TPE

Pyrotechnie

Nicolas Bernard Karl Fayeton Aurélien Gaufrès

SOMMAIRE

Introduction générale

Rappel historique

Description des composants

Première expérience : du feu sans allumette
- -Protocole
- -Réalisation
- -Résultats obtenus

Deuxième expérience : les flammes colorées
- -Protocole
- -Réalisation
- -Résultats obtenus

Troisième expérience : les étincelles
- -Protocole
- -Réalisation
- -Résultats obtenus

Conséquences environnementales

Conclusion

Bibliographie

<-- Retour au sommaire

Introduction

Le 14 juillet, le Nouvel An sont des occasions de fêtes, de spectacles et de se rencontrer. Ces événements perdraient de leur originalité, s'ils n'étaient pas accompagnés de quelques **feux d'artifices**. Ils constituent, à chaque fois, l'occasion de se rassembler et de se divertir.

Mais, au-delà de cet aspect ludique, nous avons décidé d'entrer davantage dans les détails, de se poser des questions d'ordre écologiques sur ce sujet des feux d'artifices et sur la pyrotechnie dans un sens plus général.

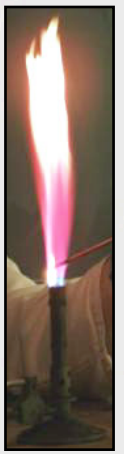
Nous avons ainsi cherché quels étaient les **principaux composants** chimiques ainsi que leur utilisation dans la pyrotechnie, et quelles étaient les **conséquences de leur utilisation sur l'environnement.**

Quels sont les différents produits utilisés dans la pyrotechnie ? Pour que la combustion ait lieu, il existe un élément appelé couramment la **poudre noire**, peu onéreuse, mais très sensible puisqu'elle n'a besoin que d'une faible quantité d'énergie pour s'enflammer. L'explosion de la fusée, à partir de la **combustion** de la poudre noire, est due, dans un premier temps, à l'élévation de la température par augmentation de la pression, comme le montre la loi de Mariotte, et ensuite à l'échappement rapide du gaz.

<-- Retour au sommaire

Introduction suite

Pendant leur combustion, les produits donnent des flammes de **différentes couleurs**. L'élément potassium, utilisé dans les composés comme le nitrate de potassium ou le chlorate de potassium, donne une couleur violette, en brûlant. Le cuivre et le zinc forment une flamme bleue, le baryum une flamme verte, le sodium du jaune, le calcium de l'orangé, le strontium du rouge, le magnésium du blanc, le titane de l'argenté et l'aluminium, tantôt du blanc, tantôt de l'argenté, tantôt des étincelles. Ces couleurs correspondent en fait, à des températures élevées, comme 3000 degrés Celsius pour le magnésium. Une légère variation de la température provoque une **modification de la couleur** du composant. En effet, la température constitue un apport d'énergie pour les électrons, qui libère ce surplus d'énergie sous forme de **photons**. La longueur d'onde de ces photons donnent la lumière colorée.



<-- Retour au sommaire

Rappel historique

Les fusées ont toujours été connues **en Chine et en Inde**. Avec de l'imagination, on pourrait dire que certaines armes utilisées au VIIème siècle sont à l'origine des feux d'artifices que nous connaissons. Ces armes très rudimentaires permettaient de projeter du feu liquide sur les adversaires, en enflammant un mélange de résine, de soufre, de bitume et de salpêtre. On obtenait alors un **lance-flamme** !

A cette période, la science des fusées pénétra chez **les Grecs et les Byzantins**. Les Chinois ne sont donc pas à l'origine des fusées, comme bon nombre de gens le pensent, puisque ce n'est qu'entre le VIIIème et le IXème siècle que les Chinois commencèrent à utiliser la poudre noire. Lorsque la poudre s'enflamme, l'expansion subite et considérable des gaz permettait de **propulser un projectile**.
Au XIIIème siècle, la poudre noire apparut à la fois chez **les Arabes**, et en Europe grâce au Vénitien **Marco Polo** qui la ramena de son voyage en Chine.

Le plus ancien titre où il soit fait mention de son usage en Occident date de 1379.
Au moyen-Age, ces fusées ne s'employaient que comme projectiles incendiaires, on s'en servait pour effrayer les chevaux. La poudre a été énormément utilisé lors des **diverses guerres** qui se sont succédées (Le feu grégeois chez les Chrétiens occidentaux, les Padouans l'utilisèrent contre la ville de Mestre, etc.) ainsi que lors des fêtes qui s'en suivaient.

Les Italiens les appelaient Rochete, que les français traduisirent par Rochette (qui devint Roquette), et que les anglais appelèrent **Rocket** .

<-- Retour au sommaire

Rappel historique suite

Au XVIème siècle, pour obtenir un effet plus important, on garnissait les fusées de **pétards** ou même de **grenades**, idée qui fut abandonnée par la suite.

Malgré cela, les fusées ne permettaient pas des tirs d'une extrême précisions, et avec l'arrivée des **armes à feu** (fusils, etc.), on finit même par les abandonner totalement.

Mais ces fusées étaient toujours utilisées en Asie, et notamment en **Inde**, où le Sultan Tippoo Sahib les utilisa lors de ses guerres contre les Anglais, et engagea par la suite W. Congreve, capitaine au service de la Compagnie des Indes, à les réintroduire en Europe.

Fusée et fumée rouge

C'est ainsi que les fusées réapparurent dans nos contrées, et leur évolution, tout autant que la fabrication de dérivés de ces fusées, n'a cessé depuis cette époque, on élabora notamment des **fusées éclairantes et des fusées signaux**, qui jouèrent un rôle très important lors de la 1ère Guerre Mondiale, puis durant la Seconde. A partir de 1950, la fusée renouvela l'art de la guerre, principalement dans son emploi comme propulseur pour les **engins spéciaux**.

Mais les coté "divertissant" n'a pas été laissé de coté, la chimie a fait d'énormes progrès et a permis de faire énormément avancer la pyrotechnie en apportant de nouveaux produits plus performants, permettant d'obtenir des **couleurs de plus en plus diverses**.

Il existe désormais une école centrale de pyrotechnie militaire à Bourges.

<-- Retour au sommaire

Liste des composants

Couleur	Éléments	Composés	Formule
Violet	Potassium	Nitrate de potassium Chlorure de potassium	KNO3 KClO
Bleu	Cuivre Zinc	Chlorure cuivreux Sulfate de cuivre Poudre de zinc	CuCl $CuSO_4$ Zn
Vert	Baryum	Nitrate de baryum Chlorure de baryum Chlorate de baryum	$Ba(NO_3)_2$ $BaCl_2$ $Ba(ClO_3)_2$
Jaune	Sodium	Oxalate de sodium Oxyde de sodium Nitrate de sodium	$Na_2C_2O_4$ Na_2O $NaNo_3$
Orange	Calcium	Nitrate de calcium	$Ca(NO_3)_2$
Rouge	Strontium	Nitrate de strontium Hydroxyde de strontium Chlorure de strontium Oxyde de strontium Carbonate de strontium	$Sr(NO_3)_2$ $Sr(OH)_2$ $SrCl_2$ SrO $SrCO_3$
Blanc	Magnésium Aluminium	Poudre de magnésium Poudre d'aluminium	Mg Al
Argent	Titane Aluminium	Poudre de titane Poudre d'aluminium	Ti Al
Étincelles	Aluminium	Granules d'aluminium	Al

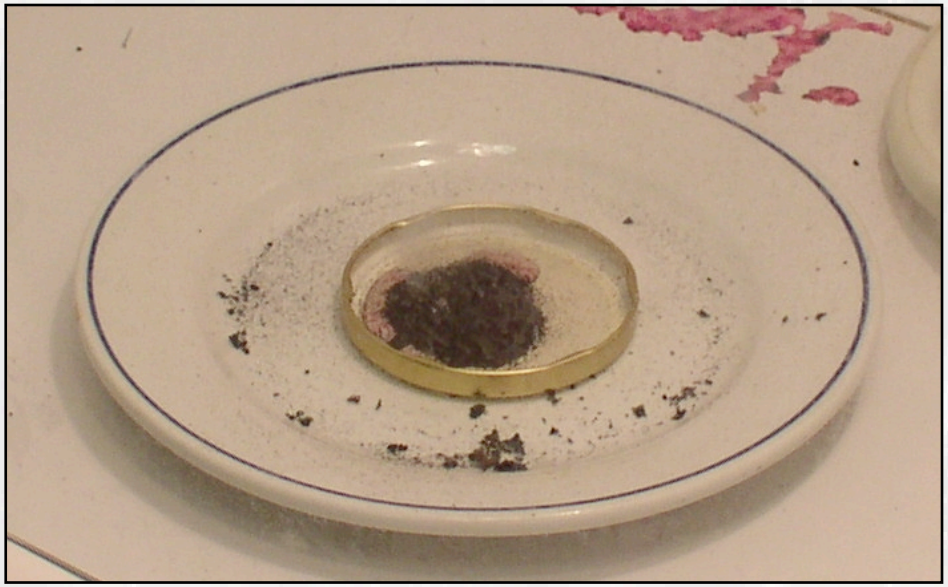
<-- Retour au sommaire

Expériences

Du feu sans allumette

Comment faire du feu **sans allumette ni briquet ?**

L'utilisation de l'allumette n'est pas le seul moyen pour faire du feu. On peut aussi avoir recours à la manipulation de produits chimiques, comme le font les illusionnistes, par exemple.



Matériel :

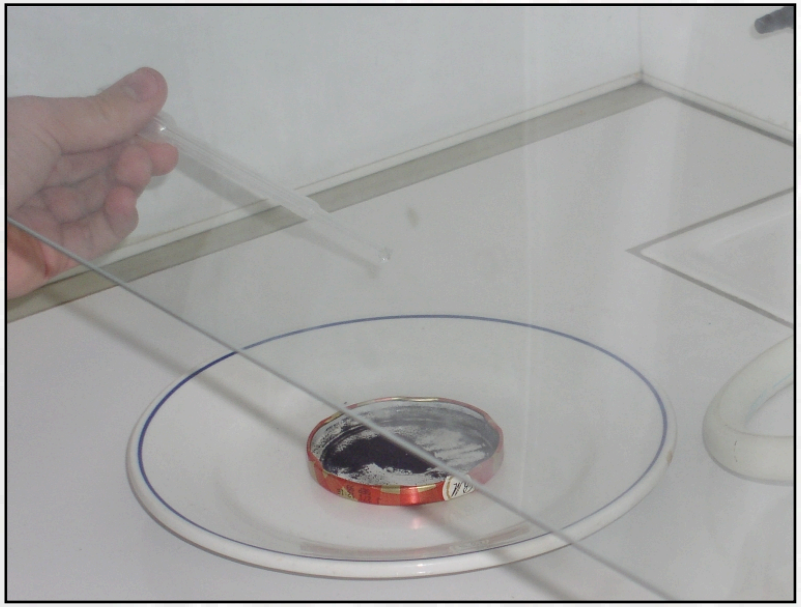
-un couvercle vide et propre
-du permanganate de potassium solide en poudre
-du glycérol pur
-un compte-goutte
-une spatule

<-- Retour au sommaire

Expériences

Protocole :

Au centre du couvercle, faire un petit tas de permanganate de potassium solide au centre du couvercle et l'aplanir avec le dos d'une spatule. Répartir 4-5 gouttes de glycérol sur la poudre. Au bout d'un certain temps (assez court), de la fumée se dégage du mélange, puis des flammes violettes apparaissent. On obtient alors du feu sans allumette ni briquet.



Quelques explications :

Il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction, très lente au début, mais avec le dégagement de chaleur, vu que la température est un facteur cinétique, la réaction s'accélère.

Comme la réaction est lente, on ne sait pas dans un premier temps, quels sont les effets de la réaction, ce qui confirme qu'il est dangereux de manipuler des produits dont on ne connaît pas les propriétés.

Comme on pourrait s'en douter, la couleur violette de la flamme est due à la présence du permanganate de potassium.

<-- Retour au sommaire

Expériences

Les flammes colorées

C'est un des mécanismes de base qui est à l'origine dans la pyrotechnie de la couleur des fusées de flammes et des feux de Bengale. Elles sont plus ou moins difficiles à obtenir. En plus des couleurs, on peut aussi avoir des étincelles. Il n'est pas conseillé d'utliser cette méthode pour allumer des bougies car les sels metalliques ne peuvent pas se dissoudre dans la cire.

Matériel :

-tiges en bois pour brochettes
-spatule
-sulfate de cuivre
-nitrate de baryum
-chlorure de sodium
-nitrate de strontium
-chlorure de calcium
-nitrate de potassium
-nitrate de lithium
-7 béchers pour les poudres métalliques
-bec Bunsen
-eau distillée

<-- Retour au sommaire

Expériences

Protocole :

Dans chaque bécher, introduire l'équivalent de deux cuillères à café de chaque poudre de métal, en pensant à nettoyer la spatule entre chaque prélèvement. Remplir chaque bécher au 2/3 avec de l'eau distillée et plonger la brochette dans chaque solution. Au dessus d'une flamme bleue de bec Bunsen, présenter la brochette imbibée de la solution et observer les différentes couleurs.

Quelques explications :

Lorsque du métal en poudre se chauffe, celui-ci absorbe l'énergie et la libère sous forme de lumière. On observe alors cette lumière si elle appartient au domaine du visible, mais il se peut que la longueur d'onde de la radiation lumineuse soit située dans le domaine des ultra-violets.

On remarque aussi que la couleur de l'ion metallique en solution n'est pas la même celle de la flamme émise(ex : le sulfate de cuivre est bleu en solution mais sa flamme de réaction est verte).

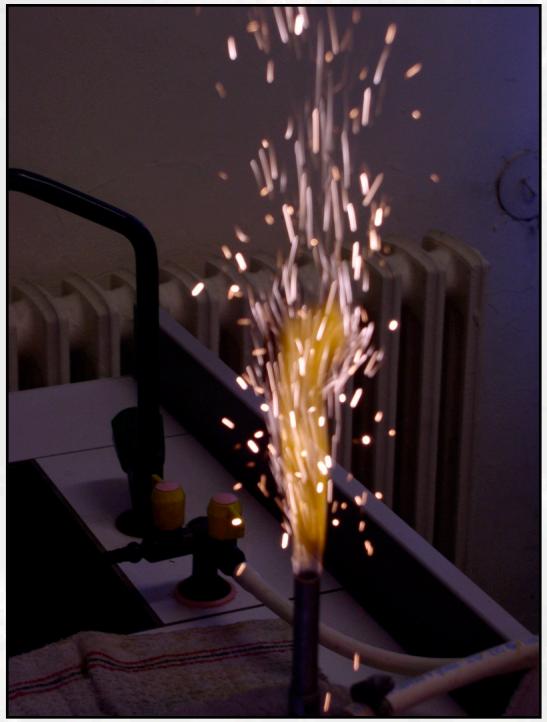
Ce phénomène est dû aux couches électroniques des ions qui redeviennent stables et qui émettent en plus un rayonnement lumineux.

<-- Retour au sommaire

Expériences

Les étincelles

En pyrotechnie, on fait de belles couleurs mais aussi des **étincelles**, pour les fontaines lumineuses, les cierges magique que l'on met sur les gâteaux ou les fusées. Il s'agit de créer la combustion d'un élément chimique réduit en **poudre**.



Matériel :

-Bougies, bec Bunsen ou chalumeau à gaz
-Poudre de fer
-Poudre d'aluminium
-Poudre de charbon de bois (carbone)
-Poivrières vides

<-- Retour au sommaire

Expériences

Protocole :

-Remplir une poivrière de poudre de fer, une de poudre d'aluminium et la dernière de charbon de bois réduit en poudre fine.

-Allumer les bougies ou le chalumeau.

-Saupoudrer la flamme des bougies avec les trois substances, séparément. Il apparaîtra des gerbes d'étincelles plus ou moins éblouissantes et colorées selon le composé: orange pour le carbone, jaune pour fer, blanches et éblouissantes pour l'aluminium.

-On peut ressentir une certaine chaleur à proximité des étincelles lors de la combustion.

<-- Retour au sommaire

Expériences

Explications :

Ces trois composés ne s'enflamment pas lorsqu'ils sont en masse (c'est à dire en solide compact), contrairement par exemple au magnésium comme le montre l'expérience de la combustion du magnésium. Le fer et l'aluminium sont facilement oxydable mais pas assez pour donner une combustion s'ils ne sont pas réduits en poudre. Le charbon de bois devient incandescent si on le chauffe un moment et ne donne pas d'étincelles (ou à peine en soufflant dessus). Réduits en poudre, la surface de contact entre le combustible et le dioxygène (O2) contenu dans l'air augmente considérablement. La chaleur de la flamme initie alors la combustion et des oxydes sont produits :

$Al + O_2$ ---> Al_2O_3 : oxyde d'aluminium (alumine, poudre blanche)

$Fe + O_2$ ---> Fe_2O_3 : oxyde de fer (III) (rouille, poudre marron)

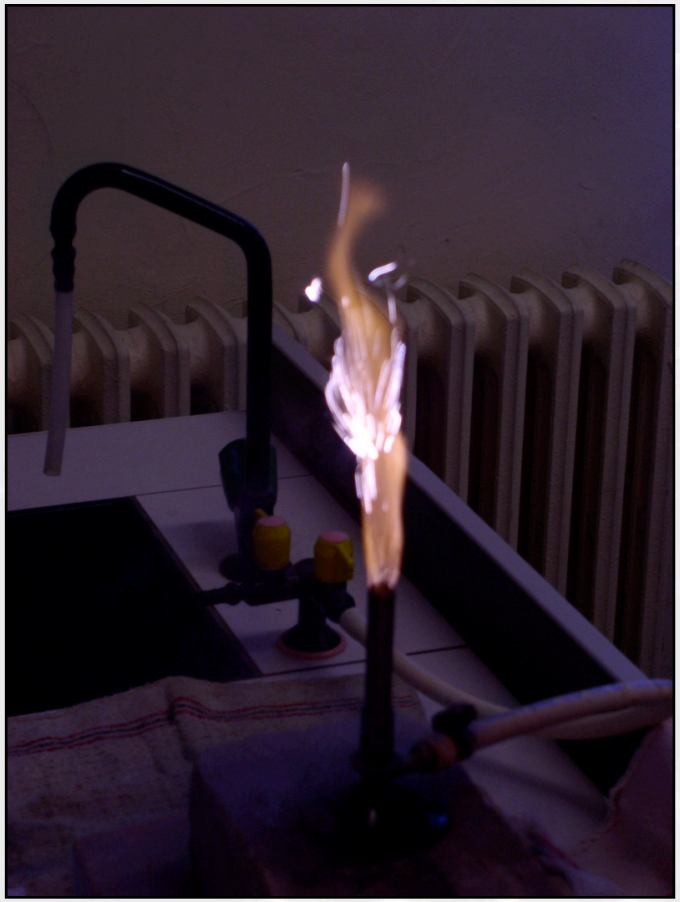
$C + O_2$ ---> $CO_2 + CO$: oxydes de carbone (gaz incolores)

Selon le composé, la chaleur dégagée lors de la combustion est plus ou moins élevée, on observe alors des étincelles plus ou moins éblouissantes dont les couleurs varient avec la température des particules incandescentes : rouge (comme le carbone) pour une température d'environ 1100°C, puis orange (comme le fer) vers 1300°C, jaune vers 1500°C, blanc (comme l'aluminium) à partir de 3000°C et bleuté (comme le magnésium) pour les températures au delà de 5000°C.

<-- Retour au sommaire

Expériences

Photos :



<-- Retour au sommaire

Conséquences environnementales

Liste des composants dangereux pour la santé :
Poudre noire, carbonate, sulfate, sulfide de potassium.
Le soufre n'est pas entièrement consumé lors de l'explosion.
Réaction sous forme solide : oxydes de métaux et chlorures de métaux
On trouve également dans certaines fusées du cuivre et des dioxines

Les feux d'artifice entraîne une augmentation de la concentration de poussières et de métaux dans l'air.

Risques sanitaires NON ÉTUDIÉS SUFFISAMMENT (selon l'OFEFP).

Ces poussières en suspension pourraient occasionner des risques respiratoires :
Toux, augmentation d'infections des voies respiratoires supérieures et inférieures, bronchites, dyspnée, accès d'asthme, rhume, maladies cardiaques et respiratoires, cancer des poumons, etc…

Les particules très fines (<10µm) infiltrent les voies respiratoires et ne peuvent êtres arrêtées en toussant. Elles peuvent arriver dans le sang. Irritation possible chez les asthmatiques.

La poussière fine de l'air augmente les décès aigus et les urgences.
Une augmentation de 10µm/m3 de moyenne journalière des particules provoque une augmentation de 1% de décès non accidentels (pneumonies, bronchites chroniques et maladies respiratoires).

La pollution de l'air représente 6% des décès européens.
En Suisse, la poussière en suspension provoque chaque année 87000 attaques d'asthme.
Les particules fines (PM10) provoquent dans ce pays 45000 bronchites aiguë chez les enfants de plus de 15 ans.

<-- Retour au sommaire

Conséquences environnementales suite

Les feux d'artifices sont responsables de lésions sur la santé, de maladies respiratoires, de sensibilités chimiques multiples (MCS), et même de troubles cardiaques et respiratoires.

Un article est paru : "Saint-Sylvestre avec masque de protection respiratoire. Les feux d'artifices de la Saint-Sylvestre et du 1er août font gravement souffrir de nombreuses personnes : l'épaisse fumée toxique provoque chez elles des vertiges, troubles cardiaques et accès d'asthme."
http://www.stop-fireworks.org/victimes.htm

Les victimes ne sont PAS PRISES AU SÉRIEUX par les autorités et beaucoup de médecins, alors que ces faits sont depuis longtemps connus, les citoyens se plaignent constamment à l'Office fédéral de l'Environnement, forêt et paysage (OFEFP), à l'Office central de matières explosives et pyrotechniques, et aux postes de police.

Les feux d'artifices représentent chaque année 1000 à 2000 tonnes de poussière relâchée dans l'air. Les personnes malades des voies respiratoires et troubles circulatoires doivent donc éviter les feux d'artifice.
Nous sommes dans le domaine du risque, mais il n'y a "pas de risque de santé aigu".

<-- Retour au sommaire

Conclusion

Pour conclure ce dossier, nous pouvons tout simplement dire que la richesse de cet art qu'est la pyrotechnie est telle qu'il est impossible de tout découvrir en si peu de temps, mais nous savons désormais que de très nombreux éléments se cachent derrière les spectacles éblouissants que nous pouvons admirer.

Les techniques, mêmes si elles sont restées **très traditionnelles**, notamment dans les composants communs à tous les feux, ont tout de même su profiter des **avancées de la technologie**, avec les nouveaux composants utilisés (Baryum, Strontium, etc.) ou avec **l'informatique** qui a permis de réduire considérablement le nombre d'accident au lancement d'une fusée.

Mais il est vrai que la pyrotechnie n'est pas exempte de défauts, et peut faire peur lorsqu'il s'agit des **poussières**, du soufre libéré dans l'air qui sont responsables de **nombreux problèmes respiratoires** aujourd'hui. Il reste également l'éternel problème des **incendies** dont une trentaine ont eu lieu suite à des lancements de fusées ces 10 dernieres années. Cependant le nombre de feux d'artifice est **relativement faible** dans une année, à tel point que ces conséquences sont très souvent ignorées.

Enfin, il ne faut pas oublier que la pyrotechnie ne se limite pas aux feux d'artifices, mais s'étend également dans de **nombreux autres domaines**, chaque élément que l'on retrouve dans la composante d'un artifice a également une ou plusieurs autres utilités :

- La lumière et la chaleur servent au quotidien pour ce qui est du chauffage, de l'éclairement, mais aussi pour les **fusées de détresse**.
- Le bruit et le choc servent eux notamment dans les canons à neige afin **d'éviter les avalanches**.
- Les gaz et la propulsion servent principalement dans les nouvelles technologies, les **pyromécanismes** (utilisés pour les fusées, les missiles, etc).

<-- Retour au sommaire

Bibliographie

Ouvrages :

-"Le grand livre des feux d'artifices" de Didier Brunel
-"La chimie élémentaire" (manuel de chimie de l'université d'Avignon)
-Dictionnaires usuels (Larousse, Robert, etc.)

Articles :

-Magazine "Passion Pyro" numéros 3,4 et 5

Documents multimédia :

-Encyclopédie "Hachette Multimédia"
-Encyclopédie "Encarta"

Sites internet :

-http://perso.wanadoo.fr/waime/artifice
-http://djv.free.fr
-http://aida.ineris.fr/tentes/circulaires/text4115.htm
-http://mendeleiev/cyberscol.qc.ca/chimie534/
-http://www.aneip.com/
-http://www.amigospirotecnia.com/
-http://forums.futura-sciences.com/archive/index.php/t-10566.html
-http://www.pyrotechnie.org/
-http://membres.lycos.fr/francepyrotech/
-http://www.etienne-lacroix.com.pyrotechno/pyrobas.html

TPE réalisé sur un eMac G4 sous Mac OS X.3 Panther.

Logiciels utilisés :

Apple Keynote, Microsoft Word 2004 Mac Edition, Adobe Photoshop CS, Adobe Acrobat Pro 6, TextEdit, ImageWell.

Recherche internet et mise en forme du texte brut réalisées au CDI du lycée Aubanel.