

<http://www-physique.u-strasbg.fr/>

Rubrique Cours en ligne local

Aller dans Licence de Physique et Applications
puis L₁ Option découverte (P.-A. HERVIEUX)

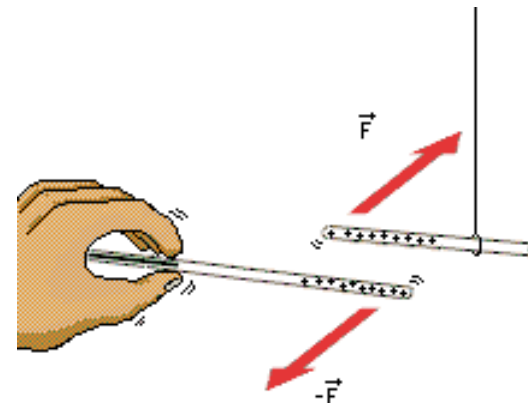
Petite histoire de
l'électricité, du magnétisme et de
l'électromagnétisme

- Cette branche de la Physique est tout à fait à part:
elle n'a pas de phénomènes (à l'exception de la foudre)
- < 1600 seulement ambre frotté...
- 1600-1800 une histoire comique
- 1800 le grand siècle de l'électricité

< 1600

Les phénomènes électrostatiques d'attraction et de répulsion, obtenus en frottant de l'ambre ou d'autres substances vitreuses, étaient connus dès la haute Antiquité. Ils sont notamment cités par les philosophes grecs **Thalès** (VIe siècle av. J.-C.) et **Théophraste** (IVe-IIIe siècle av. J.-C.).

Ambre en grec = électron
(ηλεκτρον)



< 1600

« Il y a des pierres qui attirent le fer »

Le phénomène du magnétisme est connu depuis l'Antiquité. Les Grecs, les Romains et les Chinois avaient remarqué que l'oxyde de fer magnétique, **la magnétite** (on en trouve en abondance dans une région qui s'appelle la Magnésie), avait la faculté d'attirer les objets contenant du fer. Ils avaient également constaté qu'un morceau de fer mis en contact avec la magnétite acquérait la même propriété.

Electricité et Magnétisme sont donc nés à peu près
au même endroit et au même moment



Magnésie

Vers le Xe siècle

boussole chinoise pour la navigation → navigateurs arabes → européens



boussole chinoise ancienne

(d'abord dans l'eau puis sur pivot en Italie vers 1450)



boussole moderne

Le Nord magnétique est différent
du Nord géographique:

(1900 km du pôle Nord)

William Gilbert (v. 1540-1603)



1600

1600: publication par le physicien anglais William **Gilbert** de la première analyse méthodique, sur l'électricité: *De Magnete magneticisque corporibus*

- Réflexions et expériences sur les aimants (comme le titre l'indique) mais aussi sur l'électrisation

-Médecin de la reine Elisabeth I (1533-1603)



Il constate que:

- Il n'y a pas que l'ambre qui ait la « vertu électrique »: la plupart des pierres précieuses, le verre, le soufre, le mastic, divers résines s'électrisent par frottement.

Ces corps sont les *idio-électriques*

- Il y a de nombreux corps incapables de s'électriser par frottement: *anélectriques*

cette classification semble naturelle mais ...

- les attractions magnétiques et électriques ne sont pas de même nature

Pour faire ses expériences il choisit un tube de verre frotté avec un chiffon de laine.

(ces instruments furent utilisés tout au long du XVII et XVIIIe siècle)

Toujours dans *De Magnete magneticisque corporibus*

William Gilbert invente un modèle...

Terrella: Terre en miniature taillée dans la magnétite et à la surface de laquelle une petite aiguille aimantée s'oriente
Toujours suivant le méridien.

- La Terre est un gigantesque aimant
- Premier modèle du magnétisme terrestre

En conclusion:

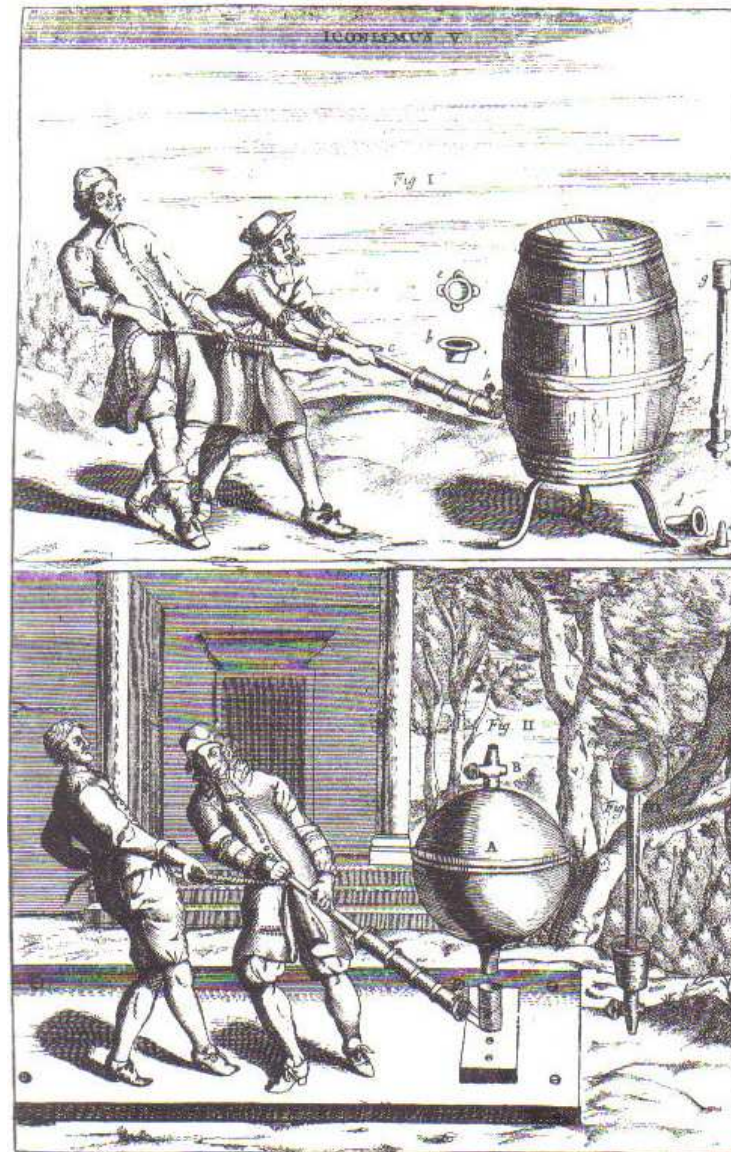
Il rend l'électrisation accessible à l'expérience
→ démarrage des « études électriques »

Otto von Guericke (1602-1686)

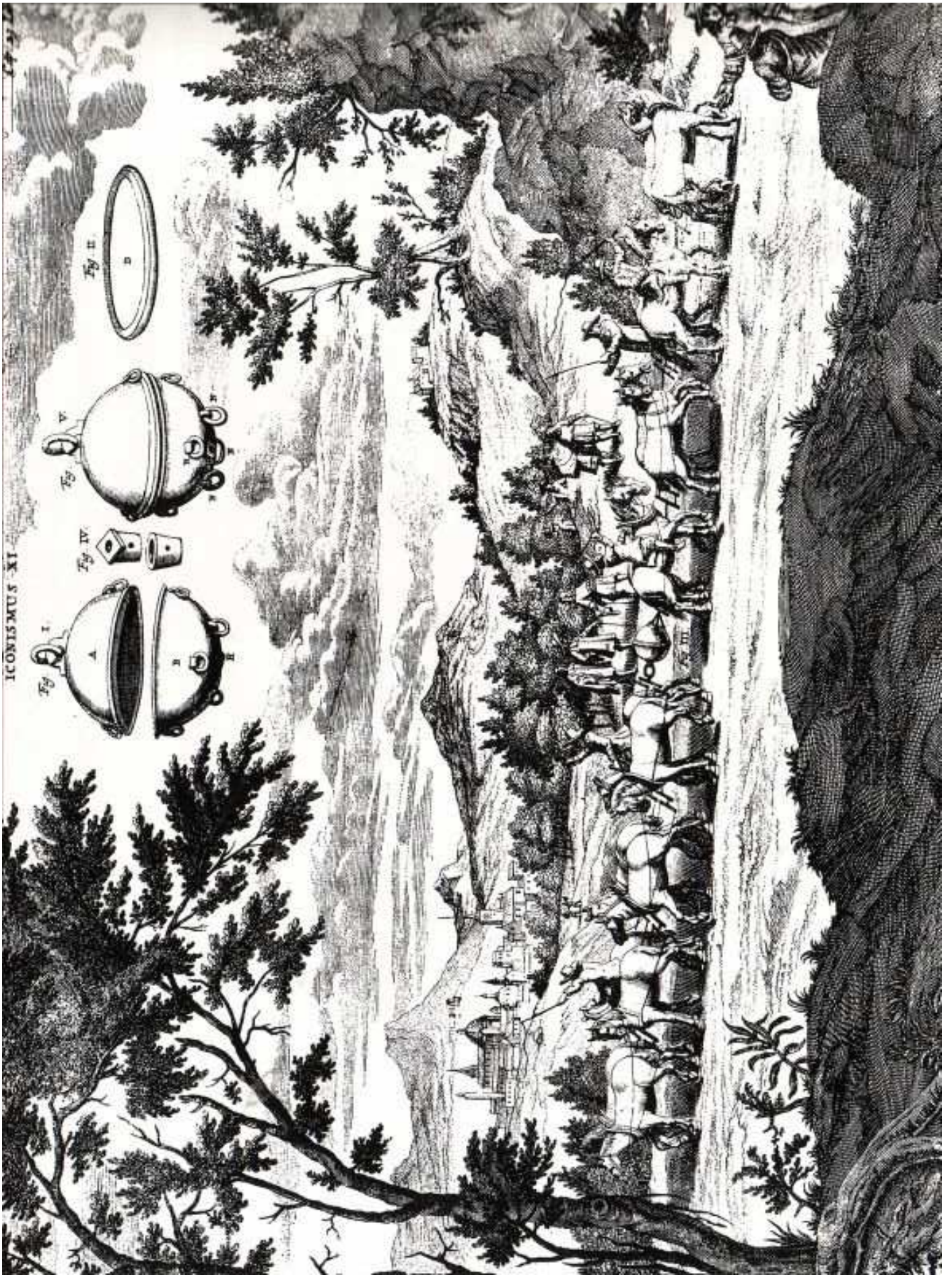


« les hémisphères de Magdeburg »

Huit chevaux...



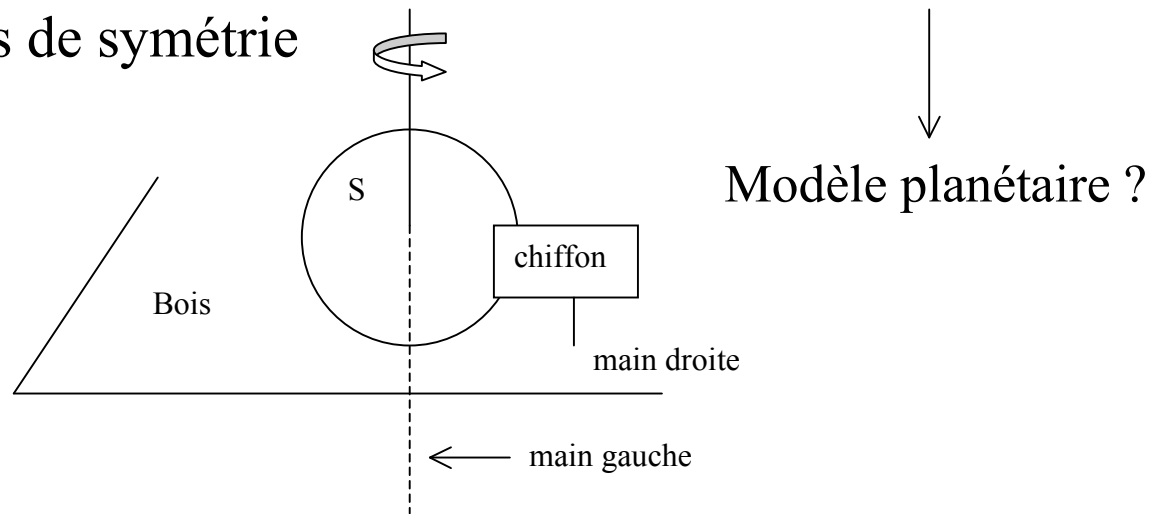
ICONIS MUS XI



Les machines électriques > 1600

Otto von Guericke (1602-1686) Bourgmestre de Magdeburg (100 km à l'Ouest de Berlin)

- En 1672 il mit au point la première machine produisant une charge électrique (machine électrostatique).
- Il choisit un morceau de soufre ??? (qualités incendiaires voire diaboliques, alchimiques*) en forme de globe qui tourne autour d'un de ses axes de symétrie



*D'après Paracelse (célèbre alchimiste du XVIe siècle), les corps composés sont constitués de sel, de soufre et de mercure, représentant respectivement la terre, l'air et l'eau.



Pour répéter l'expérience fondamentale de Gilbert, on prend un gros bâton de verre, de cire d'Espagne, de gomme laque ou de soufre; on le saisit d'une main par l'une de ses extrémités et on le frotte vivement dans toute sa longueur avec une étoffe de laine ou une peau de chat; on l'approche ensuite d'une table sur laquelle ont été déposés de la sciure de bois, des barbes de plumes ou en général des fragments déliés de corps légers, et on les voit s'envoler d'abord vers le cylindre frotté qui les attire, puis se disperser dans toutes les directions par l'effet d'une répulsion qui, après le contact, succède à l'attraction. Cette répulsion a été observée pour la première par Otto von Guericke (Experimenta Magdeburgica).

Quand, au lieu de présenter le bâton frotté à des corps légers, l'opérateur l'approche de sa joue sans la toucher, il éprouve un chatouillement comparable à celui que cause une toile d'araignée. Si le bâton a de grandes dimensions et qu'il ait été frotté pendant longtemps, ces impressions s'exagèrent; sent une série de picotements douloureux, on entend une suite de décrépitations, et l'on voit dans l'obscurité de nombreuses étincelles lumineuses éclater entre les organes et les parties du bâton qui les viennent approcher; après quoi ces parties ont perdu les propriétés qu'elles avaient reçu par le frottement et se retrouvent à leur état naturel.

Tous ces effets ont été observés pour la première fois par Otto von Guericke avec son globe de Soufre.

Conducteurs et isolants

1729 physicien anglais **stephen Gray**

Le bouchon prend la propriété d'attirer les corps légers toutes les fois que l'on frotte le tube de verre.

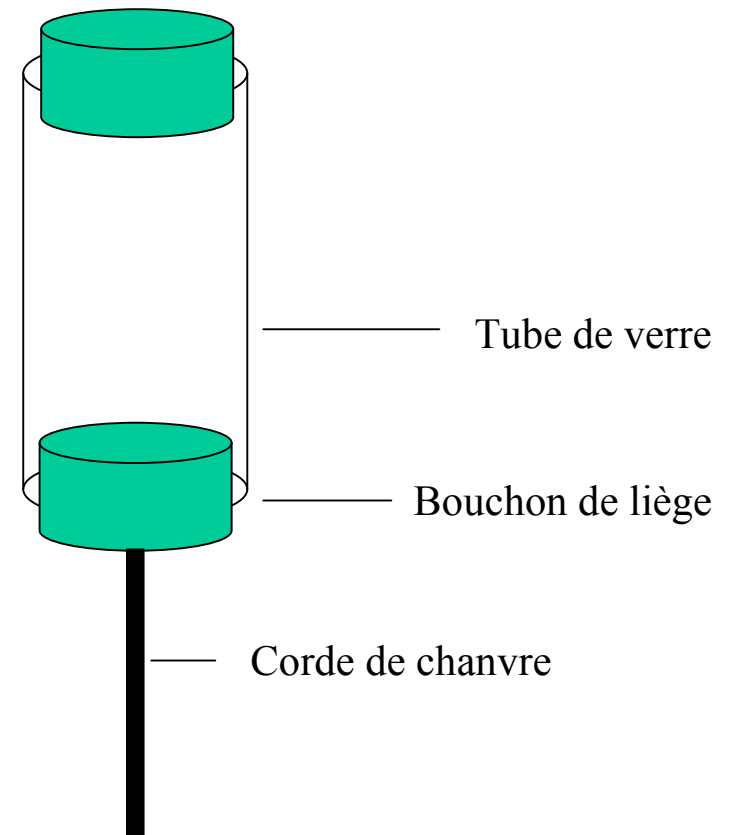
→ électrisation par influence

133 m de corde de chanvre accrochée au bouchon et soutenue par des rubans de soie accrochés au plafond. Il constate une action électrique sur toute l'étendue de la corde.

→ Le chanvre est *conducteur d'électricité*

D'après Gilbert:

- tube de verre: **idio-électrique**
- bouchon de liège: **anélectrique**



Conducteurs et isolants

CONDUCTEURS.	
Métaux.	Végétaux.
Charbon calciné.	Animaux.
Plombagine.	Flamme.
Acides.	Vapeur d'eau.
Solutions salines.	Air raréfié.
Minerais métalliques.	Verre pulvérisé.
Eau (<i>non distillée</i>).	Fleur de soufre.

ISOLANTS.	
Glace.	Soie.
Phosphore.	Diamant.
Chaux.	Mica.
Craie.	Verre.
Lycopode.	Jais.
Caoutchouc.	Cire.
Campêre.	Huiles fixes.
Marbre.	Essence de térébenthine
Porcelaine.	Sulfure de carbone.
Bois sec et chauffé.	Gutta-percha.
Air et gaz secs.	Soufre.
Papier sec.	Résines.
Plumes.	Ambre.
Cheveux, laine.	Gomme laque.

Jamin et Bouty
Cours de l'école polytechnique
(1881)

Première expérience impliquant
le corps humain !

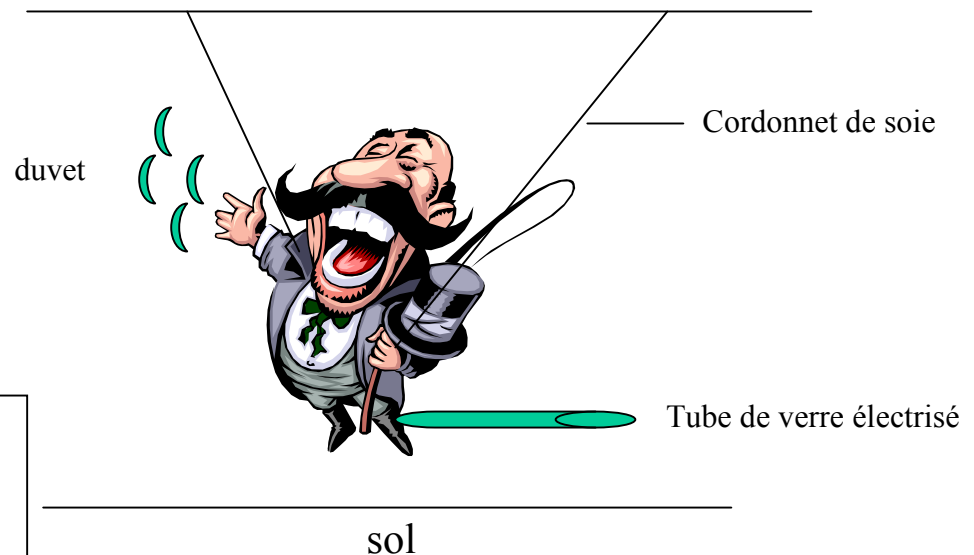
- Un des rubans de soie casse; il est remplacé par un fil de laiton...il n'y a plus d'attractions

→ La soie est un corps isolant

- Analogie avec un *fluide*

→ le « *fluide électrique* »

Concept important pour la suite de l'histoire



le « *fluide électrique* »

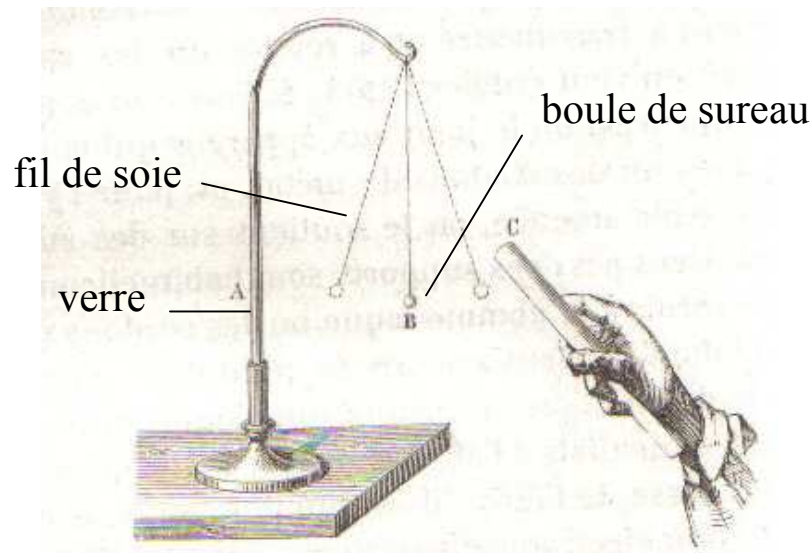
Une heureuse analogie permet de réunir entre eux les phénomènes observés par Gray et nous sera plus tard d'une grande utilité. Considérons le tube de verre frotté comme réservoir d'eau, la corde de chanvre comme un tuyau en communication avec ce réservoir et placé à un niveau inférieur. L'eau s'écoule dans ce tuyau et, pourvu que les parois en soient parfaitement étanches, ne se déverse pas au dehors; mais s'il y a quelque part une fissure, l'eau se répand et le réservoir ainsi que le tube se vident complètement. L'air qui environne la corde de chanvre, les fils de soie qui la soutiennent sont des substances isolantes et se comportent comme des parois étanches; mais le fil de laiton est conducteur et joue dans dans l'expérience de Gray le même rôle que la fissure dans les parois tube plein d'eau que nous avons imaginé.

Deux espèces d'électricité

Charles **Du Fay** (1698-1739), intendant du jardin roi (Louis XV)

- Il clarifie les expériences de Gray
- Il découvre qu'il existe deux types d'électricité:

vitreuse et résineuse



C: bâton de **verre** ou de **résine** frotté



- Première étincelle tirée d'un corps humain
(Assistant Abbé de Nollet)

il remonte jusqu'à l'observation faite par Guericke de la répulsion exercée par un corps chargé sur un corps initialement neutre qui est venu le toucher.

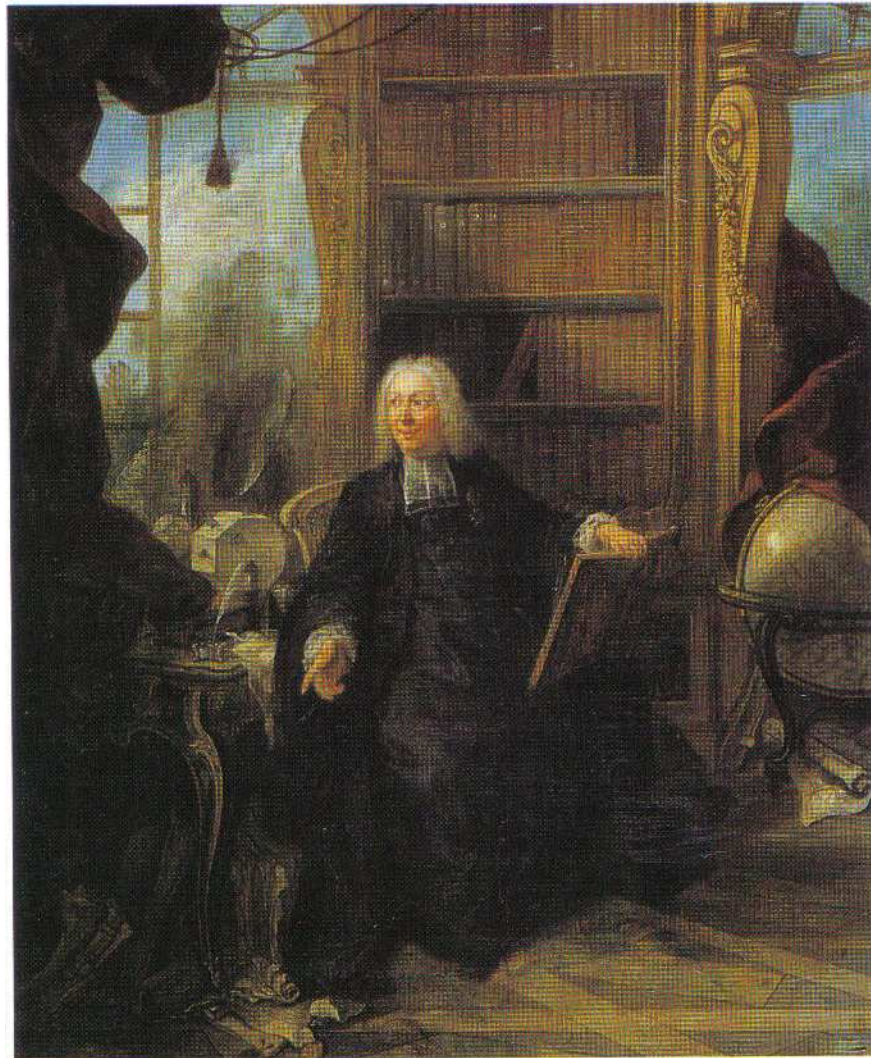
Du Fay pose en principe :

- **que les corps électrisés attirent ceux qui ne le sont pas ;**
- **qu'ils repoussent ceux qui sont venus s'électriser à leur contact.**

« Le hasard m'a présenté un autre principe plus universel et plus remarquable que le précédent, et qui jette un nouveau jour sur la matière de l'électricité.

Ce principe est qu'il y a deux sortes d'électricité fort différentes l'une de l'autre: l'une que j'appelle électricité vitrée, et l'autre électricité résineuse. La première est celle du verre, du cristal de roche, des pierres précieuses, du poil des animaux, de la laine, et de beaucoup d'autres-corps. La seconde est celle de l'ambre, de la gomme copale, de la gomme laque, de la soie, du fil, du papier, et d'un grand nombre d'autres substances.

Le caractère de ces deux électricités est de se repousser elles-mêmes, et de s'attirer l'une l'autre. Ainsi, un corps de l'électricité vitrée repousse tous les autres corps qui possèdent l'électricité vitrée, et au contraire il attire tous ceux de l'électricité résineuse. Les résineux pareillement repoussent les résineux, et attirent les vitrés. On peut aisément déduire de ce principe l'explication d'un grand nombre d'autres phénomènes, et il est probable que cette vérité nous conduira à la découverte de beaucoup d'autres choses. »



Abbé de Nollet







Leiden

Une expérience nouvelle mais terrible
ou vive les châtaignes !

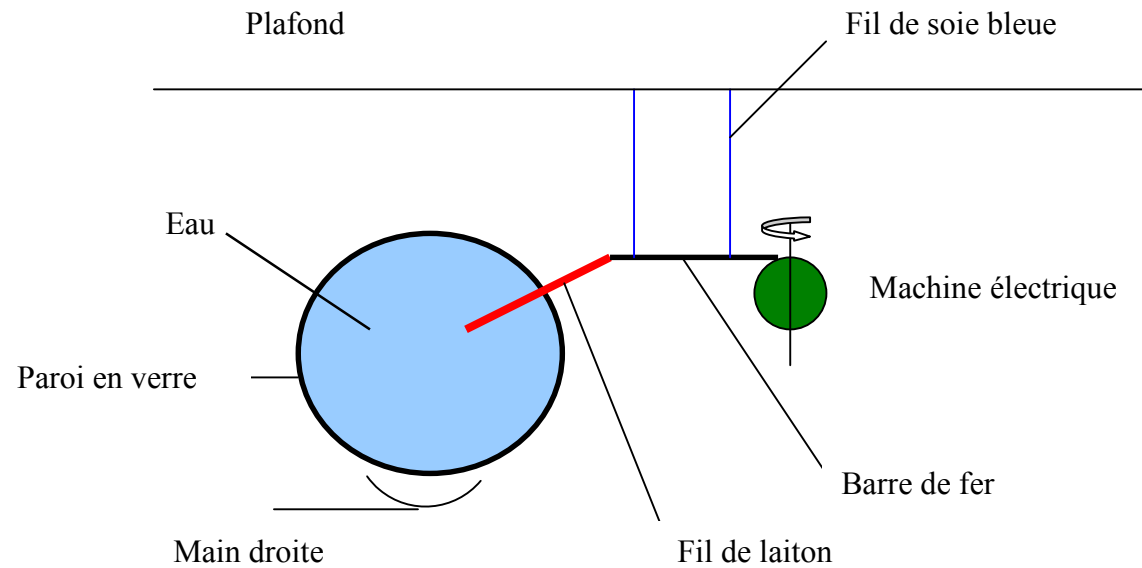
*Je veux vous communiquer
une expérience nouvelle, mais terrible,
que je ne conseille de ne point tenter
vous-même...*

premier condensateur électrique mis au point en 1745 à Leyde, aux Pays-Bas. Ce condensateur a été longtemps utilisé. Il est constitué d'une bouteille de verre recouverte extérieurement d'une feuille d'étain, correspondant à l'armature externe. L'armature interne est constituée de feuilles de clinquant (or, argent, etc.) reliées à une tige métallique, le tout placé dans la bouteille.



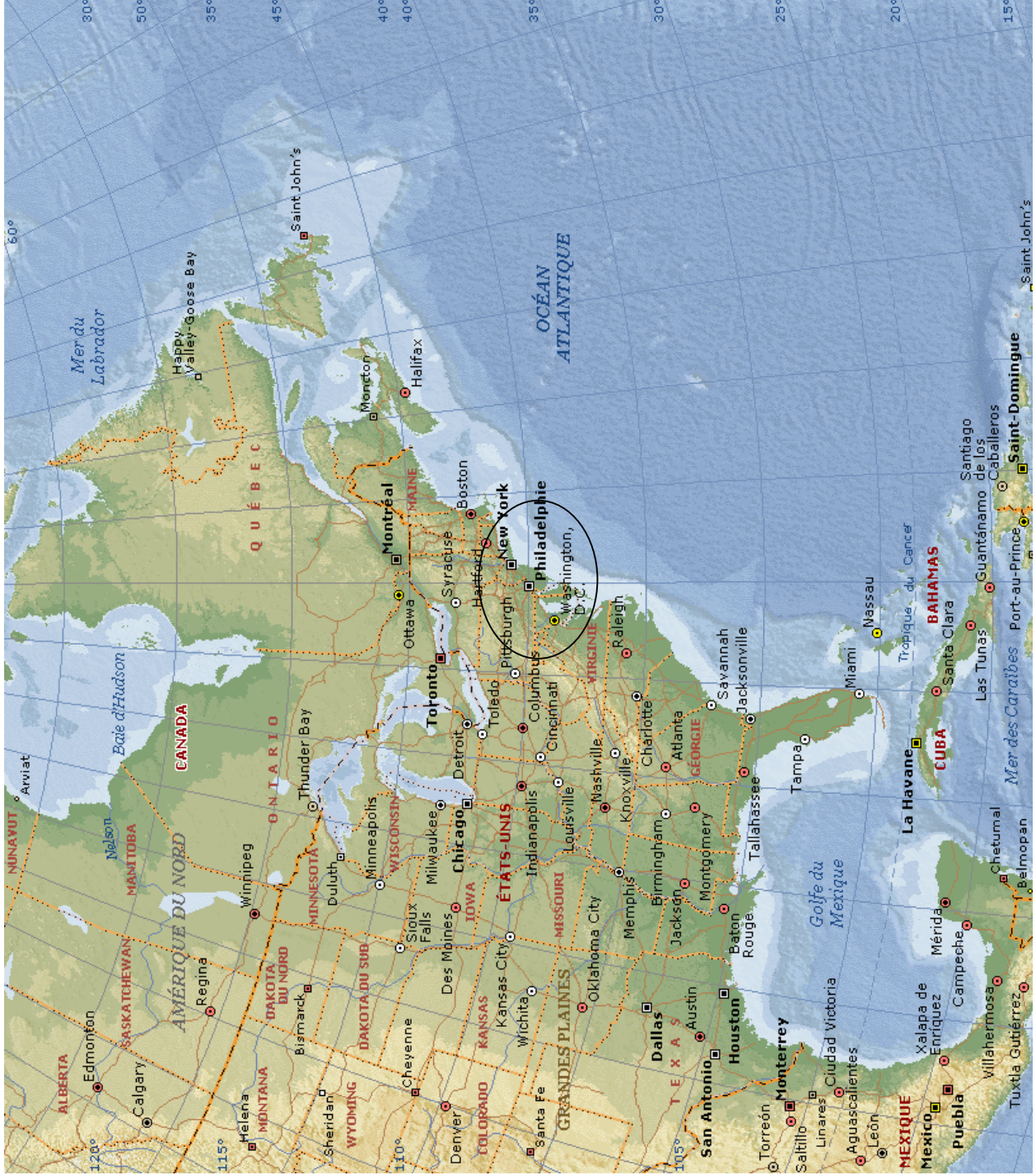
Bouteille de Leyde (1745)
Musschenbroek

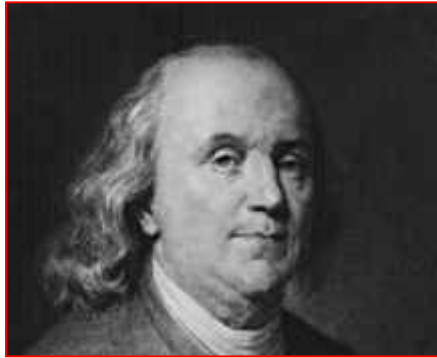
Il cherche comment on pourrait garder du fluide électrique sans qu'il se dissipe...



« Je ne suis pas près de recommencer même si on m'offre la couronne de France »

- L'abbé Nollet organise des « commotions en commun »

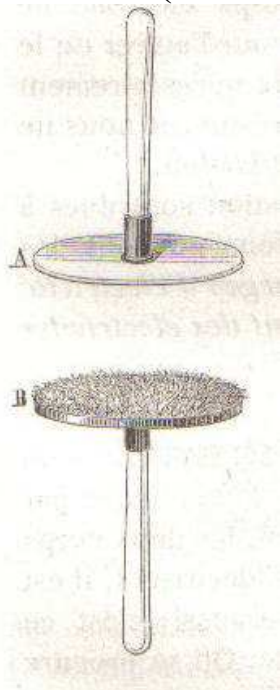




Ce fut aussi un homme politique qui joua un rôle déterminant dans la naissance des États-Unis.

Apport aussi bien théorique qu'expérimentale

Benjamin Franklin
(1706-1790)



- un fluide électrique unique
- première apparition du principe fondamental de *conservation de la charge*
- la charge électrique acquiert un caractère quantitatif

Lettres sur l'électricité: opinions et conjectures sur les propriétés et sur les effets de la matière électrique (1749) → diffusion de ses idées en Europe

...et en France grâce à **Buffon** (anglophile), naturaliste, successeur de Du Fay



- Identité de la décharge électrique et de la foudre*
- Il découvre le pouvoir des pointes
- Il invente le paratonnerre

Ces tiges forment un passage de faible résistance pour la foudre, et donc l'empêche de passer à travers la structure elle-même



- Exploration de l'électricité atmosphérique grâce à un cerf-volant

- **Buffon** en France découvre ses travaux première expérience à Marly le 10 mai 1752

- 1782: installation des premiers paratonnerres en France

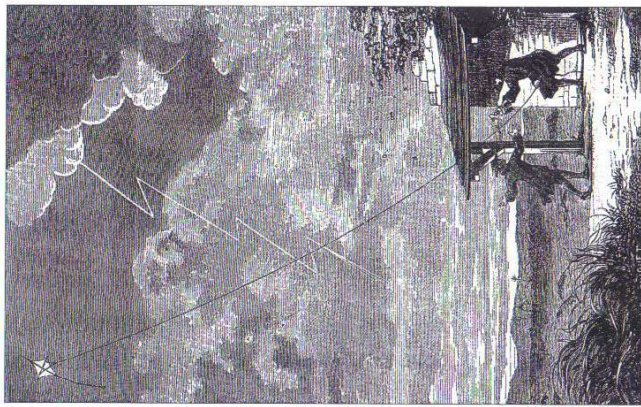
*En termes moderne: décharge d'un condensateur entre deux nuages ou un nuage et la Terre.

►1752 Le cerf-volant, la clef et le paratonnerre

Les mystères de l'électricité sont levés à la fois en Europe et aux États-Unis. Un homme y joue un rôle central : Benjamin Franklin.

Jean Audouze
est directeur de recherche
au CNRS.

« *La foudre est-elle de l'électricité venue du ciel ?* » se demande l'Américain Benjamin Franklin. Ayant remarqué que les pointes métalliques concentrent les charges électriques, il conçoit une expérience qui va répondre à la question. « Sur le



BENJAMIN FRANKLIN était seulément accompagné de son fils lorsqu'il réalisa son expérience sur la nature électrique de la foudre. Il redoutait le ridicule d'une expérience ratée.

sommet d'une tour ou d'un clocher, placez une guêrte [à l'intérieur de laquelle] un tabouret [...] est relié à une verge métallique, qui passe en se courbant hors de la porte, et de là se relève perpendiculairement à la hauteur de 20 ou 30 pieds et se termine en une pointe fort aiguë [...] ». écrit-il en 1750, après quatre autres lettres traitant de la nature de l'électricité, au physicien anglais Peter Collinson, membre de la Royal Society. L'année suivante, Collinson, pressentant l'importance des apports de Franklin, publie les cinq lettres. En France, Buffon en obtient un exemplaire. Il demande au naturaliste Thomas F. Dalibard de les traduire en français et de réaliser l'expérience proposée par Franklin. C'est le cas le 10 mai 1752, lors d'un orage survenu au-dessus de Marly-la-

Ville. Grâce à une tige métallique verticale longue de quarante pieds, un menuisier du nom de Coiffier, agissant sur instruction de Dalibard, capture l'électricité d'un éclair dans la « boîte sentinelle », un dispositif conçu pour collecter les charges électriques. Dalibard remet trois jours plus tard son rapport à l'Académie des sciences de Paris, qui attribue la paternité de la découverte à Franklin.

Mais Franklin n'en a pas connaissance. De son côté, il a une autre idée pour s'approcher un peu plus près des nuages. Plutôt que de placer une guêrte sur un toit de Philadelphie, il conçoit un cerf-volant en soie, muni d'une pointe et tenu par une corde constituée d'abord de chanvre, puis de soie. À la jonction des deux matériaux, il installe une clef métallique qui s'électrifiera au contact d'un éclair. En juin 1752, l'orage se présente. Il part, seul avec son fils William, afin de ne pas se prêter au ridicule d'une expérience ratée. Alors que l'orage gronde, il voit les brins de chanvre s'écarter. Il met alors le doigt sur la clef et fait jaillir l'étincelle.

Sécurité des citoyens

Partout en Europe, les esprits se passionnent pour l'expérience. Chacun veut observer le « pouvoir des pointes métalliques » lors des orages. En France, Jacques de Romas lance des cerfs-volants, en Italie, le père Beccaria reprend l'expérience initiale, de même en Russie, où le professeur Richman ne prend pas assez de précautions et meurt électrocuté. L'abbé Nollet, jaloux du succès des expériences de Franklin, essaie de tirer avantage de cet accident pour jeter le discrédit sur ces travaux et leur auteur.

Et pourtant Franklin, soucieux de sécurité, avait prévu de l'attention à porter à l'isolation de l'expérimentateur. Même si ses travaux sur l'électricité sont plutôt d'ordre fondamental (nature de l'électricité, concept des charges électriques, différence entre isolants et conducteurs), il cherche avant tout à protéger la population des méfaits de la foudre. C'est pourquoi ses études le conduisent à mettre au point son paratonnerre. Il en décrit le prototype en 1753 dans *L'Almanach du baronnet Richard*, publication annuelle qu'il assurait depuis 1752. Il installe, sur le toit de sa maison, un long barreau isolé et relié à deux sommets qui viennent à tinter lorsque le barreau reçoit une décharge induite par un éclair. Les premiers exemplaires sont loin d'être parfaits, mais dix ans plus tard ses paratonnerres parviennent à protéger toutes les habitations, y compris des orages les plus forts. ■ J. A.

POUR EN SAVOIR PLUS

- *Moi, Benjamin Franklin, citoyen du monde, homme des Lumières*. Autobiographie et textes de Benjamin Franklin réunis et commentés par Jean Audouze. Dunod, 2006.
- Christian Bouquessneau, *Doit-on craindre la foudre ?*. EDP-Sciences, 2006.

■ **Moi, Benjamin Franklin, citoyen du monde, homme des Lumières. Autobiographie et textes de Benjamin Franklin réunis et commentés par Jean Audouze. Dunod, 2006.**



Corde de chanvre humide

Sonneur foudroyé.

« Toutes les fois que des niais sonnent des cloches pour protéger un canton contre la foudre, ils acquièrent incontestablement le droit de croire que c'est à ce bruit incommode qu'ils ont dû le salut du pays. Si la foudre ne tombe pas dans le voisinage, c'est aux cloches et à ceux qui les ont mises en branle que la reconnaissance publique ira s'adresser. On peut même ajouter, si la foudre tombe par hasard, que les sacristains n'ont pas sonné assez fort. Leur foi n'étant pas assez grande, la faute en est à la philosophie ! » W. de Fonvielle (1874)