

Doc 1 : Le principe de fonctionnement des airbags automobiles :

Les ceintures de sécurité représentent le premier mode de protection et on doit toujours les utiliser même si le véhicule est équipé d'airbags. Dans le cas de figure d'une collision frontale, on estime que les airbags frontaux diminuent le nombre de morts d'environ 25 % pour les conducteurs ceinturés. Aujourd'hui, un système d'airbags frontaux, est constitué d'une "Unité de Contrôle Electronique" et au minimum de 2 airbags (conducteur + passager). Les capteurs mesurent continuellement les accélérations et les décélérations du véhicule et envoient leurs informations à un microprocesseur dans lequel se trouve stocké un logiciel possédant en mémoire toutes les données du crash-test du véhicule. Quand le microprocesseur de l'unité de contrôle électronique "reconnaît" l'impulsion du crash envoyée par le capteur, un courant électrique est envoyé à un détonateur qui se trouve logé dans le générateur de gaz de l'airbag. Le coussin gonflable réalisé en nylon, plié de façon très spécifique se gonfle alors de manière rapide et sûre en moins de 0,050 s (la moitié de la durée d'un clignement d'oeil). La taille du coussin gonflable varie de 35 à 70 Litres pour le côté conducteur et de 60 à 160 Litres pour le côté passager. Voici quelques exemples de volumes d'airbags européens:

Volumes d'airbags:	Conducteur	Passager
La CLIO de Renault	60 L	150 L
L'AUDI A3	70 L	150 L

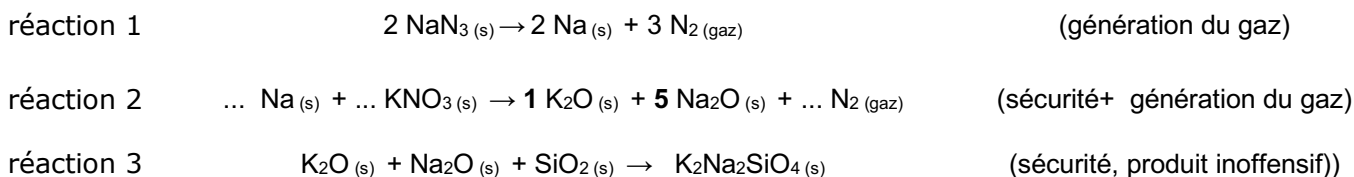
La chimie qui se cache derrière chaque airbag

Doc 2 : Le générateur de gaz dont la fonction est de gonfler l'airbag, contient des pastilles blanches constituées d'un mélange d'azide de sodium NaN_3 , du nitrate de potassium KNO_3 et d'oxyde de silicium SiO_2

l'azide de sodium (appelé aussi azoture de sodium)	NaN_3
le nitrate de potassium (appelé aussi salpêtre)	KNO_3
L'oxyde de silicium (appelé aussi silice)	SiO_2

Une impulsion électrique transmise à l'allumeur électrique (détonateur) va permettre de réaliser la décomposition de l'azide de sodium solide (réaction 1). Le gaz obtenu permettant de remplir l'airbag est du diazote N_2 (gaz). Les réactions suivantes (2 et 3) permettent d'amener l'élément sodium dans un composé stable inoffensif : le sodium formé, produit dangereux, réagit avec du nitrate de potassium KNO_3 (réaction 2). L'oxyde de sodium (formé au cours de la réaction 2) et l'oxyde de potassium réagissent avec de la silice SiO_2 , pour former un produit inoffensif (réaction 3).

Doc 3 : Les 3 réactions chimiques, qui ont lieu dans le générateur de gaz d'un airbag, sont les suivantes :



- Réaction 1 :** l'azide de sodium seul, se décompose totalement en sodium solide de formule Na et en diazote gazeux.
- Réaction 2 :** le sodium solide réagit avec le nitrate de potassium pour former de l'oxyde de potassium solide de formule K_2O , de l'oxyde de sodium solide de formule Na_2O et du diazote.
- Réaction 3 :** l'oxyde de potassium et l'oxyde de sodium formés lors de la réaction (2), réagissent sur de la silice pour former le produit de formule $\text{K}_2\text{Na}_2\text{SiO}_4$ qui est une poudre de verre (produit inerte, et non inflammable).

Toutes les réactions décrites précédemment sont considérées comme totales.

La chimie de l'airbag

Problématique :

Déterminer la masse d'azide de sodium nécessaire pour gonfler l'airbag conducteur de la Clio à une température de 20 °C, à la pression de 1013 hPa.

Données :

Masses molaires atomiques : $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g/mol}$, $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g/mol}$

1) Questions préliminaires :

- 1) Complétez (au niveau des pointillés), sur la feuille d'énoncé (Doc 3), l'équation de la réaction 2, en prenant :
 1 comme nombre stoechiométrique pour l'oxyde de potassium,
 5 comme nombre stoechiométrique pour l'oxyde de sodium
- 2) Montrez que la valeur de la quantité de matière nécessaire en diazote gazeux, pour remplir complètement un airbag conducteur de la **Clio**, à une température de 20°C, à la pression de 1013 hPa, est voisine de 3 mol.

2) Problème : En ne prenant en compte que la réaction (1) et en complétant le tableau d'avancement ci-dessous, répondre à la problématique.

Equation chimique		2 NaN ₃ (s) → 2 Na (s) + 3 N ₂ (gaz)		
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
Etat initial	0	n ₀	/ 0,25	/ 0,5
Etat final	x (max)	/ 0,5	/ 0,25	/ 0,5

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

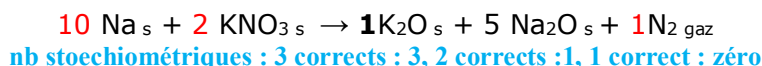
3) QCM : cochez la réponse correcte

- a) Si les réactions ont en fait lieu à la pression de 1013 hPa et à la température 300°C, la quantité de matière d'azide de sodium nécessaire pour fournir suffisamment de gaz pour remplir complètement un airbag conducteur de la Clio, sera :
 supérieure , inférieure, identique à celle calculée pour une température de 20 °C ?
- b) En ne prenant en compte que la réaction (2), donner la relation entre la quantité de matière supplémentaire formée en diazote et la quantité de sodium formé au cours de la réaction (1), sachant que le nitrate de potassium est en excès :
 $n(N_2)_{sup} = 1/10 \times n(NaN_3)_{ini}$, $n(N_2)_{sup} = n(NaN_3)_{ini}$, $n(N_2)_{sup} = 5 \times n(NaN_3)_{ini}$
- c) Il se formera (en quantité de matière) autant de K₂Na₂SiO₄ (s) solide que de NaN₃ (s) utilisé dans l'airbag :
 Vrai , Faux

Correction

1) Questions préliminaires :

- 1) (3) Complétez (au niveau des pointillés), sur la feuille d'énoncé (Doc 3), l'équation de la réaction 2, en prenant :
1 comme nombre stoechiométrique pour l'oxyde de potassium, 5 comme nombre stoechio pour l'oxyde de sodium



- 2) (5) Montrez que la valeur de la quantité de matière nécessaire en diazote gazeux, pour remplir complètement un airbag conducteur de la Clio, à une température de 20°C, à la pression de 1013 hPa, est voisine de 3 mol. (1)

Pour gonfler complètement l'airbag, on a besoin de 60,0 L (0,5) de gaz diazote N₂: $V(\text{N}_2) = 60 \text{ L}$

Pour une température de 20°C (+0,25), on aurait obtenu : $n(\text{N}_2)_{\text{fin}} = \frac{V(\text{N}_2)}{V_m} = \frac{60}{24,0} = 2,5 \text{ mol}$

Où V_m représente le volume molaire d'un gaz (+0,5) (0,25) (0,25) (0,25) (0,5) (0,5) (0,5) (1,5) (0,5)
(0,5) si calcul satisfaisant sur valeur calcul fausse

EN 2 : de l'Audi A3 Pour gonfler complètement l'airbag, on a besoin de 70 L de gaz diazote N₂: $V(\text{N}_2) = 70 \text{ L}$

Pour une température de 20°C, on aurait obtenu : $n(\text{N}_2)_{\text{fin}} = \frac{V(\text{N}_2)}{V_m} = \frac{70}{24,0} = 2,9 \text{ mol}$

- 2) Problème : (12) En ne prenant en compte que la réaction (1) et en complétant le tableau d'avancement ci-dessous, répondre à la problématique.

Equation chimique. (/2)		$2 \text{ NaN}_3(s) \rightarrow 2 \text{ Na}(s) + 3 \text{ N}_2(\text{gaz})$		
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
Etat initial	0	n_0	0 /(0,25)	0 /(0,5)
Etat final	x (max)	$n_0 - 2x$ (max) /(0,5)	$2x$ (max) /(0,25)	$3x$ (max) /(0,5)

Reste (/10) si le raisonnement est réalisé avec 3 mol et non la valeur précise (2,5 ou 2,9), enlever 1 pt

- (/2) L'azide de sodium est l'unique réactif (0,5) de cette décomposition (explosif), et donc le réactif limitant, (1) Sa quantité de matière à l'état final est donc nulle. (0,5)

(/3) La quantité de matière de diazote N₂ fourni est $n(\text{N}_2)_{\text{fin}} = \frac{3}{2} \times n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}}$

soit $n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}} = \frac{2}{3} \times n(\text{N}_2)_{\text{fin}} = \frac{2}{3} \times 2,50 = 1,67 \text{ mol}$ (1) (0,5) EN 2 : de l'Audi A3 $n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}} = \frac{2}{3} \times 2,90 = 1,93 \text{ mol}$ (1) (0,5)

(/1) D'après les nombres stoechiométriques de l'équation de réaction (1) : $2 \text{ NaN}_3 \rightarrow 2 \text{ Na} + 3 \text{ N}_2$ (1)

OU autre possibilité de résolution : $n_0 - 2x_{\text{(max)}} = 0$ (1) soit $n_0 = 2x_{\text{(max)}}$ ou $n(\text{N}_2)_{\text{fin}} = 3x_{\text{(max)}}$

On trouve $n_0 = \frac{2}{3} \times n(\text{N}_2)_{\text{fin}} / 3$ soit $n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}} = \frac{2}{3} \times n(\text{N}_2)_{\text{fin}} / 3$

(/4) L'azide de sodium est à l'état solide alors :

$m(\text{NaN}_3)_{\text{ini}} = m(\text{NaN}_3)_{\text{ini}} \times m(\text{NaN}_3) = 1,67 \times (23,0 + (14 \times 3)) = 1,67 \times 65 = 108 \text{ g}$

(1)

(0,5)

(1)

(1) (0,5)

EN 2 : A3 $n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}} = 1,93 \times 65 = 125 \text{ g}$

On trouve ici une valeur qui paraît bien élevée (3) QCM : voir réponse correcte a)

Conclusion : Le gonflement de l'airbag nécessiterait dans ces conditions 108 g d'azide de sodium

3) QCM : (5) cochez la réponse correcte

- a) (/2) Si les réactions ont en fait lieu à la pression de 1013 hPa et à la température 300°C, la quantité de matière d'azide de sodium nécessaire pour fournir suffisamment de gaz pour remplir complètement un airbag conducteur de la Clio sera :
 inférieure, à celle calculée pour une température de 20 °C ?

En effet le volume molaire d'un gaz va augmenter si la température du gaz augmente (dilatation à pression constante), la quantité de matière en conséquence diminuée

- b) (/2) En ne prenant en compte que la réaction (2), la relation entre la quantité de matière supplémentaire formée en N₂ et la quantité de sodium formé au cours de la réaction (1), sachant que KNO₃ est en excès, est : $n(\text{N}_2)_{\text{sup}} = \frac{1}{10} \times n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}}$, D'après la quest° préliminaire 1, les nb stoechiométriques sont 10 pour Na_s et 1 pour N₂gaz

- c) (/1) Il se formera (en quantité de matière) autant de K₂Na₂SiO₄(s) que de NaN₃(s) utilisé dans l'airbag : Faux
D'après la quest° préliminaire 1, les nb stoechiométriques sont 10 pour Na_s et 5 pour Na₂O_s et non dans le rapport 1 pour Na_s et 1 pour Na₂O, comme pour les autres équations de réaction

Doc 1 : Le principe de fonctionnement des airbags automobiles :

Les ceintures de sécurité représentent le premier mode de protection et on doit toujours les utiliser même si le véhicule est équipé d'airbags. Dans le cas de figure d'une collision frontale, on estime que les airbags frontaux diminuent le nombre de morts d'environ 25 % pour les conducteurs ceinturés. Aujourd'hui, un système d'airbags frontaux, est constitué d'une "Unité de Contrôle Electronique" et au minimum de 2 airbags (conducteur + passager). Les capteurs mesurent continuellement les accélérations et les décélérations du véhicule et envoient leurs informations à un microprocesseur dans lequel se trouve stocké un logiciel possédant en mémoire toutes les données du crash-test du véhicule. Quand le microprocesseur de l'unité de contrôle électronique "reconnaît" l'impulsion du crash envoyée par le capteur, un courant électrique est envoyé à un détonateur qui se trouve logé dans le générateur de gaz de l'airbag. Le coussin gonflable réalisé en nylon, plié de façon très spécifique se gonfle alors de manière rapide et sûre en moins de 0,050 s (la moitié de la durée d'un clignement d'oeil). La taille du coussin gonflable varie de 35 à 70 Litres pour le côté conducteur et de 60 à 160 Litres pour le côté passager. Voici quelques exemples de volumes d'airbags européens:

Volumes d'airbags:	Conducteur	Passager
La CLIO de Renault	60 L	150 L
L'AUDI A3	70 L	150 L

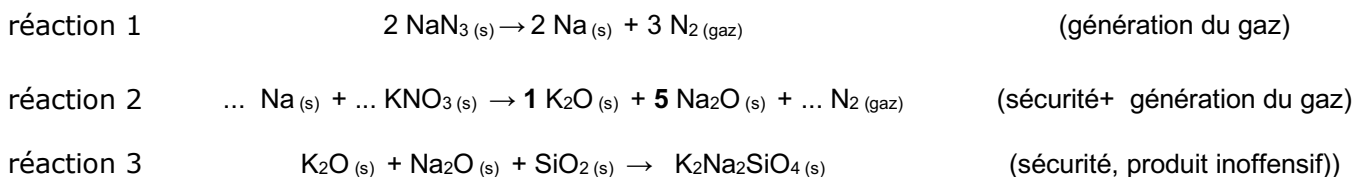
La chimie qui se cache derrière chaque airbag

Doc 2 : Le générateur de gaz dont la fonction est de gonfler l'airbag, contient des pastilles blanches constituées d'un mélange d'azide de sodium NaN_3 , du nitrate de potassium KNO_3 et d'oxyde de silicium SiO_2

l'azide de sodium (appelé aussi azoture de sodium)	NaN_3
le nitrate de potassium (appelé aussi salpêtre)	KNO_3
L'oxyde de silicium (appelé aussi silice)	SiO_2

Une impulsion électrique transmise à l'allumeur électrique (détonateur) va permettre de réaliser la décomposition de l'azide de sodium solide (réaction 1). Le gaz obtenu permettant de remplir l'airbag est du diazote N_2 (gaz). Les réactions suivantes (2 et 3) permettent d'amener l'élément sodium dans un composé stable inoffensif : le sodium formé, produit dangereux, réagit avec du nitrate de potassium KNO_3 (réaction 2). L'oxyde de sodium (formé au cours de la réaction 2) et l'oxyde de potassium réagissent avec de la silice SiO_2 , pour former un produit inoffensif (réaction 3).

Doc 3 : Les 3 réactions chimiques, qui ont lieu dans le générateur de gaz d'un airbag, sont les suivantes :



- Réaction 1 :** l'azide de sodium seul, se décompose totalement en sodium solide de formule Na et en diazote gazeux.
- Réaction 2 :** le sodium solide réagit avec le nitrate de potassium pour former de l'oxyde de potassium solide de formule K_2O , de l'oxyde de sodium solide de formule Na_2O et du diazote.
- Réaction 3 :** l'oxyde de potassium et l'oxyde de sodium formés lors de la réaction (2), réagissent sur de la silice pour former le produit de formule $\text{K}_2\text{Na}_2\text{SiO}_4$ qui est une poudre de verre (produit inerte, et non inflammable).

Toutes les réactions décrites précédemment sont considérées comme totales.

La chimie de l'airbag

Problématique :

Déterminer la masse d'azide de sodium nécessaire pour gonfler l'airbag conducteur de l'Audi A3, à une température de 20 °C, à la pression de 1013 hPa.

Données :

Masses molaires atomiques : $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g/mol}$, $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g/mol}$

1) Questions préliminaires :

- 1) Complétez (au niveau des pointillés), sur la feuille d'énoncé (Doc 3), l'équation de la réaction 2, en prenant :
 1 comme nombre stoechiométrique pour l'oxyde de potassium,
 5 comme nombre stoechiométrique pour l'oxyde de sodium
- 2) Montrez que la valeur de la quantité de matière nécessaire en diazote gazeux, pour remplir complètement un airbag conducteur de l'Audi A3, à une température de 20°C, à la pression de 1013 hPa, est voisine de 3 mol.

2) Problème : En ne prenant en compte que la réaction (1) et en complétant le tableau d'avancement ci-dessous, répondre à la problématique.

Equation chimique		$2 \text{NaN}_3 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na} (\text{s}) + 3 \text{N}_2 (\text{gaz})$		
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
Etat initial	0	n_0	/ 0,25	/ 0,5
Etat final	x (max)	/ 0,5	/ 0,25	/ 0,5

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.
 La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

3) QCM : cochez la réponse correcte

- a) Si les réactions ont en fait lieu à la pression de 1013 hPa et à la température 300°C, la quantité de matière d'azide de sodium nécessaire pour fournir suffisamment de gaz pour remplir complètement un airbag conducteur de l'Audi A3 sera :
 supérieure , inférieure, identique à celle calculée pour une température de 20 °C ?
- b) En ne prenant en compte que la réaction (2), donner la relation entre la quantité de matière supplémentaire formée en diazote et la quantité de sodium formé au cours de la réaction (1), sachant que le nitrate de potassium est en excès :
 $n (\text{N}_2)_{\text{sup}} = 1/10 \times n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}}$, $n (\text{N}_2)_{\text{sup}} = n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}}$, $n (\text{N}_2)_{\text{sup}} = 5 \times n(\text{NaN}_3)_{\text{ini}}$
- c) Il se formera (en quantité de matière) autant de $\text{K}_2\text{Na}_2\text{SiO}_4 (\text{s})$ solide que de $\text{NaN}_3 (\text{s})$ utilisé dans l'airbag :
 Vrai , Faux