

La chimie de «l'airbag»

par Alfred MATHIS
Lycée Jean Rostand - 67000 Strasbourg

RÉSUMÉ

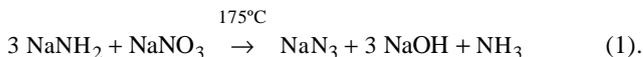
Le produit chimique utilisé pour le fonctionnement d'un «airbag» est essentiellement l'azoture de sodium NaN_3 .

On trouvera dans cet article des indications sur les propriétés de ce produit ainsi que la description du fonctionnement d'un «airbag».

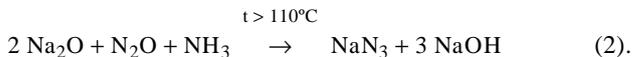
1. COMPORTEMENT DE L'AZOTURE DE SODIUM

1.1. Méthodes de préparation

L'obtention de l'azoture de sodium peut se réaliser assez simplement en laboratoire, selon la réaction suivante, avec un rendement de l'ordre de 60 % (1) :



L'amidure de sodium NaNH_2 n'étant pas un produit chimique couramment utilisé dans les installations de production industrielle, on préfère donc industriellement, pour obtenir l'azoture de sodium, réaliser la réaction suivante :



On trouvera quelques autres modes de préparation dans le Gmelin [2].

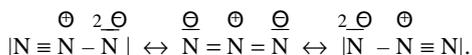
1.2. Propriétés physiques

1.2.1. Structure

L'azoture de sodium est, à température ambiante, un composé solide blanc incolore entièrement ionique. Il contient donc des ions sodium Na^+ et azoture N_3^- . Dans l'ion azoture, tous les atomes d'azote

sont digonaux. L'ion est entièrement symétrique et la distance entre deux atomes d'azote voisins est chaque fois de 115 pm (1,15 Å) [3 et 4].

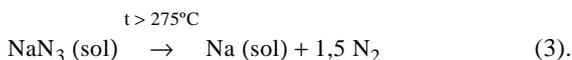
L'effet mésomère stabilise cette structure*.



La structure des azotures des métaux lourds présente un certain caractère covalent. Il n'y a donc plus stabilisation de la structure par effet mésomère. Il s'en suit une réactivité, en particulier une explosivité accrue de ces derniers par rapport à l'azoture de sodium.

1.2.2. Décomposition thermique

L'azoture de sodium est stable vis-à-vis de la chaleur et est de ce point de vue facile à manipuler. La décomposition intervient seulement pour une température supérieure à 275°C à pression ambiante [5]. Cette décomposition thermique a lieu selon la réaction suivante :



Cette réaction, connue depuis les années trente, peut être utilisée pour obtenir de l'azote très pur. Mais de nos jours, cette réaction connaît un nouveau départ avec son utilisation dans le système «airbag». On trouvera en annexe un mode opératoire pour l'étude expérimentale de cette décomposition thermique.

2. Comportement des azotures des métaux lourds

Ils sont d'une façon générale beaucoup plus dangereux que l'azoture de sodium. Des actions physiques telles que : choc, étincelle électrique, frottement, ultrason, rayonnement lumineux intense ou radiation ionisante provoquent leur décomposition exothermique de façon explosive. La vitesse de détonation des azotures d'argent, de cuivre I, de mercure I ou de plomb II est supérieure à 2000 m.s⁻¹ [6].

* N.D.L.R. : Cette structure est isoélectronique de celle de CO₂.

CONSÉQUENCE POUR LA SÉCURITÉ

La préparation de tels composés doit être proscrite dans les laboratoires de chimie des lycées. Mais attention, ces azotures de métaux lourds peuvent également se former au cours d'une manipulation où de la verrerie mal lavée est utilisée ! Par exemple en réalisant une solution aqueuse d'azoture de sodium dans un tube à essai mal rincé et ayant contenu du nitrate d'argent !

3. L'AIRBAG

3.1. Généralités

L'intérêt technique de l'azoture de sodium réside dans la réaction (3). Il est possible de conduire cette réaction de façon à obtenir en des temps extrêmement courts la quantité stœchiométrique d'azote. Cet azote peut alors gonfler un ballon tel «l'airbag» d'une automobile et empêcher ainsi le choc du conducteur contre le tableau de bord de la voiture lors d'une collision par exemple.

3.2. Fonctionnement

En moins de 40 ms on obtient à partir d'une mole d'azoture de sodium (65 g), 1,5 moles de gaz diazote, soit environ à température ambiante $1,5 \times 24 = 36$ L de diazote.

Le mécanisme de mise en route est constitué d'une bille métallique qui par suite d'un choc suffisant comprime un ressort qui ferme alors un circuit électrique. La fermeture de ce circuit électrique provoque une étincelle qui produit l'allumage d'un mélange de nitrate de sodium NaNO_3 et de bore amorphe. La chaleur dégagée par cette réaction provoque alors la décomposition thermique de l'azoture de sodium.

La figure 1 montre en coupe la constitution du réacteur correspondant.

Au centre du réacteur se trouve le dispositif d'allumage et le mélange nitrate de sodium et bore. Dans l'anneau qui est autour sont placées des pastilles d'azoture de sodium.

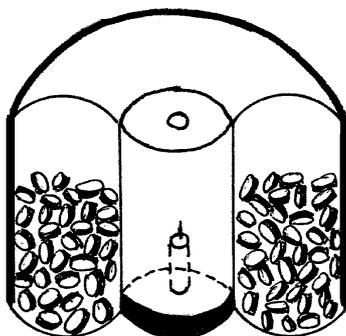


Figure 1

3.3. Conséquences

Pour que le procédé soit sans danger pour l'utilisateur du véhicule et pour l'environnement il faut encore deux conditions.

- Lors de la réaction (3) il se forme du sodium. Celui-ci ne devra en aucun cas, suite par exemple à un éclatement du dispositif, se retrouver à l'air. Du disulfure de molybdène MoS_2 et des silicates, ajoutés au dispositif, permettent d'éliminer le sodium métallique par insertion des atomes de sodium dans les structures de ces composés.
- Après le gonflement du ballon de l'airbag il faut de nouveau assez rapidement obtenir son dégonflement pour permettre au conducteur du véhicule de retrouver sa liberté de mouvement et de pouvoir se dégager. Différents dispositifs permettent d'obtenir cet effet.

4. CONCLUSION

Nul doute que ce dispositif permet d'éviter de graves blessures d'accidents de voiture. Cependant pour les voitures non accidentées arrivées en fin d'utilisation, se posera alors un nouveau problème. Celui de l'élimination correcte de l'azoture de sodium en particulier mais aussi des autres produits chimiques présents dans l'airbag.

L'azoture de sodium est un produit toxique. De plus l'action des acides habituels, même dilués, sur les azotures conduit à la formation de l'acide azothydrique HN_3 qui est lui aussi très toxique mais en plus très explosif. Ainsi 0,05 g d'acide azothydrique suffisent pour pulvériser lors de la décomposition explosive le récipient en verre qui le contenait ! [7].

C'est un très bon exemple pour montrer aux élèves l'ensemble des problèmes qui se posent lors de l'utilisation d'un dispositif contenant des produits chimiques.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Chemie des «Airbags» E. DIEMANN Praxis des Naturwissenschaften Chemie 42/8, 1993.
- [2] GMELIN - Tome 21, Erg. 3, page 897.
- [3] GMELIN - Tome 21, Erg. 3, page 900.
- [4] A. JULG - Chimie quantique, Éditions Dunod.
- [5] R. SUHRMANN et K. CLUSIUS - Z. Anorg Allgem. Chem 152, 52, 1936.
- [6] A. WILLMES - Textbuch Chemische Substanzen, page 390.
- [7] GMELIN - Tome 4, page 292.
- [8] W.-L. BELL - Journal of Chemical Education 67, juin 1990, page 61, Chemistry of airbag. Dans cet article l'auteur propose une exploitation pédagogique de la chimie de l'airbag.

Annexe

PARTIE EXPÉRIMENTALE

On peut montrer expérimentalement la décomposition thermique de l'azoture de sodium très simplement.

Dans un tube à essai mettre environ 0,5 g d'azoture de sodium.

Attention

Fiche technique de l'azoture de sodium
produit très toxique

R 28 – 32,

S 28.1,

DL 50 (rat par voie orale) 27mg.kg⁻¹,

produit Merck n° 6688.

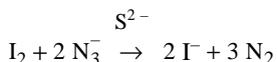


**T +
Très toxique**

On chauffe doucement avec la flamme jaune d'un bec Bunsen. Une baguette de bois préalablement enflammée est introduite dans le tube à essais. La flamme s'éteint par suite de la formation d'azote au-dessus de l'azoture de sodium ce qui entraîne un manque d'oxygène pour la combustion.

ÉLIMINATION DU RESTE D'AZOTURE DE SODIUM

On peut éliminer ces restes d'azoture avec une solution oxydante d'iode en présence d'un sulfure ou d'un thiosulfate. Il y a alors formation de diazote selon la réaction :



En l'absence de dérivé soufré cette réaction se fait très lentement. On peut en plus ajouter une solution d'empois d'amidon pour montrer la disparition du diiode. On observe facilement le dégagement gazeux.