

# DOSSIER 9 LA CHIMIE DES EXPLOSIFS

Cristina Da Cruz

**Objectif** Identifier à partir d'une formule semi-développée, les groupes caractéristiques associés aux familles de composés : alcool, aldéhyde, cétone et acide carboxylique.

**1<sup>ère</sup> générale - enseignement de spécialité** **Constitution et transformation de la matière**

**Thème 3** • Propriétés physico-chimiques, synthèses et combustions d'espèces chimiques organiques.

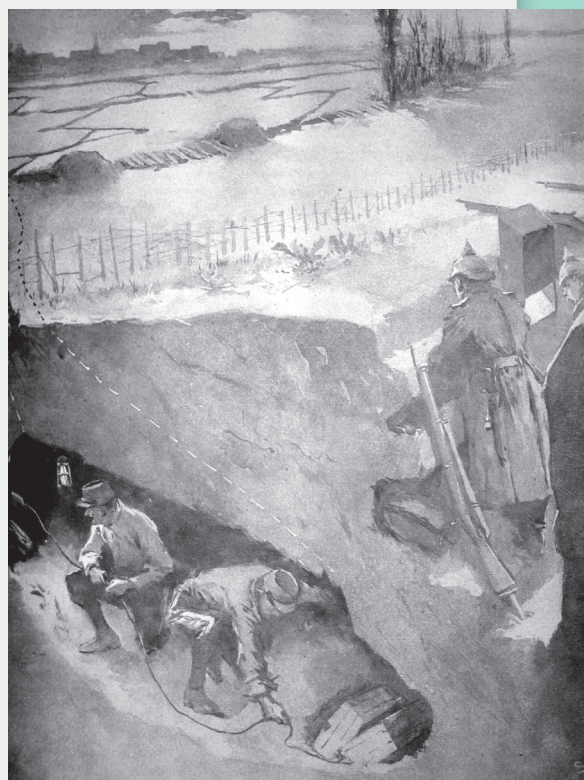
**Partie A** • Structure des entités organiques.

**Capacités** Formules brutes et semi-développées, squelettes carbonés saturés, groupes caractéristiques et familles fonctionnelles.

**Compétences mobilisées** Restitution de connaissances **RCO**  
S'approprier **APP**  
Analyser / Raisonner **ANA/RAI**  
Réaliser **REA**  
Valider **VAL**  
Communiquer **COM**

## FABRIQUER DES EXPLOSIFS : UNE RECETTE SIMPLE MAÎTRISÉE DEPUIS TOUJOURS... OU PRESQUE !

La fabrication des explosifs est connue depuis la nuit des temps puisque la poudre noire fut découverte en Chine en 220 avant Jésus-Christ. En 690, les arabes ont utilisé la poudre noire au siège de La Mecque. Et c'est au XIII<sup>e</sup> siècle qu'elle est arrivée en Europe. La poudre noire est un mélange de salpêtre, c'est-à-dire du nitrate de potassium, ou éventuellement du nitrate de sodium, auquel sont ajoutés 15 % de charbon de bois, qui fournit le carbone, et 10 % de soufre. Cette recette simple a fait merveille pendant de nombreux siècles.



Utilisation d'explosifs par des sapeurs durant la Première Guerre mondiale.

© www.wikimedia.org

## PARTIE A : La pentrite

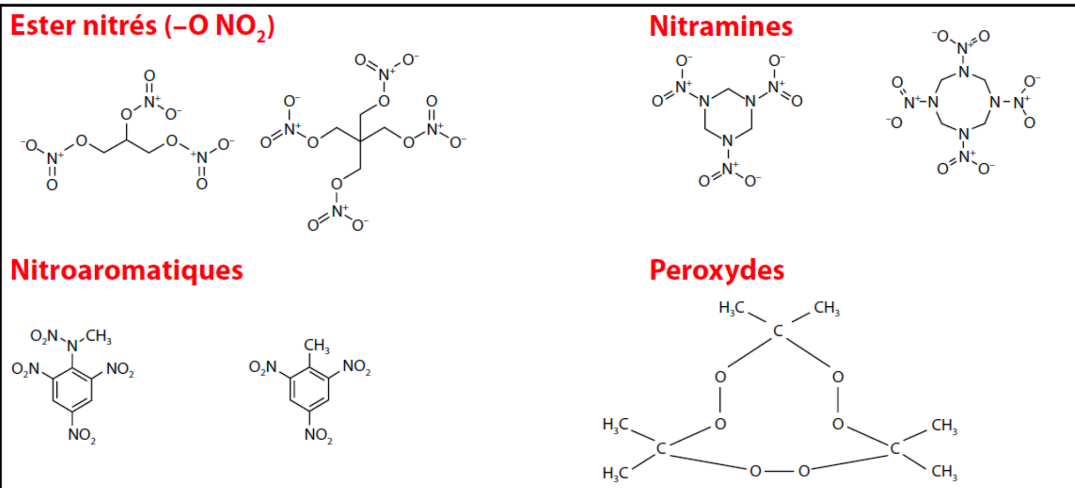
La pentrite est un explosif puissant couramment utilisé en spéléologie entre autres, où il est particulièrement bien adapté car présent dans les cordeaux détonnants ou dans les cartouches de petits calibres.

Parmi les très nombreux composés nitrés on trouve la pentrite, ou tétranitrate de pentaérythrite (formule brute :  $C_5H_8N_4O_{12}$ ), qui, avec les nitrates, les fulminates et les azotures, sont devenus les principaux explosifs « modernes », seuls ou mélangés à des combustibles. Aux côtés de la pentrite, le nitroglycol ou dinitrate d'éthylène glycol (formule brute :  $C_2H_4N_2O_6$ ), la nitroglycérine ou trinitrate de glycérine (formule brute :  $C_3H_5N_3O_9$ ) ou le trinitrotoluène ( $C_7H_5N_3O_6$ ) sont d'autres exemples d'entités organiques utilisées comme explosifs. L'explosion de ces molécules libère notamment des gaz toxiques, essentiellement du monoxyde de carbone (CO) et des vapeurs nitreuses.

La pentrite se présente sous forme de poudre granuleuse, elle peut être utilisée seule mais aussi en mélange, dans le célèbre semtex. Il est à l'origine de l'explosion d'avions comme celle du Boeing-747 de la PanAm au-dessus de Lockerbie (Écosse), en décembre 1988, et a été utilisé dans de nombreux attentats commis en Irlande du Nord.



## Document 1 : Exemples de familles d'explosifs



D'après *Les nouvelles techniques-d'investigation des explosifs*

<https://www.mediachimie.org/ressource/les-nouvelles-techniques-d'investigation-des-explosifs>



- 1 APP Parmi les exemples d'explosifs donnés dans l'introduction de ce dossier, retrouver à l'aide du Document 1 la famille d'explosifs à laquelle ils appartiennent. Expliciter la démarche suivie.

.....

.....

2 APP Peut-on retrouver les familles de tous ces explosifs ?

.....

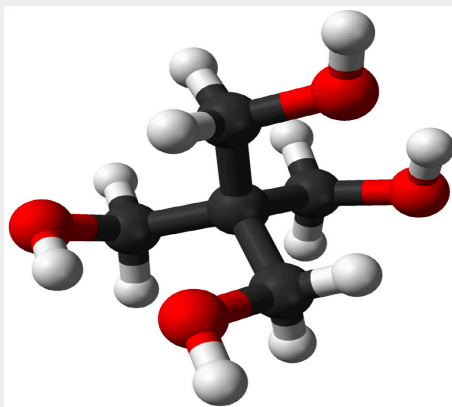
.....

3 REA Rechercher des informations sur le semtex et présenter ce mélange.

.....

.....

**Document 2 : Pentaérythritol**



Le pentaérythritol  $C(CH_2OH)_4$  traité par l'acide nitrique fumant, conduit à la pentrite.

4 ANA Nommer le type de représentation utilisée dans le Document 2.

.....

.....

5 ANA Écrire les formules brute et semi-développée du pentaérythritol.

.....

.....

6 ANA Entourer les groupes caractéristiques du pentaérythritol et les nommer. À quelle famille appartient cette molécule ?

.....

.....

Sa synthèse peut se faire à partir de l'éthanal et du méthanal.

7 APP Écrire les formules développées de ces deux molécules et nommer la famille à laquelle elles appartiennent en précisant le groupe caractéristique présent.

.....

.....

Lors de son explosion la pentrite se décompose de façon totale en produisant du monoxyde de carbone CO, du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, du diazote N<sub>2</sub> et de l'eau vapeur H<sub>2</sub>O.

**8** RCO Rappeler les règles de conservation que doivent respecter les nombres stoechiométriques dans l'équation modélisant une réaction chimique.

.....

.....

.....

**9** REA Établir l'équation de la décomposition de la pentrite en prenant comme nombres stoechiométriques les nombres entiers les plus petits possibles.

.....

.....

**10** REA On fait exploser 50 g de pentrite. Exprimer puis calculer le volume de dioxyde d'azote produit sachant que le volume molaire qui est pris est égal à 24 L.mol<sup>-1</sup> dans les conditions de réalisation de cette expérience.

.....

.....

.....

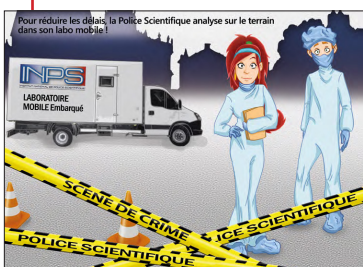
Pour aller plus loin

#### LA CHIMIE ET LA SÉCURITÉ

##### • Une enquête après accident industriel

Accompagné(e) d'experts, on vous demande de conduire une enquête dans le cas de deux accidents industriels inspirés de faits réels : la pollution brutale d'une rivière et un incendie explosif.

<https://www.mediachimie.org/ressource/une-enquete-apres-accident-industriel>



##### • Une enquête explosive

Une façon ludique et originale de tester vos talents d'enquêteur sur un cas fictif mais inspiré de faits réels et découvrir les moyens utilisés par les chimistes de la police scientifique.

<https://www.mediachimie.org/ressource/une-enquete-explosive>

## PARTIE B : La dynamite

## Document 3 : Vous avez dit dynamite ?



<https://www.mediachimie.org/ressource/petites-histoires-de-la-chimie-vous-avez-dit-dynamite-alfred-nobel>

- 11** REA, APP Après avoir visualisé la vidéo du Document 3, réaliser une carte mentale résumant les informations traitées. Vous pouvez utiliser le logiciel Mindomo par exemple.
- 12** APP, RAI Avec le logiciel Chems sketch, dessiner la molécule de glycérol et faire afficher son nom en nomenclature officielle.
- 13** RCO Nommer le groupe caractéristique présent dans le glycérol.

## Document 4 : Guillaume-François Rouelle, un chimiste distrait

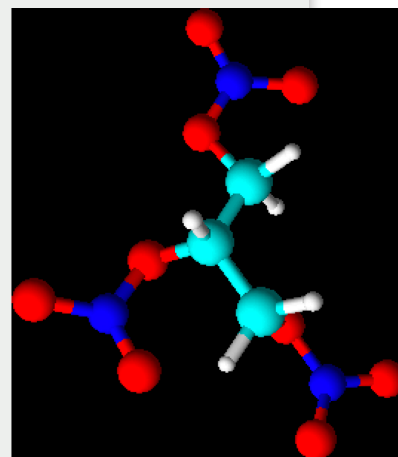


<https://www.mediachimie.org/ressource/petites-histoires-de-la-chimie-guillaume-francois-rouelle-un-chimiste-distr>

- 14** REA Après avoir visualisé la vidéo du Document 4, écrire la formule semi-développée d'un isomère à chaîne linéaire et d'un isomère à chaîne ramifiée de l'huile essentielle de térébenthine utilisée dans l'expérience présentée par Guillaume-François Rouelle à l'aide du logiciel Chems sketch. Nommer ces isomères.

**Document 5 : La nitroglycérine, un médicament et un explosif**

La nitroglycérine est non seulement utilisée pour fabriquer la dynamite mais elle est également prescrite par les médecins depuis plus d'un siècle pour soulager angines de poitrine et attaques cardiaques. En 1860, son effet vasodilatateur a été découvert dans les usines de fabrication de dynamite. En effet, pendant la journée, les ouvriers souffrant d'angine de poitrine étaient soulagés de leurs douleurs pendant la semaine. En 1980, on découvrit que l'effet était dû au monoxyde d'azote NO qui était produit dans le corps lors de la décomposition de la nitroglycérine par l'organisme.



Les molécules explosives n'empruntent pas l'oxygène nécessaire à leur « combustion » au milieu extérieur. Elles portent souvent des fonctions chimiques riches en oxygène telles que  $-\text{NO}_2$  et  $-\text{ONO}_2$  qui permettent l'oxydation partielle ou totale des autres atomes de la molécule. Un explosif est dit suroxygéné ou à combustion complète lorsque sa structure chimique comporte plus d'atomes d'oxygène qu'il n'est nécessaire pour assurer l'oxydation totale des atomes de carbone et d'hydrogène le constituant. Un calcul élémentaire permet de déterminer si une substance est sur- ou sous-oxygénée.

Soit un explosif de formule brute  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_u$  :

- si  $z \geq 2x + y/2$ , l'explosif est sur-oxygéné.
- si  $z < 2x + y/2$ , l'explosif est sous-oxygéné.



D'après [https://eduscol.education.fr/rnchimie/conc\\_gen/annales/07/cg\\_orga\\_2007.pdf](https://eduscol.education.fr/rnchimie/conc_gen/annales/07/cg_orga_2007.pdf)

**15** REA La dynamite est-elle une substance sur- ou sous-oxygénée ?

.....

.....

**16** RAI Établir l'équation modélisant la réaction chimique de décomposition de la dynamite en utilisant les informations des documents. Rappeler à quels produits de réaction conduit une combustion complète d'un alcane.

.....

.....

.....

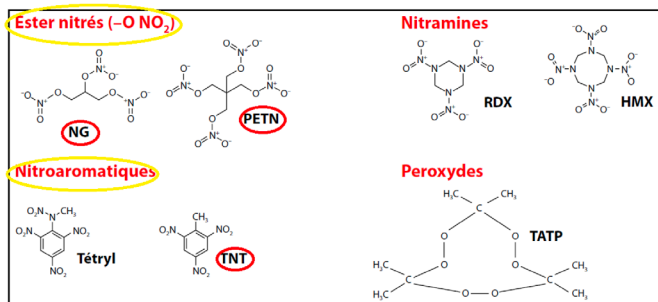
**17** RAI Montrer que cette équation est en accord avec le fait que la nitroglycérine peut être utilisée comme vasodilatateur.

.....

.....

## A. La pentrite

1.

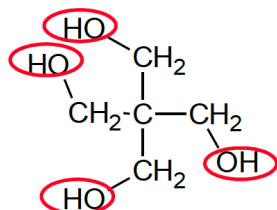


2. On ne sait pas à quelle famille appartient le nitroglycol.

3. De fabrication tchèque, le semtex est un mélange de pentrite et de cyclotriméthylètrinitramine (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>N<sub>6</sub>O<sub>9</sub>), qui, de manière conjointe avec un liant (polymère) et un plastifiant, forment une matière malléable.

4. Il s'agit d'une représentation en utilisant des modèles moléculaires.

5. 6. Le pentaérythritol a pour formule brute C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub>.



Les groupes caractéristiques sont des groupes hydroxyles et la molécule appartient à la famille des alcools.

7. Méthanal puis éthanal : groupe caractéristique carbonyle, famille des aldéhydes.



8. Il faut qu'il y ait :

- conservation des éléments chimiques : même nombre d'atomes d'un élément chimique du côté des réactifs et du côté des produits ;
- conservation de la charge, qui doit être la même du côté des réactifs et du côté des produits.

9. Pentrite (s) → 2N<sub>2</sub>(g) + 4H<sub>2</sub>O(g) + 3CO<sub>2</sub>(g) + 2CO(g)

10. Calculons la masse molaire de la pentrite :

$$M_p = 5M(C) + 8M(H) + 4M(N) + 12M(O) = 316,0 \text{ g/mol}$$

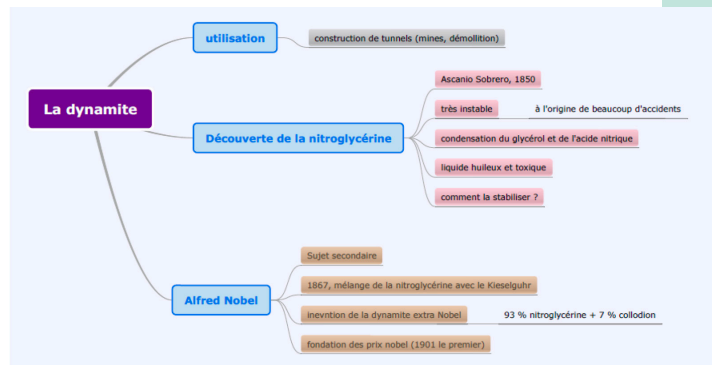
La quantité de matière de pentrite ayant explosé est :

$$n_p = m_p / M_p = 50 / 316,0 = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

La quantité de matière de diazote produite est le double de celle de pentrite, donc le volume de diazote est tel que :  
 $V(N_2) = n(N_2) \times V_m = 2 n_p \times V_m = 2 \times 1,6 \cdot 10^{-1} \times 24 = 7,7 \text{ L}$

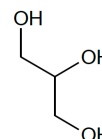
## B. La dynamite

11.



12.

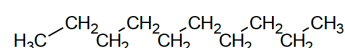
propane-1,2,3-triol



13. Il s'agit du groupe hydroxyle -OH.

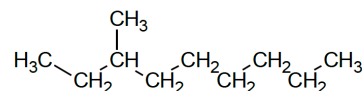
14. Chaîne linéaire :

decane



Chaîne ramifiée :

3-méthylnonane

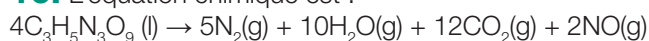


15. D'après le modèle moléculaire du Document 5,

la formule brute de la nitroglycérine est : C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>9</sub> donc x = 3, y = 5 et z = 9.

Si on fait le calcul 2x + y/2 = 8,5 et on a bien z ≥ 8,5. La nitroglycérine est donc une substance sur-oxygénée.

16. L'équation chimique est :



Une combustion complète d'un alcane conduit à la formation d'eau et de dioxyde de carbone sachant qu'un alcane est uniquement constitué d'atomes de carbone et d'hydrogène.

17. On constate d'après cette équation, la formation d'oxyde d'azote NO comme indiqué dans le Document 5 qui aurait l'effet vasodilatateur escompté.