallique qui provient de son passage sous forme de gros cristaux dans des presses en métal. Bon ! De toute façon le goût du sucre ici nous importe peu.

On prend ensuite un récipient étroit, en verre, résistant à la chaleur. On place à l'intérieur environ 30 g de sucre glace. Puis, dans un autre récipient en verre, on prend environ 40 mL d'acide sulfurique concentré. On comprend bien qu'il soit nécessaire de faire très attention, l'acide sulfurique étant un liquide très dangereux ! On mélange enfin l'acide et le sucre avec une baguette en verre et l'on attend quelques secondes en maintenant la baguette verticalement dans le récipient par son extrémité supérieure. Le récipient devient chaud. On commence à observer de la fumée. Il ne faut pas la respirer car cette dernière contient des vapeurs d'acide (par précaution, il est

donc vital de le faire sous une hotte aspirante !). Et là, jaillissant du récipient, voulant s'étirer jusqu'au ciel, une mousse noire solide apparaît.

Que s'est-il passé ? Sous l'action de l'acide sulfurique, le sucre se déshydrate dans un premier temps. Il devient marron comme pour le caramel mais, très rapidement, le mélange devient noir intense. La réaction produit de la chaleur. Cette chaleur favorise l'évaporation de l'eau et l'on voit apparaître très rapidement une mousse noire.

Qu'avons-nous obtenu ? Lorsque l'on effectue la combustion de cette mousse noire en présence de dioxygène, on obtient un gaz qui, une fois mis en présence d'eau de chaux, trouble cette dernière. Ainsi nous obtenons une mousse de charbon, non comestible.

La réaction est donc la suivante :

catalyseur = acide sulfurique

sucre glace  $\rightarrow$  carbone + vapeur d'eau

Cette expérience fut l'une des premières expériences réalisées en chimie dite « organique » et a permis de comprendre que les produits de la famille des sucres étaient essentiellement constitués d'eau et de carbone, ce qui leur valut le nom d'hydrate de carbone.

Maintenant que cette mousse noire a nourri notre esprit, que pensez-vous d'utiliser le reste de sucre glace sur une gaufre chaude pour nourrir notre estomac ?

J. D

## L'éponge de titane

Tout le monde connaît les mousses synthétiques ou végétales, appelées plus communément éponges, utilisées pour faire la vaisselle ou essuyer la table. Mais connaissez-vous l'éponge métallique et, plus particulièrement, l'éponge de titane ? Cette éponge n'a pas la propriété d'être absorbante mais elle est aussi poreuse qu'une éponge classique et correspond à une étape importante dans la procédure de fabrication du titane.

L'obtention de l'éponge de titane se fait en deux étapes à partir d'un minerai, le rutile ( $\text{TiO}_2$ ).

### La carbochloration

La réaction chimique est la suivante :



Cette réaction est effectuée sous vide ou sous atmosphère inerte (argon). Pour réaliser la carbochloration, on introduit dans un gros récipient, appelé aussi réacteur, un peu de poudre de rutile (alias  $\text{TiO}_2$ ). On chauffe le tout à  $650\text{ }^\circ\text{C}$  (attention, c'est très chaud !). On ajoute ensuite du chlore sous forme de gaz et l'on obtient du rutile fondu. On y ajoute enfin une pincée de carbone finement broyé ; il s'enflamme et permet de maintenir le tout à une température de  $800\text{ }^\circ\text{C}$ . On obtient ainsi un gaz : le tétrachlorure de titane ( $\text{TiCl}_4$ ) qui est ensuite condensé puis purifié par distillation fractionnée.

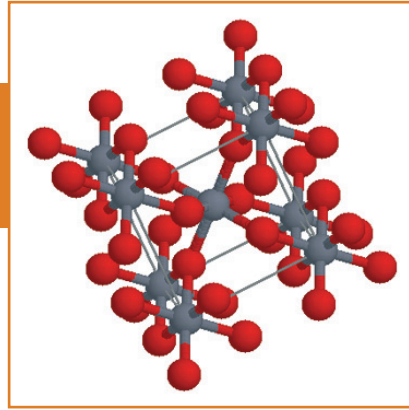
### Réduction et purification

Le titane métallique est issu de la réduction du tétrachlorure de titane au moyen de métaux très réducteurs tels que le magnésium.

La transformation est la suivante :



Le réacteur est rempli de gaz inerte (argon). Le tétrachlorure de titane ( $\text{TiCl}_4$ ), obtenu lors



Rutile (oxyde de titane).

de la première étape, est alors introduit dans le réacteur dans lequel on a déjà fondu des lingots de magnésium. La réaction se déroule aux environs de  $800\text{ }^\circ\text{C}$  et peut durer deux à trois jours (il ne faut pas être pressé !). Lorsqu'elle s'achève, on se retrouve finalement avec une mousse solide de titane imprégnée de chlorure de magnésium liquide. Mais comment les cavités dans la mousse se sont-elles formées ? L'hypothèse faite ici est la suivante : lors de la formation de la mousse de titane appelée éponge de titane par les industriels, le chlorure de magnésium présent à l'état fondu aurait été piégé dans les pores de l'éponge. Une dernière étape de purification est donc indispensable afin d'éliminer le chlorure de magnésium restant. Il existe plusieurs façons de procéder. La plus courante consiste d'abord à vider le réacteur du chlorure de magnésium liquide. Le reste du chlorure de magnésium, piégé dans l'éponge de titane, est distillé sous pression réduite ; compte tenu de la porosité de l'éponge, la quasi-totalité est éliminée.

L'éponge de titane, toute seule, est l'objet de peu d'applications car elle est chimiquement pure mais ne possède pas une compacité et des propriétés mécaniques intéressantes. Grâce à sa porosité, elle est employée comme moyen de stockage d'hydrogène dans certaines horloges atomiques. L'éponge de titane est donc principalement utilisée dans la fabrication de lingots de titane.

I. M.

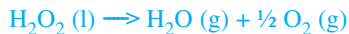
## Le « dentifrice pour éléphant »

**D**ans une éprouvette graduée de 500 mL, verser 100 mL d'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , produit qu'il faut manipuler avec précaution car il est très dangereux lorsqu'il est concentré) et 50 mL d'un liquide vaisselle (constitué de molécules tensioactives qui réconcilient l'eau et l'huile). Additionner à ce mélange une pincée d'iodure de potassium (KI) et observer ce qui se passe.

Qu'observe-t-on ? Lors de l'ajout de l'iodure de potassium, le récipient devient chaud, il se dégage de la fumée et le mélange se met à mousser, mousser, mousser... à n'en plus finir. L'éprouvette permet de guider la mousse : elle s'élève et sort du récipient en gardant sa forme cylindrique. D'où l'image de « dentifrice pour éléphant » car on obtient une mousse comparable à la pâte dentifrice sortant de son tube, mais faisant vingt fois sa taille. Une fois la réaction terminée, une quantité phénoménale de mousse s'est déposée tout autour de l'éprouvette (voir photographie ci-dessus).

Que s'est-il passé pour fabriquer autant de mousse ?

Sous l'action du iodure de potassium, la décomposition de l'eau oxygénée est accélérée. La réaction de décomposition s'écrit de la manière suivante :



La quantité spectaculaire de mousse est liée à deux phénomènes :

- la production de bulles d'oxygène en présence de notre liquide vaisselle engendre une mousse épaisse ;
- la réaction étant exothermique, la chaleur produite va favoriser l'évaporation de l'eau et permettre d'accroître la quantité de mousse formée.

Il n'y a pas d'application à cette expérience mais l'effet de cette dernière est immédiat : « liquide qui mousse amasse la foule ».

I. M.



*Résultat final : la mousse déborde largement de l'éprouvette en gardant une forme cylindrique.  
© Palais de la découverte/J. Dodémont.*