Parcours pédagogique du site *Ampère et l'histoire de l'électricité* (http://www.ampere.cnrs.fr/)

Synopsis de la vidéo *Coulomb invente une balance pour l'électricité*

Séquence filmée
Ceci est une balance !
Cela ne saute pourtant pas aux yeux. A quoi a donc servi cet instrument qui a marqué l'histoire de l'électricité ?

Portrait de Coulomb
Le lieutenant du Génie Charles-Augustin Coulomb l'a imaginé, non pas pour peser des objets, mais pour effectuer les premières mesures de forces électriques.

Frontispice des Mémoires de l'Académie royale des sciences ; première page du Mémoire de Coulomb
En 1785 il affirme, à l'Académie des sciences, avoir déduit de ces mesures la loi fondamentale de l'électricité. Cette loi mathématique, identique à celle de la gravitation, faisait ainsi accéder l'électricité, jusque-là qualitative, au statut de science mathématique.
Retour sur le portrait, planche du Mémoire de Coulomb
Depuis, la balance de Coulomb symbolise en physique l'alliance entre expérimentation de précision et mathématiques.

Séquences filmées
Quel est le principe de l'expérience ? La force électrique s'exerçant entre deux petites boules est opposée à la force de torsion d'un long fil métallique, protégé de tout courant d'air par deux cylindres de verre. Lorsque les oscillations cessent, la force de rappel due à la torsion du fil contrebalance la répulsion électrique.
(gros plan sur les oscillations presque arrêtées)
Le fil est alors tordu d'un angle proportionnel à la force de torsion. Grâce à cette propriété des fils métalliques que Coulomb avait étudiée l'année précédente, il affirme pouvoir mesurer des forces comparables au poids d'un objet d'un millionième de gramme !

Pages de livres de physique du XIXe siècle (gravures)
Tout au long du XIXe siècle, et même au-delà, l'instrument est minutieusement décrit dans les manuels français et figure en bonne place dans tous les cabinets de physique de lycées. Il symbolise l'électricité "à la française".

Séquences filmées
Comment est faite cette balance ?

Une petite boule dorée est fixée à un bout d'une tige horizontale isolante.
(schéma de l'aiguille mobile)
A l'autre extrémité, se trouve une lame qui lui fait contrepoids et qui amortit les oscillations.

Cette tige est suspendue à l'extrémité inférieure d'un fil métallique très fin.

L'extrémité supérieure du fil est fixée à un bouton mobile.

Un index métallique et une graduation permettent de mesurer la rotation de ce bouton.

Le cylindre de verre, qui protège ce dispositif très sensible, porte également une bande de papier graduée permettant de mesurer l'angle de rotation de la tige mobile.
(en surimpression, la planche du Mémoire de Coulomb)
Enfin un deuxième corps métallisé, fixé à une tige de verre, peut être introduit dans le cylindre de sorte qu'il arrive juste au contact de la boule mobile lorsque cette dernière est au repos.

La torsion du fil est alors nulle.

Séquences filmées :
En quoi consiste l'expérience ?
On charge le corps métallisé et on l'introduit dans le cylindre. A son contact, la boule mobile acquiert une charge de même signe. Elle est repoussée, ce qui provoque la torsion du fil.
L'aiguille effectue plusieurs oscillations, amorties par la résistance de l'air sur la lame verticale, avant d'atteindre sa position d'équilibre.
La torsion du fil équilibre alors exactement la force de répulsion électrique.
On mesure l'angle de torsion du fil sur la bande de papier entourant la cage de verre.

Pour faire varier la distance entre les deux corps électrisés et la diminuer par exemple de moitié, tordons davantage le fil à l'aide du bouton supérieur.
La distance entre les deux boules électrisées ayant ainsi varié, comment a varié l'angle de torsion qui mesure la force électrique ?

Pages du Mémoire de Coulomb
Les résultats des trois seules expériences rapportées par Coulomb dans son mémoire sont excellents ! Pour diviser par deux la distance entre les boules, il a dû quadrupler l'angle de torsion. La force électrique de répulsion, proportionnelle à cet angle de torsion, est donc également quadruplée.
On en déduit que la force électrique est inversement proportionnelle au carré des distances entre les charges.
Avec un autre procédé, Coulomb montre que cette loi est également valable pour les attractions électriques.

Schéma
C'est la loi enseignée depuis sous le nom de "loi de Coulomb".

Retour à la séquence filmée des oscillations
Notre expérience est loin de donner un aussi bon résultat. L'expérience serait-elle plus délicate que ne le dit Coulomb ?
Les oscillations durent plusieurs minutes. Pendant ce temps, les corps électrisés perdent une partie de leur électricité, par l'air ou par les tiges de verre, surtout si le temps est humide.
On pourrait citer bien d'autres causes perturbatrices.

Retour sur la planche du Mémoire
Si les résultats annoncés par Coulomb sont en si bon accord avec la loi de l'inverse carré, on peut penser que, parmi de nombreuses mesures, il a sélectionné celles qui confirmaient l'hypothèse préalable d'une loi…

Le système solaire (gravure)
… analogue à la loi de Newton pour la gravitation universelle.
Mais par la suite il a obtenu, avec cette balance, de nombreux autres résultats expérimentaux qui, eux, n'étaient alors prédits par aucune théorie.

Générique

Septembre 2007