



LES MINÉRAUX, MÉTAUX ET L'ART DE LA PYROTECHNIE

Roger Guay, Ph.D., microbiologiste

Conseiller spécial

Club de minéralogie de Montréal

Qu'est-ce qu'un feu d'artifice ?

*Un feu d'artifice est un procédé **pyrotechnique** utilisant des explosifs déflagrants visant à produire du son, de la lumière et de la fumée à l'aide d'une composition pyrotechnique . Les feux d'artifice sont originaires de Chine, où ils ont été développés à partir de la poudre noire; les Chinois ont d'ailleurs participé à leur développement. Un mélange proportionné de poudres de soufre, de charbon de bois pulvérulent et de salpêtre permet de fabriquer de la poudre à canon ou poudre noire.*





Préfixe **PYRO**, du grec ancien πυρ, pûr = « feu »

- ➔ **PYRO** lyse: décomposition sans flamme d'un corps organique par la chaleur pour obtenir d'autres produits qu'il ne contenait pas.
- ➔ **PYRO** mane: personne touchée par un trouble du comportement entraînant une fascination pour le feu.
- ➔ **PYRO** phore: préparation chimique qui a la propriété de s'enflammer spontanément à l'air.
- ➔ **PYRO TECHNIE**: *Art de la combustion des matériaux sans participation de l'oxygène de l'air, pour la préparation de feux d'artifice, de matériaux pour les mines et carrières, etc.*
- ➔ **PYRO** métallurgie: Production de certains métaux par fusion puis oxydation du minerai brut.

ADDITION DE LA COULEUR À LA PYROTECHNIE


Au niveau technique, John Bate au début du XVII^e siècle élève des explosifs sous des cerfs-volants pour produire un spectacle en hauteur. En 1635, il constate que l'ajout de sulfure d'antimoine (Stibine) à ses bombes produit des *flammes bleues* et que des écailles de fer produisent une traînée plus lumineuse. En 1786, le chimiste français Claude-Louis Berthollet note que le *chlorate de potassium* ($KClO_4$) intensifie les effets colorés des explosions.

Collection Roger Guay



Photo Christian Autotte

Stibine (Sb_2S_3), Chine



Une **Flamme colorée** est un effet de pyrotechnie utilisé pour les productions de feux d'artifice.

- Rouge : Nitrate de *strontium*, chlorate de *lithium*,
- Orange : chlorure de *calcium*,
- Jaune : chlorure de *sodium*,
- Verte : sulfate de *cuivre*, acide *borique*, nitrate de *baryum*,
- Bleue : acétate de *potassium*,
- Violette : nitrate de *potassium*, nitrate de *lithium*,
- *Magnésium* : éclats de lumière vive et blanche
- *Fer* : limaille de fer = traînée d'étincelles lumineuses

Utilisation des métaux alcalinoterreux! (strontium)

Sir Humphry Davy découvrit et isola pour la première fois plusieurs alcalis et métaux terreux alcalins tels que le strontium le potassium, sodium, baryum, calcium et le magnésium au début des années 1800 !

Source: On ne trouve pas le **STRONTIUM** libre dans la Nature. Le minerai principal est la **CÉLESTITE** (sulfate de strontium, SrSO_4) et la strontianite (carbonate de strontium, SrCO_3). Le nitrate de strontium colore la flamme de **rouge pourpre** dans les feux d'artifice.

Photo Christian Autotte



Collection Roger Guay

Célestite

Utilisation des métaux alcalinoterreux ! (baryum)

Le Baryum plusieurs composés importants. Le nitrate de baryum ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) brûle avec une couleur **verte intense** et est employé dans les fusées de signalisation et dans les pièces pyrotechniques. Le chlorure de baryum (BaCl) est utilisé comme adoucisseur d'eau. L'oxyde de baryum (BaO) absorbe facilement l'humidité et on il est un excellent dessiccant. Le minéral principal de baryum est la **BARITE** (BaSO_4)

Collection Roger Guay



Barite tabulaire (Bou Azzer, Maroc)

Utilisation des métaux alcalinoterreux ! (lithium)

Le **LITHIUM** a été découvert en 1817 par Johan August Arfwedson. Celui-ci fit en effet la découverte d'un nouveau sel dans des minéraux de lépidotite, de pétalite et de **SPODUMÈNE**. L'élément fut par la suite isolé par William Thomas Brande et Humphry Davy. On lui donna le nom de lithium, d'après le grec « *lithos* », « pierre », car il a été découvert dans des minéraux. En 1818, Christian Gmelin (1792 - 1860) fut le premier à observer que ces sels (de lithium) donnaient une **flamme rouge** et brillante.

Photo Christian Autotte



Collection Roger Guay

Spodumène

Utilisation des métaux alcalinoterreux ! (POTASSIUM)

Le **POTASSIUM** a été découvert en 1807 par Sir Humphrey Davy, qui l'obtient par électrolyse d'hydroxyde de potassium ; c'est d'ailleurs le premier métal isolé par électrolyse. C'est aussi Davy qui forge le mot *potassium*, à partir du mot *potasse* (nom de l'hydroxyde de potassium à l'époque) et du suffixe *-ium*. Le symbole K fait référence au latin *kalium*. La **SYLVITE** ressemble beaucoup à la Halite, et elle en est même un isomorphe, mais elle a un goût plus amer et une meilleure solubilité. La sylvite forme un minéral contrastant face aux spécimens de halite fortement colorée. La Sylvite colore la flamme de **BLEU** ou **VIOLET**.



Sylvite

Utilisation des métaux alcalinoterreux ! (calcium)

- La **SÉLÉNITE (GYPSE = CaSO_4)**, terme de formation savante, issu de l'antique vocable gréco-latin selenitis (*selenitis*) (féminin), *sēlēnītes* (masculin, pierre (lithos) de lune (sēlēna), désigne indistinctement les roches et les minéraux à base de sulfate de calcium, principalement **GYPSE** et **ANHYDRITE**, au début du XVIIe siècle, bien avant de se spécialiser dans une grande forme cristalline spécifique. Pour les francophones, le terme « sélénite » est utilisé comme un simple synonyme du gypse minéral naturel. Le calcium colore la flamme **D'ORANGE**

Collection Roger Guay



Photo Christian Autotte

Rosette de Sélénite

Qu'est ce le *MAGNÉSIUM* vient faire dans la pyrotechnie ?

- ▶ **LE MAGNESIUM** est un élément chimique dont le numéro atomique est 12 et le symbole Mg. C'est un solide gris luisant qui partage une ressemblance physique avec les 5 autres éléments (les métaux alcalinoterreux du Tableau périodique). Le magnésium est hautement inflammable sous une forme poudreuse ou divisé en fines lamelles alors que la forme plus massive ne l'est pas.
- ▶ La poudre de magnésium est employée en pyrotechnie, dans les fusées de détresse maritimes lorsqu'une lumière brillante est requise. **ATTENTION** en brûlant dans l'air, le magnésium produit une *lumière très brillante* qui comprend aussi des longueurs d'onde ultra-violettes. La poudre de magnésium a été utilisée pour illuminer les sujets au tout début de la photographie.

Photo Christian Autotte

Collection Roger Guay



Magnésium métallique

SULFATE DE CUIVRE (CuSO₄) et coloration verte à la flamme

Le sulfate de cuivre (II) est un composé inorganique dont la formule chimique est $\text{CuSO}_4(\text{H}_2\text{O})_x$, où x peut avoir la valeur de 0 à 5. La forme pentahydratée ($x = 5$) est la plus courante. Il colore la flamme en **VERT**. Des appellations plus vieilles pour ce composé comprennent **Vitriol bleu, Pierre Bleue, vitriol de cuivre** et le **Vitriol Romain**.

Photo Christian Autotte



Collection Roger Guay

Chalcantite (CuSO₄), Pologne

TEST À LA FLAMME

Il est possible d'identifier un minéral ou un métal ou même un composé contenant un métal en brûlant une très petite quantité de la substance inconnue dans une flamme très chaude, par exemple, dans la flamme d'un bec Bunsen **en laboratoire.**

Bien que le test de flamme ne donne que des résultats qualitatifs, il est possible d'obtenir des résultats quantitatifs en utilisant des méthodes beaucoup plus sophistiquées.

**ATTENTION, NE PAS TENTER CETTE MANIPULATION DE
LABORATOIRE À LA MAISON !**



COLORATIONS des MÉTAUX au TEST À LA FLAMME

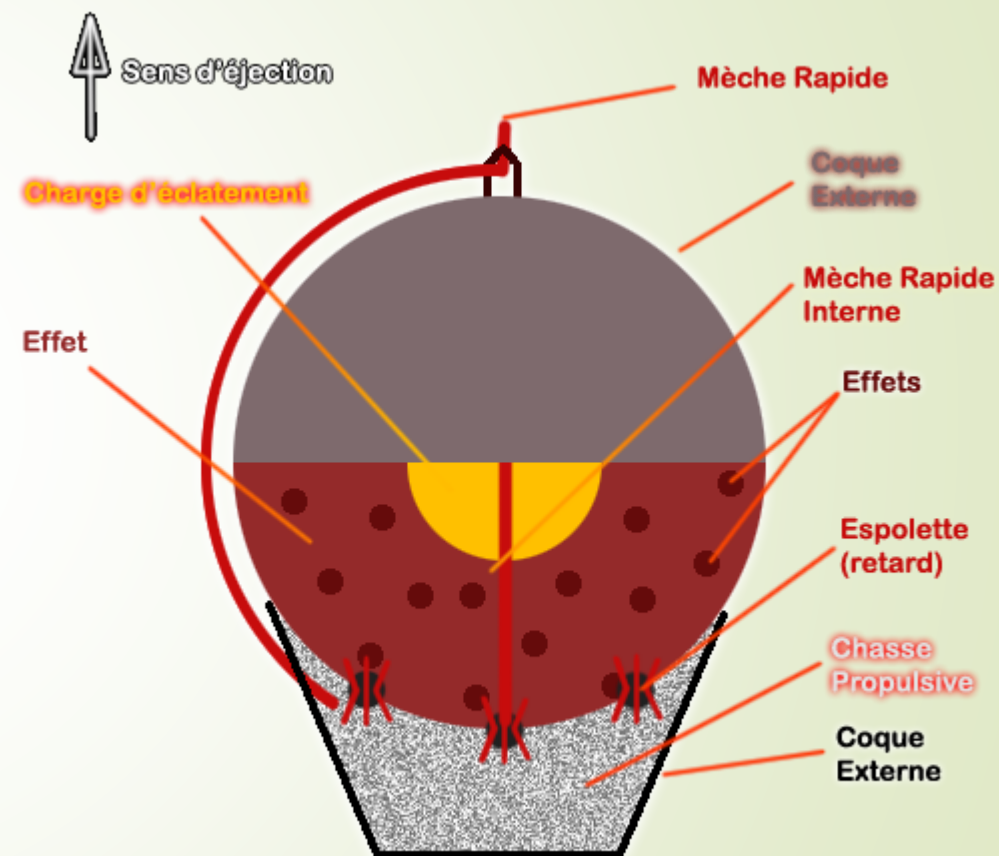
- Arsenic (As) = bleu
- Bore (B) = vert brillant
- Baryum (Ba) = vert pomme
- Calcium (Ca) – rouge brique
- Césium (Cs) = bleu-violet
- Cuivre (Cu) = bleu
- Fer (Fe) = or
- Potassium (K) = violet
- Lithium (Li) = rouge
- Manganèse (Mn^{2+}) = Vert-jaune
- Magnésium (Mg) = blanc
ÉBLOUISSANT
- Sodium (Na) = jaune intense
- Plomb (Pb) = bleu/blanc
- Antimoine (Sb) = vert pâle
- Sélénium (Se) = bleu azur
- Strontium (Sr) = rouge
- Zinc (Zn) = bleu-vert

Les effets pyrotechniques aériens

- **La pivoine** : Le plus célèbre des effets, il s'agit d'une boule lumineuse qui s'éteint rapidement sans laisser de traînée.
- **Le chrysanthème** : Similaire à l'effet pivoine, ce dernier laisse néanmoins une traînée dans le ciel.
- **Le dalhia** : Effet complet comprenant la pivoine et le chrysanthème sous plus gros calibre.
- **Le palmier** : Effet qui prend la forme d'un palmier accompagné d'une comète laissant une traînée durant l'élévation du produit.
- **La crossette** : Éclatement de la bombe suivi par une séparation de plusieurs étoiles (généralement 4 sur une même base).
- **Le saturne** : Explosion d'une bombette, entourée par un anneau.
- **L'anneau** : Déploiement d'une bombe dans une seule direction dessinant ainsi un anneau.
- **Le marron d'air** : Petite boule de lumière dont le but premier est de créer une forte détonation.
- **Le marron d'air avec titane** : Similaire à l'effet marron d'air simple, avec un supplément d'étoiles titanes.
- **Le kamuro** : Très apprécié et composé d'étoiles lumineuses légères (or ou argent) redescendant lentement vers le sol.
- **Le saule pleureur** : Etoiles qui brûlent longtemps dans le ciel en retombant loin du point d'explosion et se dirigeant vers le sol.
- **La queue de cheval** : Faible hauteur permettant ainsi une retombée d'étoiles en forme de queue de cheval.
- **Les feuilles mortes** : Effet très léger, étoiles qui se consomment longtemps et donne un effet de feuilles mortes avec le vent.

Bombes classiques en pyrotechnie

- **Mèche rapide** : mèche que l'artificier allume initialement et qui va activer la charge propulsive et projeter la charge explosive en altitude sécuritaire
- **L'espolette** est un retard pyrotechnique qui permet lors de l'ascension d'une pièce artificielle, notamment les bombes, de retarder son « explosion ». Elle transmet alors la flamme à la charge d'éclatement qui embrase ainsi les étoiles.
- **Les étoiles pyrotechniques** sont des granules dont la composition renferme des poudres métalliques, des sels ou d'autres composés qui, lorsque allumés, brûlent d'une certaine couleur ou donnent des étincelles. Elles font partie intégrante des projectiles pyrotechniques. Le plus connu est la bombe aérienne.



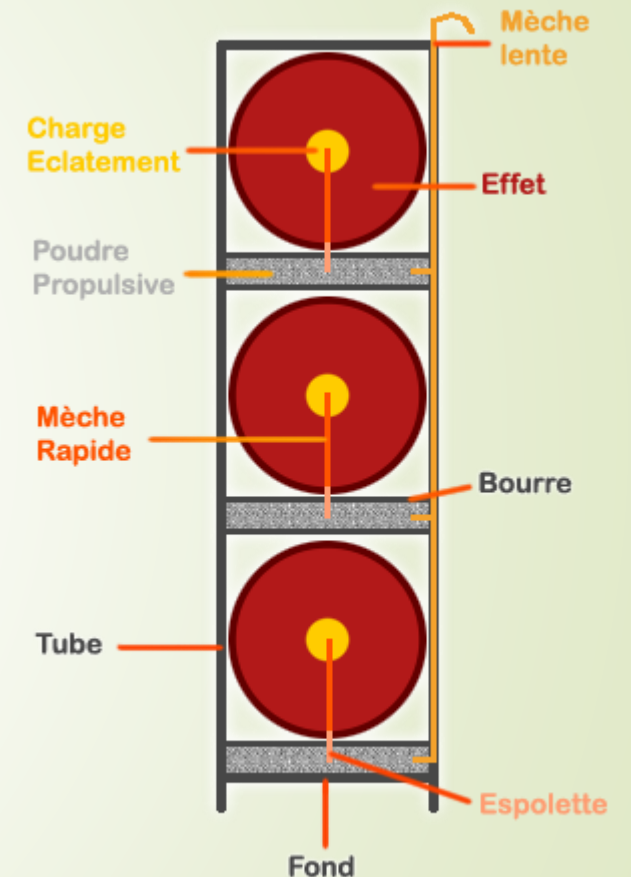
[Contenu soumis à la licence CC-BY-SA 3.0.](#)

Source : [Schema bombe feu artificie.png](#) de [Wikipédia en français](#) ([Pitouli](#))

Chandelle romaine

Une **chandelle romaine** est un procédé pyrotechnique d'origine italienne composé généralement d'un tube de carton, appelé **mortier**, chargé de plusieurs projectiles (étoiles ou bombettes) empilés les uns sur les autres et propulsés dans les airs à cadence régulière, produisant des effets pyrotechniques lumineux sonores et synchronisés appelés **comètes**. Ces chandelles peuvent être tenues à la main ou fixées au sol à l'aide de piquets selon des dispositions variées (éventail, bouquet).

Le mortier en forme de tube qui permet une propulsion droite et dont le calibre va de 6 mm à 8 cm, est constitué d'étages empilés contenant chacun un **projectile** avec à sa base une **poudre propulsive**, une **bourre en carton**, en plastique isolant ou en feutre qui contient aussi le retard appelé **espolette**. À l'allumage, la mèche lente se consume et atteint une première charge propulsive sous la première bourre, ce qui éjecte le projectile. La progression de la mèche lente se consumant atteint l'étage inférieur dont le projectile est mis à feu à son tour, le processus se répète à chaque étage, provoquant des effets en batterie.



Mortiers de pièces pyrotechniques



Divers engins pyrotechniques

- Des **FUMIGÈNES DE SIGNALISATION** permettent une production de fumée colorée lors de diverses interventions sur terre et sur l'eau.
- En sécurité nautique, la **Fusée à parachute** permet de se signaler sur une longue distance. Une fois percutée, un élément incandescent de couleur rouge (*30 000 candelas*) est propulsé à environ 300 mètres de hauteur. Un parachute ralentit la descente du projectile et assure la visibilité pendant une durée d'une minute environ.
- Les **Fusée de signalement routier** sont habituellement vendues en paquet de trois unités d'urgence d'une durée efficace de 15 minutes chacune et qui assurent une reconnaissance d'urgence routière. Elles sont surtout utilisées par les policiers et les premiers répondants.

Précautions à respecter avec les pièces pyrotechniques


► Utilisation des pièces pyrotechniques

- Si vous utilisez des pièces pyrotechniques, vous devez savoir que certaines pièces pyrotechniques requièrent l'obtention d'une certification précise. Pour pouvoir utiliser des pièces pyrotechniques à grand déploiement ou des pièces pyrotechniques à effets spéciaux, vous devez obtenir une certification de Ressources naturelles Canada (Ressources naturelles Canada).

► Pièces pyrotechniques à l'usage des consommateurs

- Il n'est pas nécessaire d'obtenir de certification de Ressources naturelles Canada pour utiliser les pièces pyrotechniques à l'usage des consommateurs. Toutefois, avant d'utiliser ce genre de pièces, veuillez vérifier si des exigences municipales ou provinciales ont été établies pour contrôler l'utilisation des pièces pyrotechniques à l'usage des consommateurs dans votre région.





Les événements majeurs de la pyrotechnie québécoise

Le Concours international d'art pyrotechnique de Montréal, connu depuis quelques années sous le nom de *L'INTERNATIONAL DES FEUX LOTO-QUÉBEC*, a vu le jour en 1985 à La Ronde, le plus grand parc d'attractions du Québec créé dans le cadre de l'Exposition universelle de 1967.

Dans la Vieille Capitale, les *GRANDS FEUX LOTO-QUÉBEC* se déroulent annuellement entre les deux rives du Fleuve St-Laurent pour que le plus grand nombre de personnes puissent les admirer pendant les six jours que se déroule cette compétition internationale.