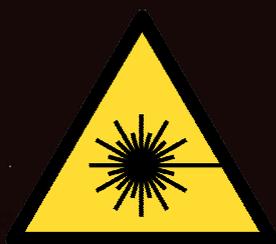


Alain ROBERT



La Sécurité au quotidien



Atelier Sécurité
Foudre



Attention : Ce document est déposé.

Son usage est libre dans tous les établissements d'enseignement.



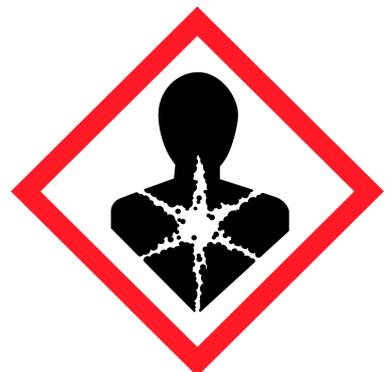
Si vous souhaitez le dupliquer sur un site internet ou l'incorporer à une publication (sur papier ou numérique), vous devez obtenir préalablement l'accord de l'auteur ou des auteurs.



Atelier Sécurité Foudre

Sommaire

Introduction	Page 4
Que se passe-t-il dans un nuage d'orage ?	Page 5
A pied sous l'orage	Page 6
Sous un arbre	Page 7
Dans un bâtiment	Page 8
Benjamin Franklin est passé par là !	Page 9
Fabrication du générateur électrostatique	Page 12
Les dangers de la foudre Fabrication des plaques	Page 17
Photographie d'éclairs	Page 19



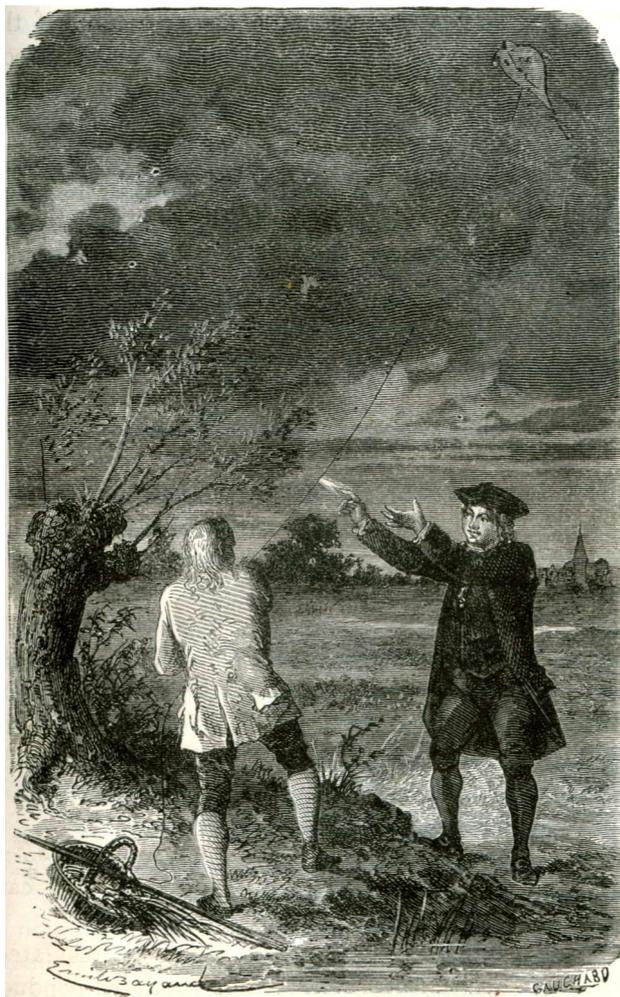
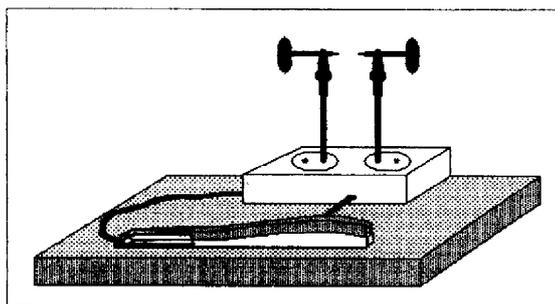
Introduction

Les dangers liés à la foudre sont faibles comparés à d'autres, mais la prévention est facile et il serait donc absurde de passer ce chapitre sous silence.

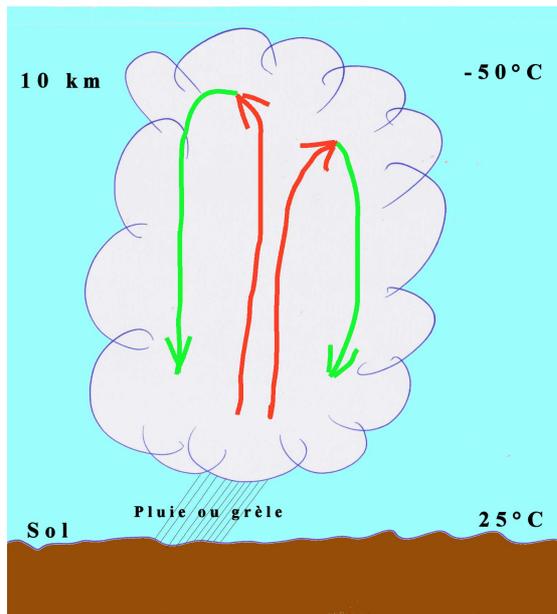
De plus, ce dossier permet d'aborder quelques notions scientifiques autour des phénomènes d'électricité statique ainsi qu'un aspect historique avec l'évocation de Benjamin Franklin.

Dans cet atelier, nous proposons, après une approche sommaire des phénomènes d'électrisation par frottement, de voir différents cas de dangers liés à la foudre et les moyens de s'en protéger.

En fin de dossier vous trouverez les indications pour fabriquer le générateur électrostatique utilisé pour les expériences liées à la foudre.



Que se passe-t-il dans un nuage d'orage ?



Lorsqu'un nuage d'orage se développe (les météorologues parlent de cumulonimbus), le sommet de celui-ci peut atteindre des altitudes très élevées, entre 12 et 15 km.

L'air chaud monte à l'intérieur du nuage, se refroidit (à haute altitude, la température est très basse) puis redescend. Le vent à l'intérieur du nuage peut dépasser 100 km/h.

Cela provoque des frottements entre les molécules et une électrisation comme lorsque vous frottez un morceau de plastique sur un tissu ou une brosse dans vos cheveux après un shampoing.



Si la charge électrique devient très forte, la différence de potentiel peut atteindre des millions de Volts et un éclair va se former. Cela peut se passer entre deux zones du nuage ou entre le sol et la base du nuage.

C'est ce dernier cas qui peut être dangereux pour nous.

Nous allons simuler quelques situations dangereuses à l'aide d'un générateur électrostatique délivrant environ 15 000 Volts et de figurines métalliques.

Vous trouverez en fin de dossier les indications pour construire ce générateur à partir d'un simple allume-gaz piézo-électrique du commerce ainsi que les accessoires nécessaires pour ces expériences.

Nota : ce générateur ne peut fournir qu'une intensité minuscule (quelques millièmes d'ampère) et ne présente donc pas de danger réel. **Ce n'est pas une raison pour ne pas respecter les règles d'utilisation, faute de quoi vous vous exposez à recevoir une décharge électrique désagréable !**



Avant de passer aux dangers de la foudre, on peut montrer le fonctionnement de ce générateur en installant deux pointes espacées d'environ 1 cm et en actionnant le générateur.



On fera alors jaillir des étincelles entre les pointes, c'est-à-dire des éclairs en miniature.

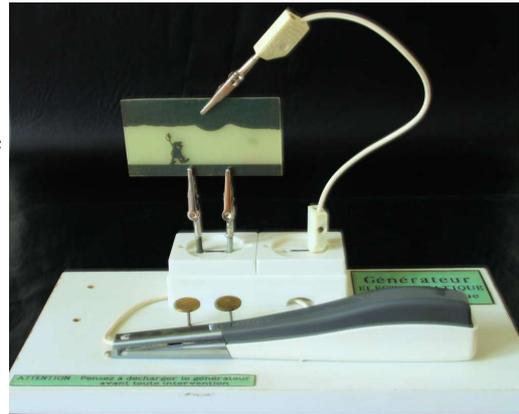
Pensez à décharger le générateur avant toute manipulation des pointes.



A pied sous l'orage

Installez la plaque montrant un piéton en marche sous un ciel d'orage comme montré sur cette photo.

Actionnez le générateur.



Notre malheureux piéton est foudroyé !



Il est le point le plus haut du paysage et de plus il porte sa fourche sur l'épaule.

La foudre tombe préférentiellement sur un point haut (plus court chemin) et si un objet pointu et conducteur se trouve à proximité, c'est là que l'éclair se produira : il s'agit d'un effet connu des scientifiques sous le nom « d'effet de pointe ». A défaut de fourche sur l'épaule, un parapluie provoque le même effet.

A quelle distance est tombé le dernier éclair ?

Pour savoir à quelle distance est tombé le dernier éclair, il suffit de savoir compter.

En effet, la lumière de l'éclair se propage à $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ (kilomètres par seconde). A cette vitesse, on fait 7 fois et demi le tour de la Terre en 1 seconde. Pour les quelques kilomètres qui nous séparent de l'éclair que l'on vient de voir, on peut considérer que le temps de parcours de la lumière est négligeable.

En même temps que l'éclair, la foudre provoque un claquement violent : le coup de tonnerre. Il s'agit d'un son qui lui se traîne à environ $350\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (1200 km/h, Mach 1). Il faut donc environ 3 secondes pour que ce bruit parcourt 1 km.

Apprenez à compter (mentalement) les secondes (« Un... et deux... et trois... »)

Si vous comptez 9 secondes ou plus entre l'éclair et le tonnerre, l'orage est encore loin.

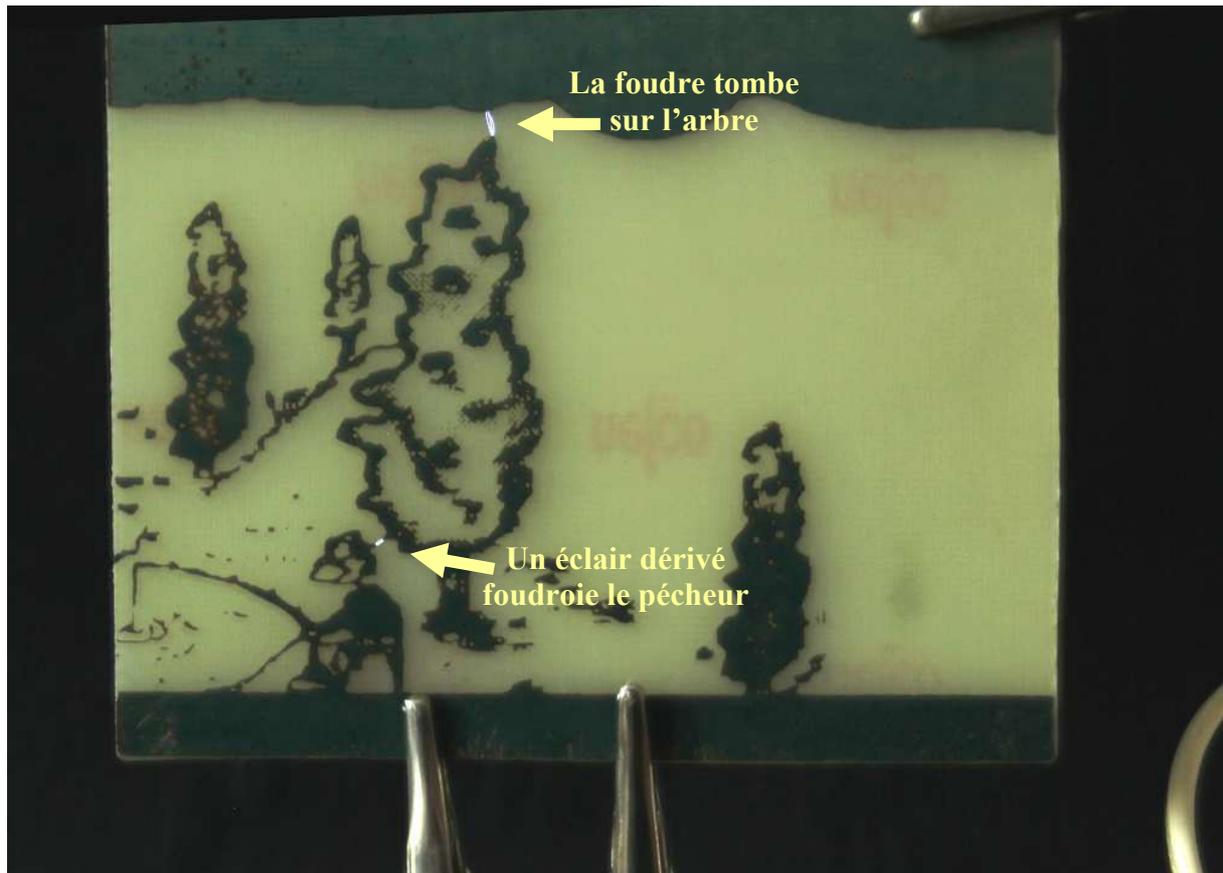
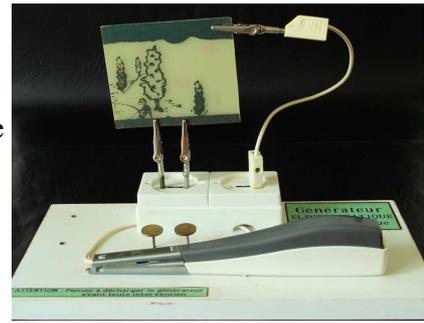
Si vous comptez 6 secondes entre l'éclair et le tonnerre, l'orage se rapproche

Si vous comptez 3 secondes ou moins, il faut vous mettre tout de suite à l'abri !

Sous un arbre

Installez la plaque montrant un pêcheur sous un arbre comme montré sur cette photo.

Actionnez le générateur.



La foudre frappe l'arbre (c'est le point le plus haut dans l'environnement) et un éclair dérivé foudroie le pêcheur.

Conclusion : Il ne faut jamais s'abriter sous un arbre isolé !

Où se mettre à l'abri ?

Dans une voiture, la carrosserie métallique forme une « Cage de Faraday », la foudre s'écoule le long de la carrosserie, à l'extérieur. Dans la voiture, vous ne risquez rien.

S'il n'y a aucune maison ou voiture où vous abriter, le mieux est de vous allonger sur le sol pour ne pas former de point haut.

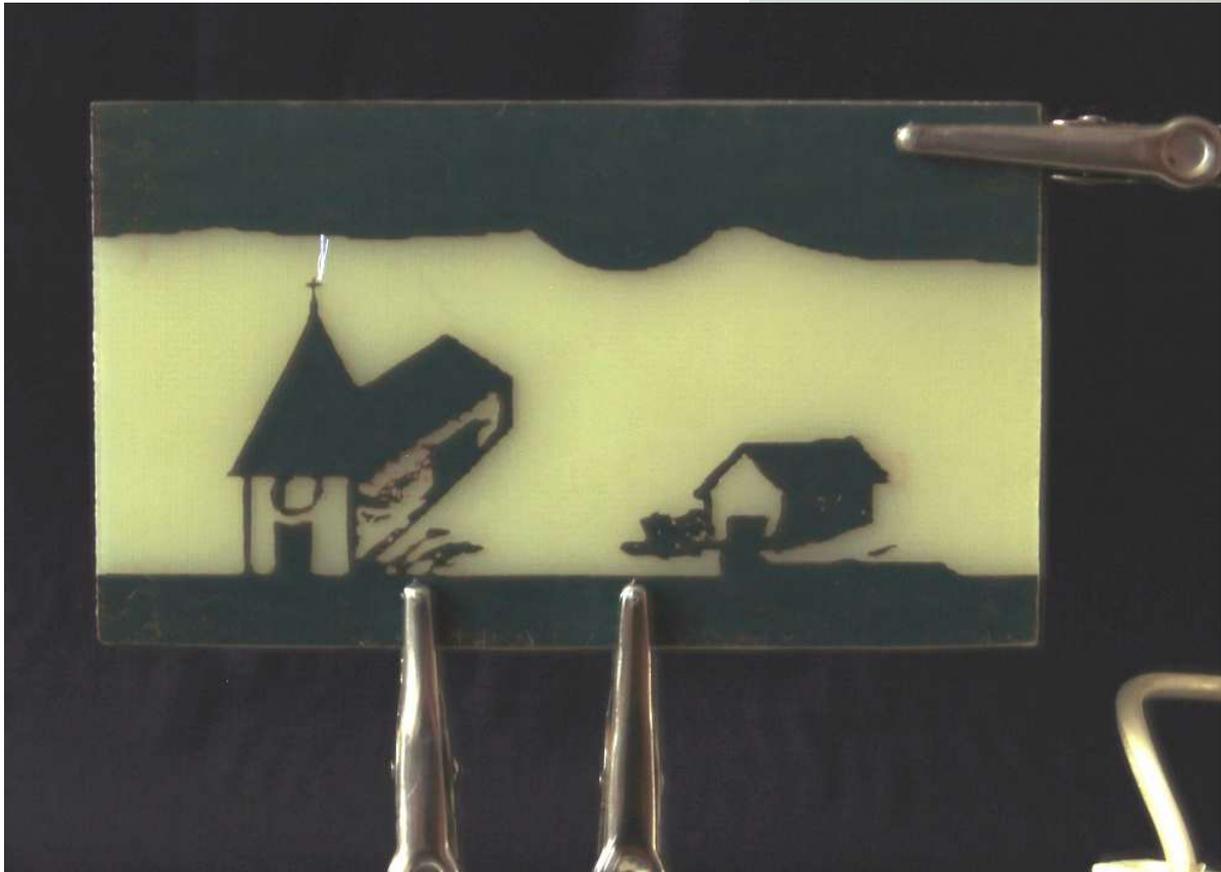
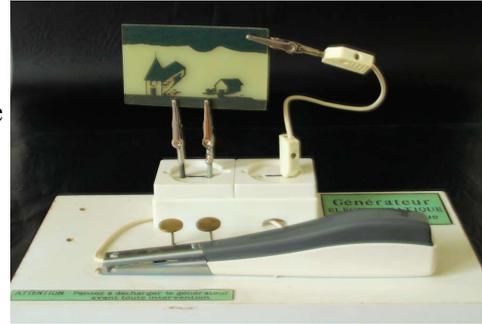
En cas de risque d'orage, les nageurs doivent regagner rapidement la rive et se mettre à l'abri. Dans l'eau leur tête est le point haut où la foudre risque de frapper !

Dans un bâtiment

Installez la plaque montrant une église comme montré sur cette photo.

Actionnez le générateur.

La foudre tombe sur l'église.



Avec quelques milliers de volts, quelques millièmes d'ampère, on allume facilement un mélange de butane et d'air.



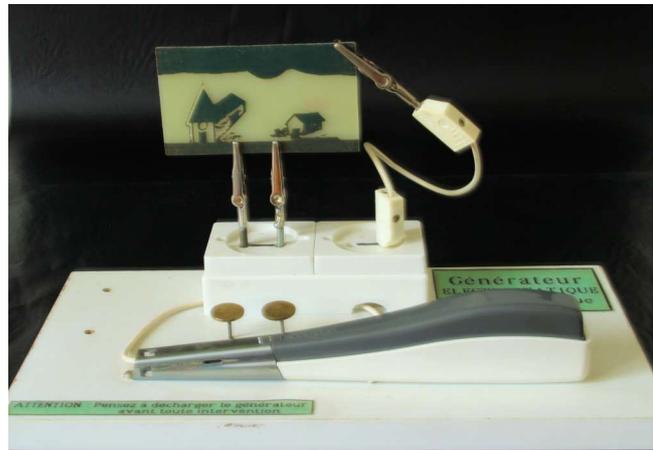
Un éclair, c'est-à-dire une décharge électrique qui peut atteindre 100 000 000 Volts, 10 000 Ampères et une température de 30 000 °C peut facilement mettre le feu à une charpente en bois par exemple.

Dans le passé, bien des bâtiments, en particulier châteaux ou églises plus hauts que les maisons environnantes sont partis en fumée après un impact de foudre.



Benjamin Franklin est passé par là !

Installez la dernière plaque et actionnez le générateur



La foudre tombe sur le paratonnerre, puis s'écoule au sol par le gros ruban métallique qui part de la tige du paratonnerre, contourne le bâtiment par l'extérieur et s'enfonce dans le sol.



La bâtiment est protégé !

Aujourd'hui, la grande majorité des bâtiments est protégée par un paratonnerre dérivé de celui inventé par Benjamin Franklin ou par un autre dispositif et ne risque plus de brûler en cas d'impact de la foudre.



L'église d'Ingré (Loiret)



Un ruban métallique épais
relié à la pointe du paraton-
nerre descend le long du toit



Puis le long du mur du
clocher



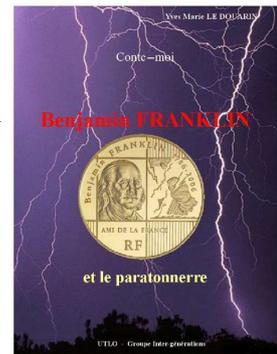
Avant de s'enfoncer dans le sol

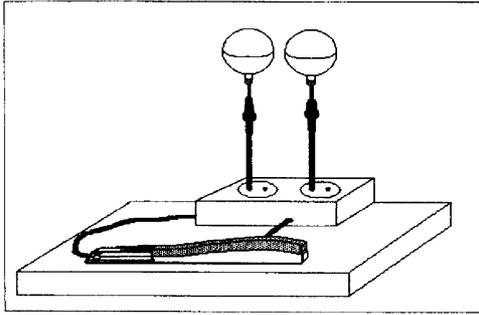


Pour connaître en détails la vie extraordinaire de Benjamin Franklin, il suffit de lire l'article que lui consacre Wikipedia.

En attendant, vous pouvez lire ou faire lire le conte « Benjamin Franklin et le paratonnerre » écrit par Yves-Marie Le Douarin :

https://www.science-ecole.fr/Ecole2/Doc_Ecole/BenjaminFranklin.pdf





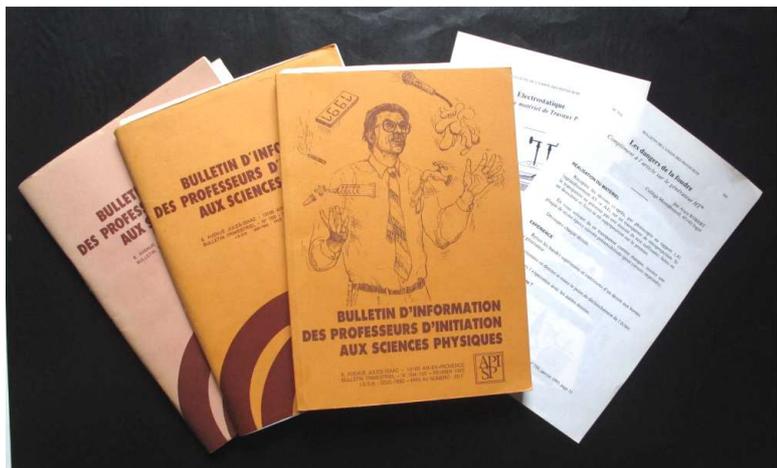
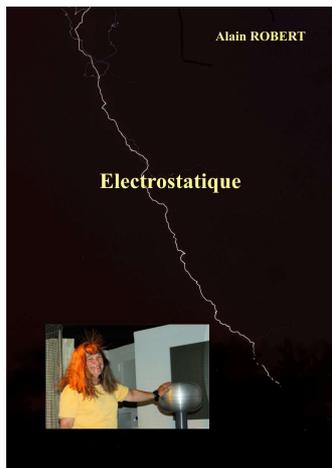
Fabrication du Générateur électrostatique

Ce qui suit est extrait d'articles publiés entre 1990 et 1993 dans le bulletin de l'APISP (Association des Professeurs de Sciences Physiques), N° 89, 103 et 104 et dans le BUP (Union des Professeurs de Physique et de Chimie), N° 750 et 753.

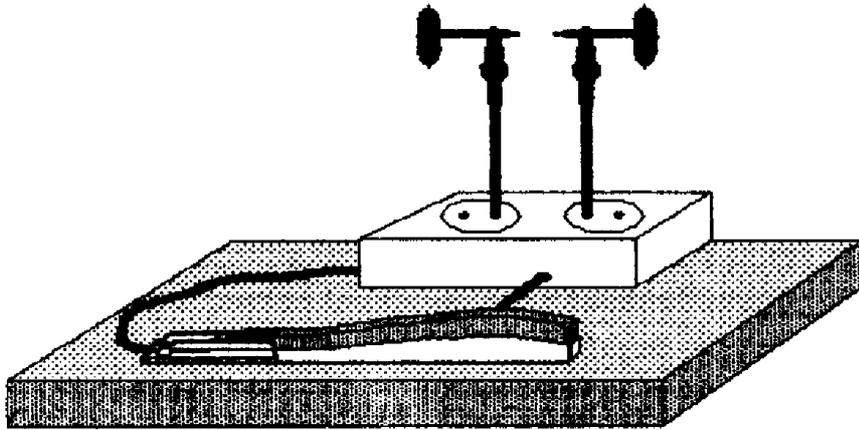
Vous pouvez retrouver ces articles en suivant ce lien :

<http://arobert45.free.fr/FabMat/index.htm>

Et en cliquant sur la rubrique « Electrostatique »



Réalisation du Générateur Electrostatique



Faire réaliser, par les élèves, des expériences d'électrostatique au delà des électrisations par frottement suppose la possession de générateurs haute tension.

Il existe, bien sûr de tel appareils chez les fabricants de matériel pédagogique (Machine de Wimshurst, générateur Van de Graaf,...), mais les prix de ces machines interdisent l'achat d'un nombre suffisant pour organiser des séances de travaux pratiques avec manipulation par petits groupes.

L'article qui suit décrit la réalisation d'un matériel bien moins performant (générateur 10 kV), mais largement suffisant pour le niveau Collège et d'un prix total (pour dix postes de travail) inférieur à celui d'une seule machine haute tension.

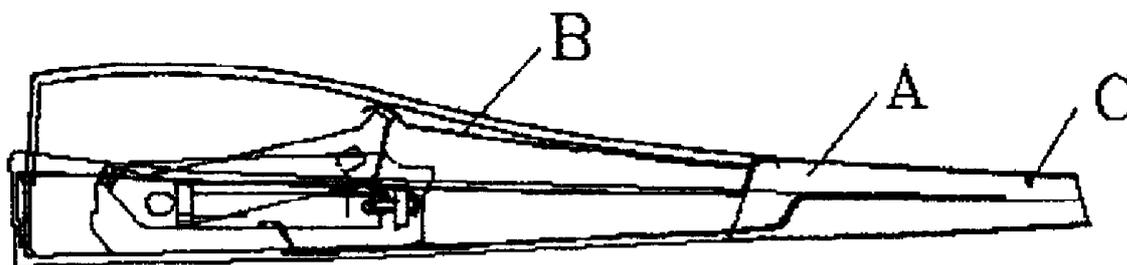
Réalisation du générateur

Ce générateur est réalisé à partir d'un «Allume-gaz électronique» de marque TEFAL . Tout autre allume-gaz électronique peut convenir, les modifications à apporter à l'appareil seront du même ordre.

Cet appareil utilise une cartouche de céramique piézo-électrique qui, par compression délivre une tension de 10 à 15 kV. Cette compression (course 0,3 mm) est obtenue - par l'intermédiaire d'une démultiplication - en appuyant sur le manche de l'appareil.

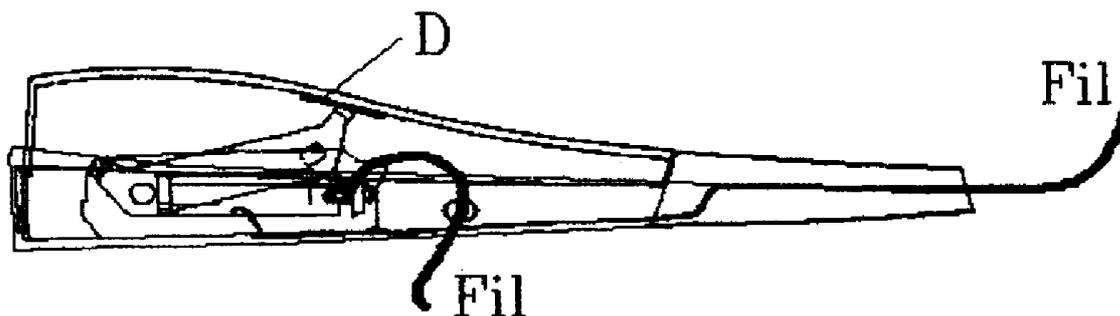


Démontez, en l'écartant légèrement à l'aide d'un tournevis, le nez de l'appareil (pièce A). Sur cette pièce, redressez l'ergot (C) qui sert d'électrode. Eliminez la languette métallique (pièce B) qui assure la liaison électrique entre le générateur et le nez de l'appareil.



D'après document TEFAL

Soudez deux fils, l'un au bout de l'électrode centrale, l'autre à la vis du générateur. Attention de ne pas déformer l'électrode centrale : celle-ci est conçue de manière à ménager un espace de l'ordre du millimètre entre elle et le générateur, espace indispensable pour assurer une étincelle à l'aller et au retour du piston (d'après le responsable de l'usine qui fabrique cet appareil, il s'agit probablement d'un problème d'impédance).



Découpez dans une feuille de tôle fine (boîte de conserve), une plaque de 15 x 30mm et collez là à l'intérieur de la partie supérieure de la poignée (pièce D) pour éviter une usure trop rapide de cette pièce.

Percez dans la partie inférieure de la poignée 3 trous au fond (pour fixation sur une planchette) et un trou latéral (passage du fil relié à la vis du générateur).

Fixez, à l'aide de vis à bois (3x16 tête fraisée), la partie inférieure de la poignée sur un planchette 15 x30cm, épaisseur 20mm). Fixez sur cette planchette un boîtier double pour prise. Reliez chaque fil sortant du générateur aux deux bornes d'une des prises, puis remontez le générateur.

Nota : avant de relier les fils aux bornes des prises, éliminez les cache-trous (sécurité) de chaque prise.

Avec un allume-gaz d'une autre marque :

Déboitez avec précaution le tube métallique qui sert de deuxième électrode.

Démontez-le puis coupez-le.

Couper ici

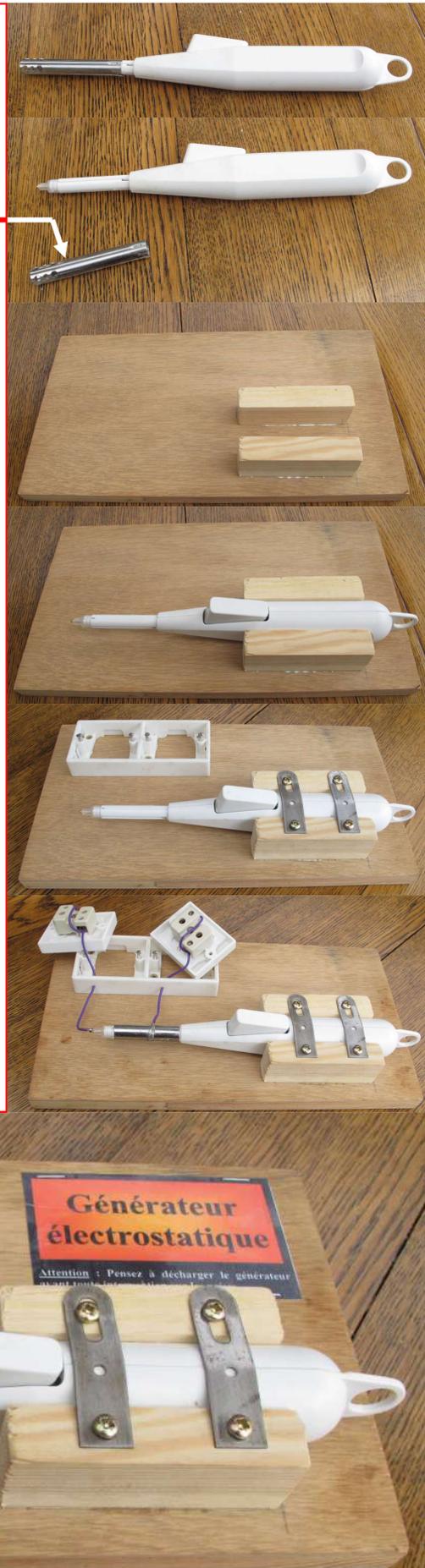
Fabriquez un « berceau » pour recevoir l'allume-gaz

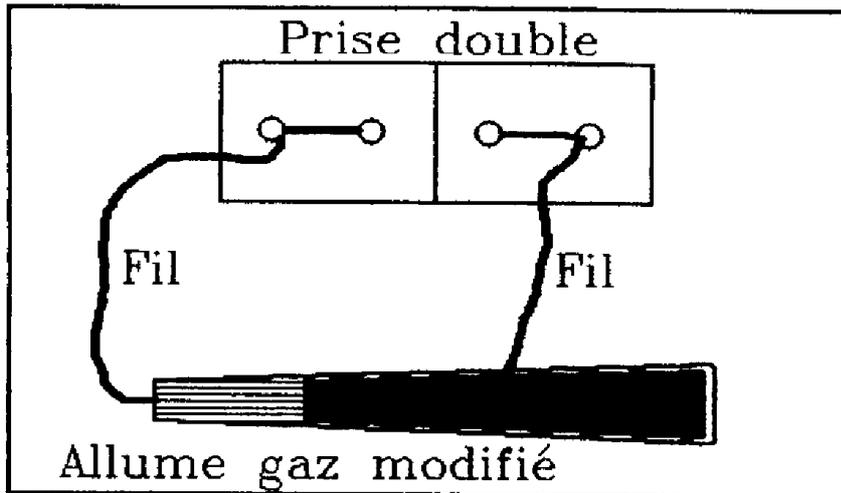
Insérez l'allume-gaz

Fixez l'allume gaz solidement (brides de maintien) et installez le support des prises

Remplacez le tube métallique (raccourci), soudez un fil à ce tube, l'autre à l'électrode en bout de l'allume-gaz. Reliez chaque fil aux deux bornes d'une prise.

Fixez les prises, mettez une étiquette, c'est fini !





Réalisation des accessoires de base

Porte-électrodes (2) :

A une extrémité de barres de 4 mm de diamètre et de 50 mm de long (barre mécano par exemple), soudez une pince crocodile.



Électrodes :

Pointes (2) :

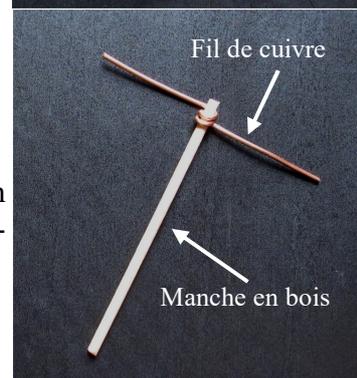
2 clous (diamètre 1,5mm, longueur 40 mm).



1 fil électrique d'environ 25 cm de longueur, terminé à chaque extrémité par une fiche banane et muni d'une pince crocodile



Attention : avant de toucher les électrodes, décharger l'appareil en court-circuitant les deux porte-électrodes avec la lame d'un tournevis ou avec un dispositif comme celui montré sur cette photo :



Les dangers de la foudre

RÉALISATION DU MATÉRIEL

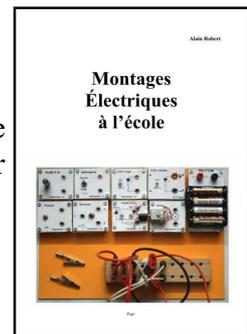
Recopiez les dessins de la page suivante, par photocopie au rapport 1, sur un transparent de rétroprojection. Si le transparent ne présente pas une densité de noir suffisante, faites en un deuxième et fixez-le en superposition sur le premier.

En vous servant de ce transparent comme masque, insolez une plaque de résine époxy cuivrée présensibilisée (pour circuits imprimés).

Découpez chaque dessin.

Pour plus de renseignements sur cette technique, ou pour avoir l'adresse d'un façonnier capable de réaliser ce travail, consultez le dossier « Montages électriques à l'école » :

http://arobert45.free.fr/Ecole/Doc_Ecole/Montages_elec.pdf



EXPÉRIENCE

Reliez les bandes supérieures et intérieures d'un dessin aux bornes du générateur.

Actionnez ce dernier et notez le point de déclenchement de l'éclair.

Refaites l'expérience avec les autres dessins.

Conclusions ?



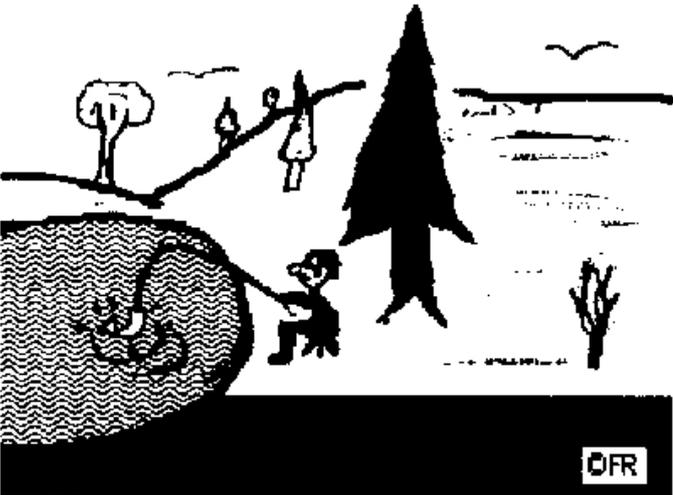
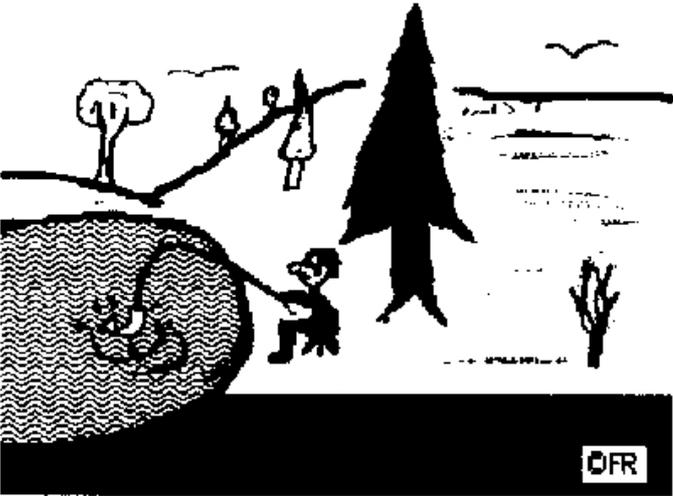




Photo Cyril Treveys reproduite avec l'aimable autorisation de l'auteur

www.fond-eclairage.com