

LA FOUDRE

(nature et forme)

Chaque année en France la foudre provoque la mort de plusieurs dizaines de personnes et d'environ 20 000 animaux. Elle est aussi responsable de 17 000 incendies et d'un nombre important de dégâts divers sur les matériels électriques et électroniques. Nous allons donc présenter dans ce TPE les caractéristiques de la foudre en suivant la problématique : « La foudre, un danger ? »

En lisant un journal, nous avons trouvé un article concernant l'utilisation de la foudre. La foudre est un sujet intéressant et d'actualité. En effet, en ce moment elle est au centre des recherches scientifiques pour en faire une énergie renouvelable. Nous avons donc décidé d'en faire notre sujet de TPE. Dans un premier temps nous définirons ce qu'est que la foudre ainsi que sa formation. Dans un second temps nous montrerons ses utilisations et enfin nous vous dirons quels sont ses dangers et comment s'en protéger.

I. Qu'est ce que la foudre ?

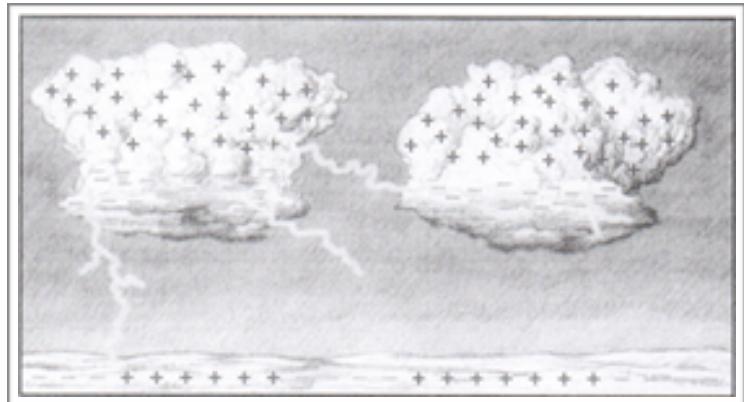
1. Définition de la foudre

La foudre est un phénomène naturel difficilement prévisible. C'est une décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre), se produisant entre deux nuages d'orages ou entre un nuage et la terre ou inversement. Comme la lumière se propage plus vite que le son, on observe d'abord l'éclair puis nous entendons le tonnerre. La tension électrique entre les deux points peut aller jusqu'à 100 millions de volts ce qui représente certains dangers tels que : l'électrocution et des déclenchements d'incendies. Ces éclairs ont des intensités très variables, en effet, de 3 000 Ampères pour les plus faibles à plus de 300 000 Ampères pour les plus puissants, avec une intensité moyenne de 30 000 Ampères.



2. Formation de la foudre

L'été, est souvent plus propice à la création de violents orages dû aux fortes chaleurs et au fort taux d'humidité. Lors de l'évaporation de l'eau à cause de l'augmentation de sa température par le soleil ou quelque autre chaleur, celle-ci s'élève rapidement dans les airs, et va se refroidir pour former des cumulus et des cumulonimbus. Ces nuages plein d'eau, voir de grêle, vont être portés par des vents qui provoquent des averses inattendu et brutales. Quant aux éclairs, ils surviennent au moment le plus fort d'un orage.



Dans un nuage orageux, l'air chaud concentre les charges électriques positives vers le haut du nuage et donc réciproquement les charges électriques négatives vers le sol. Le sol, en réaction, situé sous le nuage, se charge positivement. A un moment les charges en trop sur le nuage ou le sol traverse la couche d'air en la ionisant c'est alors que la foudre est créé lors de la rencontre entre ces deux charges contraires durant un court instant. Durant la décharge électrique un plasma est créé (c'est un état de la matière, cette matière est

partiellement ou totalement ionisée. Le plasma est un milieu constitué d'un mélange de particules neutres, d'ions positifs et d'électrons négatifs. Le plasma est électriquement neutre et ses particules interagissent les unes avec les autres). En ce dissipant ce plasma crée un éclair de lumière et le tonnerre.



ÉCLAIR INTRA-NUAGEUX



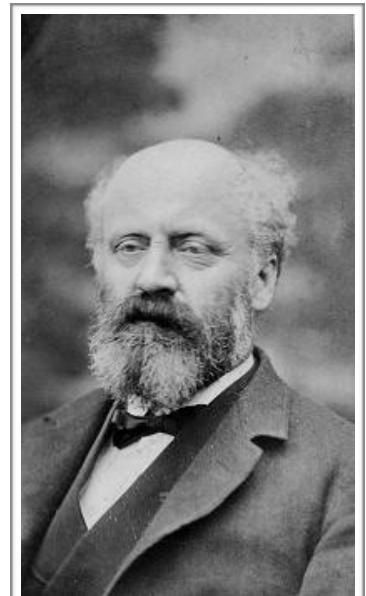
ÉCLAIR NUAGE-SOL

3. L'étude de la création d'arcs électriques

➤ La machine de Wimshurst

La machine de Winshurst, créée en 1882 par l'anglais James Wimshurst (1832-1903) un grand physicien Britannique. Cette machine permet la création d'un arc électrique. Pour le former, il y a deux rondelles de plexiglas où sont situées dessus des secteurs métalliques. Grâce à une manivelle, nous faisons tourner les rondelles dans deux sens différents ce qui permet le frottement des secteurs sur deux balais à friction disposés de part et

d'autre des deux rondelles. Ce frottement des balais avec les secteurs métalliques permet de charger électriquement deux pôles (un négativement et un autre positivement). Au bout d'un certain moment, les électrons en trop sur le pôle négatif traverse la couche d'air en la ionisant pour rejoindre le pôle positif, ce qui forme un arc électrique.

JAMES WIMSHURST
(1832-1903)

Facteurs influençant :

Lors de l'utilisation de la machine, de nombreux facteurs influencent la formation de cet arc électrique :

- La vitesse de rotation de la manivelle donc la vitesse de rotation des deux rondelles.
- L'humidité dans l'air, en effet, quand nous avons un temps sec, la formation de l'arc électrique est plus rapide. Alors qu'en temps humide cette formation est beaucoup plus lente.
- L'écartement des deux pôles. Plus cet écartement est grand, plus il sera difficile de créer un arc électrique.

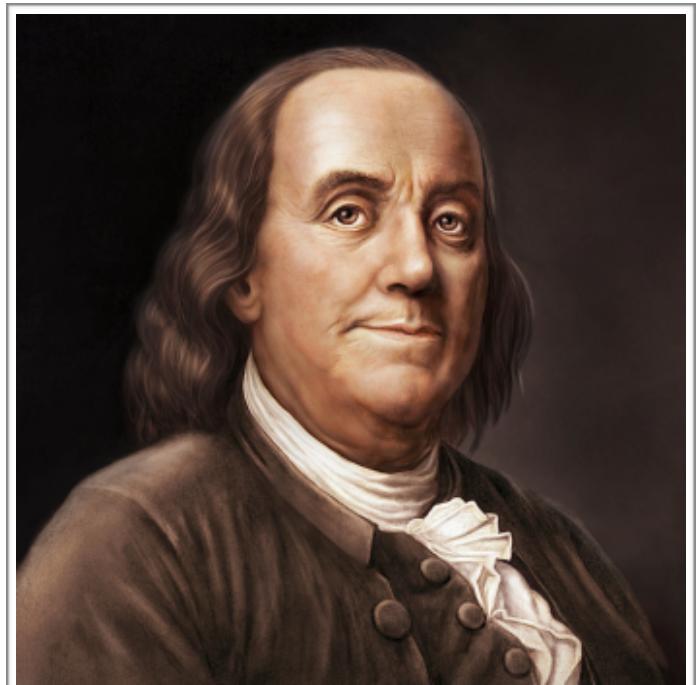


Nous avons tenté de faire varier la distance entre les deux pôles de la machine, mais sans aucun succès. Nous nous demandions quel étaient les facteurs propices à la création de la foudre ? Nous n'obtenions aucune proportionnalité, en effet, il est difficile de tourner la manivelle toujours à la même vitesse. Nous avons aussi essayé d'utiliser un ampèremètre à aiguille, mais l'intensité passant par celui-ci était trop importante pour qu'il puisse nous indiquer le nombre de kilojoules lors de la formation d'un arc électrique.

➤ L'expérience de Benjamin Franklin

Benjamin Franklin, né en 1706, mort en 1790, scientifique, écrivain, journaliste et personnalité politique américaine fit en 1750 l'expérience de faire voler un cerf-volant dans des nuages orageux pour prouver la nature électrique des éclairs. Cette expérience consistait à accrocher un long fil métallique en haut du cerf-volant formé de deux bandes légères de cèdres, en croix, attachées à un mouchoir en soie pour être capable de survivre à l'orage. Tout ceci afin d'attirer l'électricité.

Benjamin Franklin attacha ensuite une ficelle au cerf-volant pour être capable de le tenir. Il accrocha aussi un ruban de soie sur la ficelle près de la région où il la tenait, ainsi qu'une clef au ruban qui était attaché à une bouteille de Leyde, condensateur qui permet de stocker les charges. Lorsque les nuages passèrent au dessus du cerf-volant, celui-ci se chargea positivement comme il fut près du sol jusqu'au moment de l'éclair où des charges négatives traversèrent l'air depuis le nuage jusqu'au fil métallique du cerf-volant ce qui a chargé négativement la clef d'où la charge négative qui est rentrée dans la bouteille de Leyde. Celle-ci se comporte comme la machine de Wimshurst : deux conducteurs séparés par un isolant, et chargé chacun d'une charge de signe



BENJAMIN FRANKLIN
(1706 - 1790)

contraire. Comme pour la machine de Whimshurst, on ne peut savoir à priori si il y a des charges sauf en touchant les conducteurs ou en branchant un voltmètre entre les conducteurs chargés. (Mais nous doutions qu'à cette époque les gens en utilisaient. En effet le voltmètre fut inventé en 1953 par Andy Kay.) Un voltmètre mesure une différence d'état électrique entre deux points, s'il y a des charges de signe contraire, il y aura une tension électrique (pour calculer cette tension électrique il faudra mettre le calibre le plus élevé car la tension est très importante).

Heureusement puisque Franklin tenait le cerf-volant par le tissu de soie, il était isolé d'une décharge électrique. Mais quand Benjamin Franklin tendu son doigt pour toucher la clef, il reçut une décharge électrique de la clef qui était si forte qu'un arc électrique jaillit de la clef à la main.



EXPÉRIENCE DU CERF-VOLANT DE BENJAMIN FRANKLIN



BOUTEILLE DE LEYDE

II. Utilisations technologiques des arcs électriques.

Nous nous sommes ensuite intéressé à l'utilisation des arcs électriques dans notre quotidien.

1. Utilisations médicales.

- Le stimulateur cardiaque, ou le pacemaker, pour la première fois totalement implantée et posée en octobre 1958 par Wilson Greatbatch, inventeur et ingénieur Américain. Le pacemaker consiste à envoyer de faibles impulsions électriques au cœur et permettant de l'accélérer lorsque ce dernier est trop lent. Le pacemaker est composé d'une batterie fonctionnant au lithium-ion, non rechargeable. Le boîtier contenant cette batterie doit être remplacé en fin de vie lors d'une opération chirurgicale. Les impulsions sont transmises grâce à une sonde de stimulation qui contient des fils conducteurs. Elle est d'un côté connectée au boîtier de stimulation et de l'autre côté reliée au muscle cardiaque. Le nombre de patient ayant subi une implantation d'un pacemaker en 2005 était d'environ 600.



PACEMAKER

- Le défibrillateur automatisé externe a assez souvent les mêmes fonctionnalités qu'un stimulateur cardiaque. Il a été pour la première fois commercialisé en 1994. C'est un appareil permettant une analyse automatique de l'activité cardiaque d'une personne en arrêt cardio-respiratoire ce qui évite à l'opérateur toute prise de décision. Des électrodes sont posés sur la peau du patient ce qui permet de détecter un besoin de choc électrique, ou défibrillation, seuls des chocs externes sont possibles.

Le défibrillateur est généralement composé de :

- Une sacoche de transport.
- Une paire de ciseaux pour la découpe des vêtements.
- Un rasoir jetable pour pouvoir raser les poils de certaines personnes possédant une forte pilosité.
- Des serviettes jetables pour retirer les poils rasés ou essuyer la victime dans le cadre de noyade par exemple.
- Un ou plusieurs patchs adultes et pédiatrique. Ils sont collés sur la victime et servent à analyser le rythme cardiaque et à décharger un choc en cas de nécessité.
- Une ou plusieurs batteries de recharge.
- Le boîtier de défibrillation recevant les batteries, on y branche les électrodes, et il est la plupart du temps équipé d'un haut-parleur permettant de donner des informations vocales à l'utilisateur.

Le courant électrique doit passer dans le corps, à travers le cœur, il faut donc s'assurer :

- De ne pas être dans une atmosphère explosive.
- Mettre la victime sur une surface sèche et non métallique.
- Poser une électrode au niveau de la clavicule droite et une autre sous l'aisselle gauche.

Tout ceci doit être fait pour ne pas mettre en danger la personne sur laquelle on utilise le défibrillateur.

Lors de sa journée d'appel, Lucas a utilisé un défibrillateur cardiaque sur un mannequin ce qui nous a permis de mieux comprendre son fonctionnement ainsi que son dispositif.



2. Utilisation technologique

La recharge d'un téléphone en un éclair :

Nous avons trouvé dans un quotidien, Direct Matin, que Nokia, une entreprise de téléphonie, est actuellement en train d'expérimenter la charge d'un mobile grâce à la foudre. En laboratoire, en utilisant un courant électrique de 200 000 volts dans un champ d'air d'une trentaine de centimètre. Et grâce à un transformateur, ils sont parvenus à en canaliser l'énergie avant de recharger en un instant le Nokia Lumia 925. D'après cette expérience on peut conclure que les appareils mobiles peuvent être chargés avec un courant à haute tension qui traverse l'air.

Ce processus, il faut le rappeler, est toujours en cours d'expérimentation.



3. Utilisation Militaire

Le pistolet à impulsions électriques, connu sous le nom de Taser, est un arme de 4^{ème} catégorie. Le terme de Taser traduit en français donne « Foudroyeur ». Qualifié de non mortel par ceux qui les commercialisent. Inventé en 1972 par Jack Cover qui voulait créer une arme utilisable dans un avion sans risques d'endommagements de l'appareil. Il existe deux sortes de « taser » :

- Le Taser :

Sa portée maximale est d'environ 7,6 mètres. Il envoie à sa cible deux électrodes à la vitesse de 50 mètre par secondes, qui sont chacune reliées à deux fils isolés. Lors du contact avec la cible, le Taser libère une décharge d'environ 50 000 volts qui passe par les deux fils isolés. ce qui bloque le système nerveux. Et qui paralyse donc instantanément la victime.



TASER

- Le Shocker :

C'est une arme de poing qui crée un arc électrique à son bout d'environ 50 000 volt, lorsque l'on appuie sur un bouton un arc électrique se forme en continu et le simple fait que l'arc électrique touche une personne, paralyse son système nerveux et donc la personne.



**SHOCKER
ÉLECTRIQUE**

III. Les dangers de la foudre.

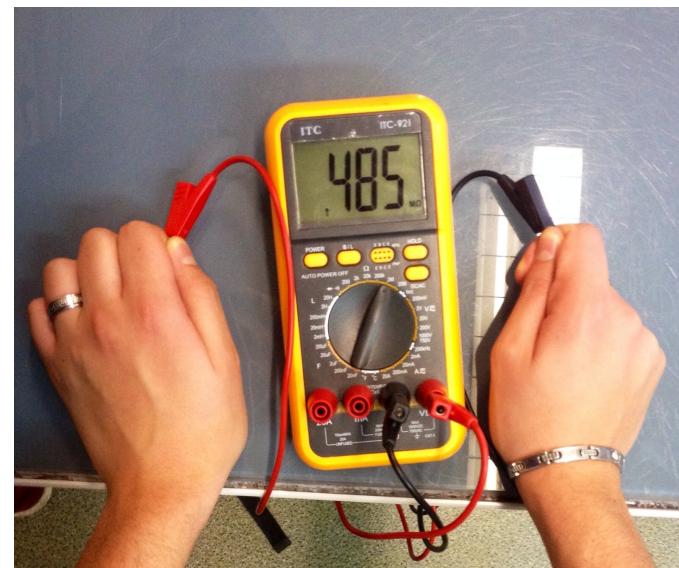
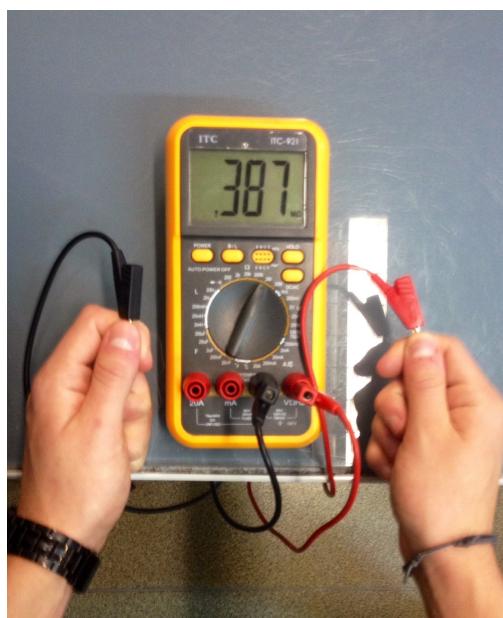
La résistance du corps humain peut varier considérablement selon les caractéristiques de chacun et les conditions d'environnement comme :

- La tension
- L'humidité
- Le poids
- La taille
- La fatigue
- La pression
- L'épaisseur de la peau

On sait donc qu'au-delà de 25 Volt il y a un danger potentiel pour une personne « normal ».

1. Expérience : Mesure de la résistance du corps humain.

Avec cette expérience nous avons calculer la résistance moyenne dans notre groupe du corps humain.



OHM MÈTRE : LA RÉSISTANCE DU CORPS EST D'ENVIRON 474 M OHM DANS NOTRE GROUPE



2. Les dangers artificiels de la foudre.

Comme nous avons pu le voir, le Taser et le Shocker sont considérés comme non létal, mais l'utilisation de ces armes peut parfois s'avérer très dangereuse voir mortel pour les personnes victimes de ces armes.

A. Tableau des conséquences des arcs électriques sur le corps humain.

Intensité du courant	Effet sur le corps humain
1 mA	Perception cutanée
5 mA	Secousse électrique
10 mA	Contracture entraînant une incapacité de lâcher prise
25 mA pendant 3 min	Tétanisation des muscles
40 mA pendant 5 s ou 80 mA pendant 1 s	Fibrillation ventriculaire
200 mA pendant 30 ms	Fibrillation cardiaque
1 A	Arrêt du cœur
2 A	Inhibition des centres nerveux

B. Exemple de victimes d'électrisation.

D'après un article du journal, *Le Monde*, paru le 6 novembre 2013 un homme serait mort à la suite d'un tir de Taser le dimanche 3 novembre. En effet, ce jeune homme de 21 ans, impliqué dans un règlement de compte dans le Loiret, il est décédé suite à l'intervention d'un gendarme qui s'est servi de son Taser pour le maîtriser en envoyant sur le torse du jeune homme pendant 5 secondes une décharge électrique. Le jeune homme a perdu immédiatement connaissance. Il est emmené à l'hôpital et mourra 2 heures après. D'après le rapport d'autopsie, la victime est morte d'étouffement suite à des régurgitations d'aliments dans sa trachée ainsi que dans son appareil respiratoire. Jusqu'ici, l'usage du Taser n'a jamais été reconnu comme la cause de la mort. Cependant, dans plusieurs cas, ses décharges y ont participé. Comme dans l'affaire Mahamadou Marega, âgé de 38 ans et mort le 30 novembre 2010 après une intervention de police à Colombes. Il avait subi dix-sept tirs de pistolet à impulsion électrique. Le premier rapport d'autopsie avait conclu « *à la mort par insuffisance respiratoire* ».

On peut donc en conclure que l'utilisation de ces armes (même si elles sont qualifiées de non-létal) peut s'avérer très dangereuse pour la victime de ces attaques, et qu'une utilisation limitée de ces armes doit être faîtes en privilégiant la légitime défense.

3. Les dangers naturels de la foudre.

- Les effets.

Dans le monde, il y a environ 20 millions d'orages par an, soit 50 000 par jour ce qui fait environ près de 200 frappes de foudres à chaque instant sur terre.

Cela représente donc un fort danger pour les habitants vivant dans des zones où les orages sont propices. En France, il y a environ 15 à 25 décès de personnes par ans liés aux éclairs.

- Les effets directs : Le fort courant électrique échauffe fortement la matière et provoque des dégâts mécaniques la plupart du temps très important. En France, environ 2 millions de coups de foudre par an sont comptés par les systèmes de détections. De 15 000 à 20 000 incendies sont causés par la foudre en France.
- Les effets indirects : Ils sont les plus fréquents. La foudre crée des parasites qui dégradent le matériel électroniques qui sont très sensibles aux ondes électromagnétiques (exemple : les ordinateurs, les téléviseurs,...) même si l'éclair est éloigné de ceux-ci.

- Exemple de victimes d'éclairs.

Le 28 décembre 2013, dans une église de Lilongwe, la capitale du Malawi, une frappe de foudre a tuée 8 personnes sur le coup et 40 autres personnes ont été placées en observation.

EXEMPLE CARACTÉRISTIQUE DE FIGURE DE LICHTENBERG SUR LA PEAU D'UN FOUDROYÉ (C'EST UNE BRÛLURE SUPERFICIELLE)



- Exemple de dégâts suite à un orage.



EN FRANCE DE NOMBREUX CLOCHERS SONT SOUVENT TOUCHÉS PAR LA FOUDRE

4. Comment s'en protéger ?

A. La détection

- Le moulin à champ : Instrument de mesure de champ électrostatique, permet de signaler la présence d'un orage chargé électriquement traduisant l'arrivée de la foudre. Il fonctionne en analysant les nuages qui passent au dessus de lui .



- Réseau d'antennes réceptrices : Plusieurs antennes reçoivent des signaux radio générés par les décharges électriques de l'orage. Chacune des antennes détecte la direction de l'orage et son intensité.



- Système mobile : Une antenne directionnelle qui déduit la direction et l'intensité du coup de foudre, pour ensuite calculer la distance de l'orage par rapport à celle-ci.



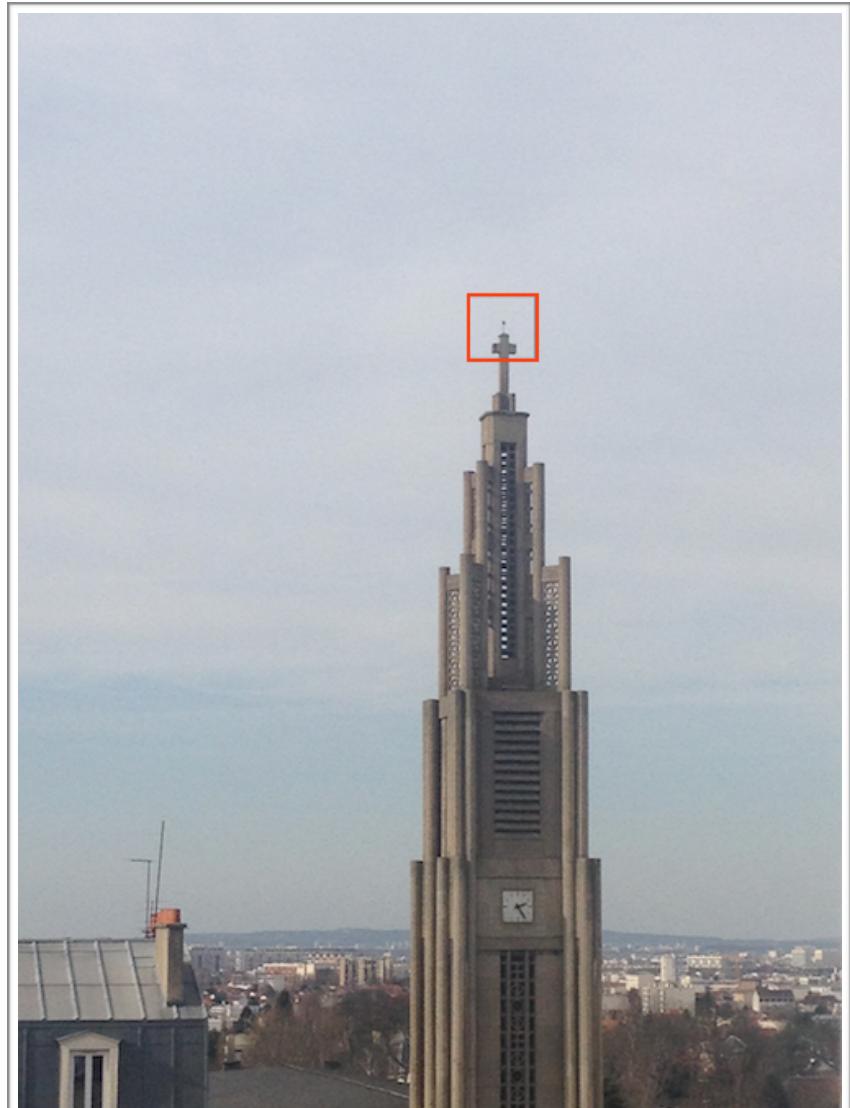
- Satellite artificiel : Il détecte les éclairs produits par les orages en balayant une zone pour reconnaître des flash lumineux qui signifie la présence d'orage.



B. Protection

Pour la protection des bâtiments, Benjamin Franklin inventa en 1779 le paratonnerre, c'est une pointe métallique placée au sommet d'un bâtiment pointé vers le ciel, relié à la terre par un câble conducteur pour permettre l'écoulement du courant vers la terre afin de le dissiper dans celle-ci.

**ÉGLISE NOTRE-DAME
DU RAINCY ET SON
PARATONNERRE**

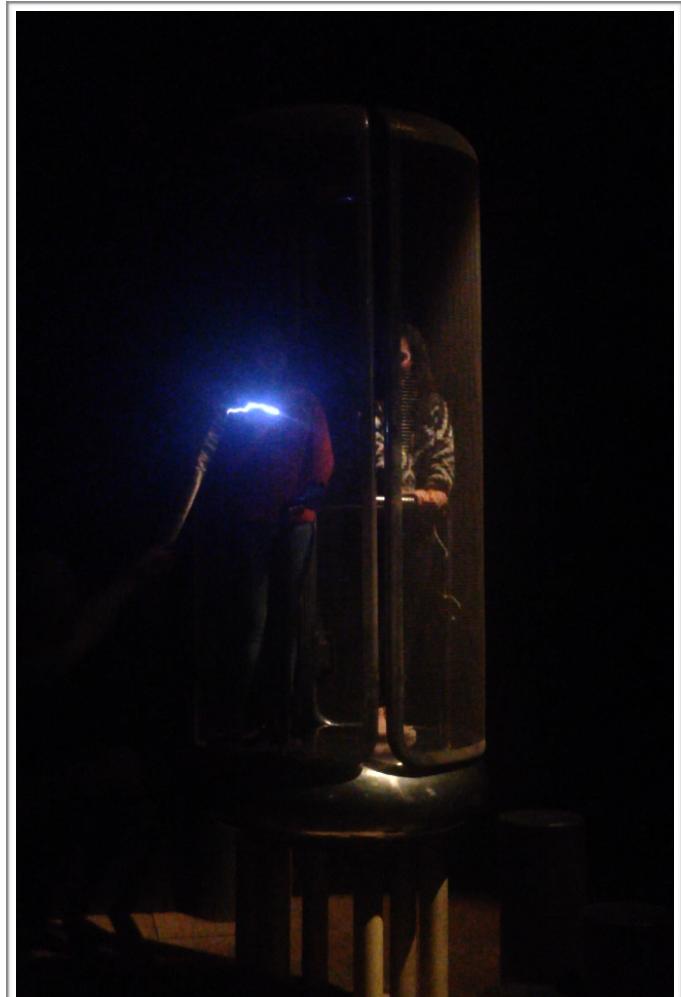


C. Précaution

Pendant un orage il est très dangereux de se réfugier sous des arbres sur lesquelles la foudre peut s'abattre. Mais il est tout aussi risqué de traverser une place où des champs dans lesquelles la personne serait la partie la plus exposé. Il est déconseillé d'utiliser un parapluie ou des objets pointus. Par contre une voiture est un très bon abris métallique car sa carrosserie en métal constitue une cage de Faraday. En effet celle-ci protège une portion de l'espace c'est-à-dire l'intérieur de la voiture donc on ne peut pas recevoir de décharge électrique.

Lors d'une sortie au Palais de la Découverte, à Paris, nous avons été témoin d'une conférence expliquant le principe de la cage de Faraday. Lorsqu'une personne est dans une cage de Faraday, elle ne ressent pas l'arc électrique car la structure métallique absorbe l'énergie libérée durant la décharge électrique.

**CAGE DE FARADAY,
L'INTÉRIEUR DE LA CAGE
N'EST PAS EXPOSÉ
AUX DÉCHARGES
ÉLECTRIQUES**



Conclusion :

D'après ce TPE on voit bien que la foudre est omniprésente dans la vie quotidienne, elle est tout d'abord très utile sur le point de vue médicale et bientôt peut être énergétique, en effet les arcs électriques sont nécessaire dans la médecine d'aujourd'hui, comme nous avons pu le voir grâce au pacemaker et au défibrillateur cardiaque qui permettent la survie de nombreuses personnes. Ensuite l'utilisation de cette foudre peut aussi être très importante de nos jours, en effet les énergies renouvelables sont au cœur des préoccupations pour la planète. On peut donc bien dire, d'après l'utilisation médicale et électronique de la foudre, les arcs électriques peuvent être bénéfiques. Cependant la foudre peut aussi être très dangereuse, en effet il y a eu de nombreuses victimes tout d'abord à cause d'utilisation militaire, comme le Taser ou le Shocker. Aussi, la foudre à l'état naturel, peut s'avérer mortel, de nombreuses personnes sont décédées ainsi alors qu'elle se promenait au beau milieu d'un champ. La foudre peut aussi faire de gros dégâts matériels comme la destruction de clochers ou encore le dérèglement d'appareils électroniques.

On peut donc dire que la foudre est très dangereuse, mais peut s'avérer très utile dans certains cas, c'est une énergie que l'homme doit apprendre à apprivoiser.

Bibliographie :

- <http://www.meteo.org/phenomen/orage.htm>
- <http://www.lalibre.be/actu/international/un-eclair-tue-huit-fideles-dans-une-eglise-du-malawi-52bf362a3570105ef7def2f9>
- http://www.passion-meteo.net/découverte/les_orage2.htm
- [Direct Matin](#); N° 1361; Lundi 7 Octobre 201; page 15; article 1.
- [Peut-on dompter la foudre ?; collection : Ca m'intéresse; N°234; Août 2000; pages 6 à 12; Yves Ferrand.](#)
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Stimulateur_cardiaque
- http://www.chasseurs-orages.com/dossier-orage/les_secrets_de_la_foudre.htm
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Défibrillateur_automatique
- [Coups de foudre; clés de l'actualité \(311-312\); 16 juillet 1998; page4; Jean-François Collinot.](#)
- Comment éviter les coups de foudre ?; [Pour la science](#); N° 413; Mars 2012; Page 90 à 92; Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik.
- [Science et vie junior](#); Quand la foudre se met en boule; N° 213; périodique; 01-06-2009; Page 56 et 59; Fèvre, Olivier.
- <http://www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/Physico/Electro/e01foudr.htm>
- http://www.passion-meteo.net/découverte/les_orage2.htm
- <http://www.urgentiste.com/electric.html>
- <http://dictionnaire.doctissimo.fr/definition-fibrillation-cardiaque.htm>
- http://www.lemonde.fr/societe/article/2013/11/06/mort-d-un-homme-a-la-suite-d-un-tir-de-taser-le-doute-persiste-apres-l-autopsie_3509060_3224.html
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Détecteur_de_foudre
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/Field_mill.jpg
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Huairou_BMB_lightning_antennas.JPG
- <http://www.gizmodo.fr/wp-content/uploads/2013/05/nokia-lumia-925-1.jpg>
- http://cdn-newsdocti.ladmedia.fr/var/newsdoctissimo/storage/images/media/images/pacemaker_medtronic-jpg/317596-1-fre-FR/pacemaker_medtronic.jpg.jpg
- <http://us.123rf.com/400wm/400/400/fergregory/fergregory1201/fergregory120100023/12359967-benjamin-franklin-cerf-volant-dans-un-orage-electrique-dangereux.jpg>
- <http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/jpg/defibrillateur1.jpg>
- <http://dspt.perso.sfr.fr/LeydenJar02.jpg>
- <http://www.astrosurf.com/luxorion/Sciences/taser-m18l-advanced.jpg>
- <http://www.bombe-lacrymogene.fr/achat-matraque-electrique-taser-shocker/48-matraque-shocker-3500kv-paralyseur-electrique.html>
- <http://imageshack.us/photo/my-images/263/lictenvp0.gif/>
- <http://www.uest-france.fr/sites/default/files/styles/image-article-detail/public/2013/09/27/la-foudre-provoque-d-importants-degats-en-mayenne-la-nuit-derniere.jpg>
- <http://www.astrosurf.com/luxorion/Radio/beam-noaa.jpg>
- <http://www.culture-générale.fr/wp-content/uploads/satellite-wiki.jpg>
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Orage5-soft.jpg>
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Foudre.JPG>
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Jameswimshurst.jpg>
- <http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/dico/d/matiere-cage-faraday-3821/>
- <http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=1374>
- <http://secouchermoinsbete.fr/1726-la-cage-de-faraday-preserve-les-voitures-de-la-foudre>
- <http://la.climatologie.free.fr/orage/orage12.htm>