

**PREMIER MÉMOIRE**  
SUR  
**L'ÉLECTRICITÉ ET LE MAGNÉTISME.**

Par M. COULOMB.

*Construction & usage d'une Balance électrique, fondée sur la propriété qu'ont les Fils de métal, d'avoir une force de réaction de Torsion proportionnelle à l'angle de Torsion.*

*Détermination expérimentale de la loi suivant laquelle les élémens des Corps électrisés du même genre d'Électricité, se repoussent mutuellement.*

**D**ANS un Mémoire donné à l'Académie, en 1784, j'ai déterminé, d'après l'expérience, les loix de la force de torsion d'un fil de métal, & j'ai trouvé que cette force étoit, en railon composée de l'angle de torsion, de la quatrième puissance du diamètre du fil de suspension & de l'inverse de sa longueur, en multipliant le tout par un coefficient constant qui dépend de la nature du métal, & qui est facile à déterminer par l'expérience.

J'ai fait voir dans le même Mémoire, qu'au moyen de cette force de torsion, il étoit possible de mesurer avec précision des forces très-peu considérables, comme, par exemple, un dix millième de grain. J'ai donné dans le même Mémoire une première application de cette théorie, en cherchant à évaluer la force constante attribuée à l'adhérence dans la formule qui exprime le frottement de la surface d'un corps solide en mouvement dans un fluide.

Je mets aujourd'hui sous les yeux de l'Académie, une balance électrique construite d'après les mêmes principes;

*Mém. 1785.*

Cccc

elle mesure avec la plus grande exactitude l'état & la force électrique d'un corps, quelque foible que soit le degré d'électricité.

*Construction de la Balance.*

Quoique la pratique m'ait appris que, pour exécuter d'une manière commode plusieurs expériences électriques, il faut corriger quelques défauts dans la première balance de ce genre que j'ai fait faire; cependant, comme c'est jusqu'ici la seule dont je me sois servi, j'en vais donner la description, en avertissant que la forme & la grandeur peuvent & doivent être variées suivant la nature des expériences que l'on a dessein de faire. La figure première représente en perspective cette balance, dont voici le détail.

Sur un cylindre de verre *ABCD*, de 12 pouces de diamètre & de 12 pouces de hauteur, l'on place un plateau de verre de 13 pouces de diamètre, qui recouvre en entier le vaisseau de verre; ce plateau est percé de deux trous de 20 lignes à peu-près de diamètre, l'un au milieu, en *f*, sur lequel s'élève un tuyau de verre de 24 pouces de hauteur; ce tuyau est cimenté sur le trou *f*, avec le ciment en usage dans les appareils électriques: à l'extrémité supérieure du tuyau en *h*, est placé un micromètre de torsion que l'on voit en détail à la figure 2. La partie supérieure, n.° 1, porte le bouton *b*, l'index *io*, & la pince de suspension *q*; cette pièce entre dans le trou *G* de la pièce n.° 2; cette pièce, n.° 2 est formée d'un cercle *ab* divisé sur son champ en 360 degrés, & d'un tuyau de cuivre  $\Phi$  qui entre dans le tuyau *H*, n.° 3, soudé à l'intérieur de l'extrémité supérieure du tuyau ou de la tige *fh* de verre de la figure 1.<sup>re</sup>. La pince *q*, figure 2, n.° 1, a à peu-près la forme de l'extrémité d'un porte-crayon solide, qui peut se serrer au moyen de l'anneau *q*; c'est dans la pince de ce porte-crayon, qu'est saisie l'extrémité d'un fil d'argent très-fin; l'autre extrémité du fil d'argent est saisie (fig. 3), en *P*, par la pince d'un cylindre *Po* de cuivre ou de fer,

dont le diamètre n'a guère qu'une ligne, & dont l'extrémité  $P$  est fendue, & forme une pince qui se serre par le moyen du coulant  $\Phi$ . Ce petit cylindre est renté & percé en  $C$ , pour y faire glisser (*fig. 1*) l'aiguille  $ag$ : il faut que le poids de ce petit cylindre soit assez considérable pour tendre le fil d'argent sans le rompre. L'aiguille que l'on voit (*fig. 1*) en  $ag$ , suspendue horizontalement à la moitié à peu-près de la hauteur du grand vase qui la renferme, est formée, ou d'un fil de soie enduit de cire d'Espagne, ou d'une paille également enduite de cire d'Espagne, & terminée depuis  $g$  jusqu'en  $a$ , sur 18 lignes de longueur, par un fil cylindrique de gomme-laque: à l'extrémité  $a$  de cette aiguille, est une petite balle de fureau de deux à trois lignes de diamètre; en  $g$ , est un petit plan vertical de papier passé à la térébenthine, qui sert de contre-poids à la balle  $a$ , & qui ralentit les oscillations.

Nous avons dit que le couvercle  $AC$  étoit percé d'un second trou en  $m$ ; c'est dans ce second trou que l'on introduit un petit cylindre  $m\Phi t$ , dont la partie inférieure  $\Phi t$  est de gomme-laque; en  $t$ , est une balle également de fureau; autour du vase, à la hauteur de l'aiguille, l'on décrit un cercle  $\zeta Q$  divisé en 360 degrés: pour plus de simplicité, je me sers d'une bande de papier divisée en 360 degrés, que je colle autour du vase, à la hauteur de l'aiguille.

Pour commencer à opérer avec cet instrument, je fais à peu-près, en plaçant le couvercle, répondre le trou  $m$  à la première division, ou au point  $o$  du cercle  $\zeta o q$  tracé sur le vase. Je place l'index  $oi$  du micromètre sur le point  $o$  ou la première division de ce micromètre; je fais ensuite tourner tout le micromètre dans le tube vertical  $fh$ , jusqu'à ce qu'en regardant par le fil vertical qui suspend l'aiguille, & le centre de la balle, l'aiguille  $ag$  se trouve répondre à la première division du cercle  $\zeta o q$ . J'introduis ensuite par le trou  $m$  l'autre balle  $t$  suspendue au fil  $m\Phi t$ , de manière qu'elle touche la balle  $a$ , & qu'en regardant par le centre

du fil de suspension & la balle *t*, l'on rencontre la première division *o* du cercle *z o q*. La balance est actuellement en état de se prêter à toutes les opérations; nous allons en donner pour exemple, le moyen dont nous nous sommes servi pour déterminer la loi fondamentale suivant laquelle les corps électrisés se repoussent.

*Loi fondamentale de l'Électricité.*

*La force répulsive de deux petits globes électrisés de la même nature d'électricité, est en raison inverse du carré de la distance du centre des deux globes.*

E X P É R I E N C E.

L'on électrise, *fig. 4*, un petit conducteur, qui n'est autre chose, qu'une épingle à grosse tête, qui se trouve isolée en enfonçant sa pointe dans l'extrémité d'un bâton de cire d'Espagne; l'on introduit cette épingle dans le trou *m*, & on lui fait toucher la balle *t*, en contact avec la balle *a*: en retirant l'épingle, les deux balles se trouvent électrisées de la même nature d'électricité, & elles se chassent mutuellement, à une distance que l'on mesure, en regardant par le fil de suspension & le centre de la balle *a*, la division correspondante du cercle *z o q*: tournant ensuite l'index du micromètre dans le sens, *p n o*, l'on tord le fil de suspension *lp*, & l'on produit une force proportionnelle à l'angle de torsion, qui tend à rapprocher la balle *a* de la balle *t*. L'on observe, par ce moyen, la distance à laquelle différens angles de torsion ramènent la balle *a* vers la balle *t*, & en comparant les forces de torsions avec les distances correspondantes des deux balles, l'on détermine la loi de répulsion.

Je présenterai seulement ici, quelques essais qui sont faciles à répéter, & qui mettront tout de suite sous les yeux, la loi de la répulsion.

*Premier Essai.* Ayant électrisé les deux balles avec la

tête d'épingle, l'index du micromètre répondant à  $o$ , la balle  $a$  de l'aiguille s'est éloignée de la balle  $t$  de 36 degrés.

*Deuxième Essai.* Ayant tordu le fil de suspension, au moyen du bouton  $o$  du micromètre de 126 degrés, les deux balles se sont rapprochées & arrêtées à 18 degrés de distance l'une de l'autre.

*Troisième Essai.* Ayant tordu le fil de suspension de 567 degrés, les deux balles se sont rapprochées à 8 degrés & demi.

*Explication & résultat de cette expérience.*

Lorsque les balles ne sont pas encore électrisées, elles se touchent, & le centre de la balle  $a$ , suspendue à l'aiguille, n'est éloigné du point où la torsion du fil de suspension est nulle, que de la moitié des diamètres de deux balles. Il faut être averti que le fil d'argent  $lp$ , qui formoit la suspension, avoit 28 pouces de longueur, & ce fil étoit si fin, que le pied de longueur de ce fil ne pesoit que  $\frac{1}{16}$  de grains. En calculant la force qu'il falloit pour tordre ce fil, en agissant au point  $a$ , éloigné de quatre pouces du fil  $lp$  ou du centre de suspension, j'ai trouvé, par les formules expliquées dans un Mémoire sur les loix de la force de torsion des fils de métal, imprimé dans le volume de l'Académie pour 1784, que pour tordre ce fil de 360 degrés, il ne falloit employer au point  $a$ , en agissant avec le levier  $an$ , de quatre pouces de longueur, qu'une force de  $\frac{1}{340}$  de grains: ainsi comme les forces de torsion sont, comme il est prouvé dans ce Mémoire, comme les angles de torsion, la moindre force répulsive entre les deux balles, les éloignoit sensiblement l'une de l'autre.

Nous trouvons dans notre première expérience, où l'index du micromètre est sur le point  $o$ , que les balles sont éloignées de 36 degrés, ce qui produit en même temps une force de torsion de  $36^d = \frac{1}{3400}$  de grain; dans le

second essai, la distance des balles est de 18 degrés, mais comme l'on a tordu le micromètre de 126 degrés, il en résulte qu'à une distance de 18 degrés, la force répulsive étoit 144 degrés: ainsi à la moitié de la première distance, la répulsion des balles est quadruple.

Dans le troisième essai, l'on a tordu le fil de suspension de 567 degrés, & les deux balles ne se trouvent plus éloignées que de 8 degrés & demi. La torsion totale, étoit par conséquent, 576 degrés, quadruple de celle du deuxième essai, & il ne s'en falloit que d'un demi-degré que la distance des deux balles dans ce troisième essai, ne fut réduite à la moitié de celle où elle étoit au deuxième. Il résulte donc de ces trois essais, que l'action répulsive que les deux balles électrisées de la même nature d'électricité exercent l'une sur l'autre, suit la raison inverse du carré des distances.

*Première Remarque.*

En répétant l'expérience qui précède, l'on observera, qu'en se servant d'un fil d'argent, aussi fin que celui que nous avons employé, qui ne donne pour la force de torsion d'un angle de 5 degrés, qu'un 24 millième de grain, à peu-près, quelque calme que soit l'air, & quelques précautions que l'on prenne, l'on ne pourra répondre de la position naturelle de l'aiguille, lorsque la torsion est nulle, qu'à 2 ou 3 degrés près. Ainsi, pour avoir un premier essai à comparer avec les suivans, il faut, après avoir électrisé les deux balles, tordre le fil de suspension de 30 à 40 degrés, ce qui réuni à la distance des deux balles observées, donnera une force de torsion assez considérable, pour que les 2 ou 3 degrés d'incertitude dans la première position de l'aiguille, lorsque la torsion est nulle, ne produisent pas dans les résultats une erreur sensible. Il faut d'ailleurs être averti, que le fil d'argent, dont je me suis servi dans cette expérience, est si fin, qu'il casse au moindre ébranlement: j'ai trouvé dans la suite, qu'il étoit plus com-

mode d'employer dans les expériences un fil de suspension d'un diamètre presque double, quoique sa flexibilité de torsion fût de quatorze à quinze fois moins grande que celle du premier. Il faut avoir soin, avant de faire usage de ce fil d'argent, de le tenir pendant deux ou trois jours tendu par un poids qui soit à peu-près la moitié de celui qu'il peut porter sans se rompre; il faut encore avertir, qu'en employant ce dernier fil d'argent, il ne faut jamais le tordre au-delà de 300 degrés, parce que passé ce terme de torsion, il commence à s'écrouir, & ne réagit plus, ainsi que nous l'avons prouvé dans le Mémoire déjà cité, imprimé en 1784, qu'avec une force moindre que l'angle de torsion.

*Deuxième Remarque.*

L'électricité des deux balles diminue un peu pendant le temps que dure l'expérience; j'ai éprouvé que, le jour où j'ai fait les essais qui précèdent, les balles électrisées se trouvant par leur répulsion à 30 degrés de distance l'une de l'autre, sous un angle de torsion de 50 degrés, elles se sont rapprochées d'un degré dans trois minutes; mais comme je n'ai employé que deux minutes à faire les trois essais qui précèdent, l'on peut, dans ces expériences, négliger l'erreur qui résulte de la perte de l'électricité. Si l'on desire une plus grande précision, où lorsque l'air est humide, & que l'électricité se perd rapidement, l'on doit, par une première observation, déterminer la doit ou la diminution de l'action électrique des deux balles dans chaque minute, & se servir ensuite de cette première observation, pour corriger les résultats des expériences que l'on voudra faire ce jour-là.

*Troisième Remarque.*

La distance des deux balles, lorsqu'elles sont éloignées l'une de l'autre par leur action répulsive réciproque, n'est pas précisément mesurée par l'angle qu'elles forment, mais par la corde de l'arc qui joint leur centre; de

même que le levier à l'extrémité duquel s'exerce l'action, n'est pas mesuré par la moitié de la longueur de l'aiguille, ou par le rayon, mais par le cosinus de la moitié de l'angle formé par la distance des deux balles; ces deux quantités, dont l'une est plus petite que l'arc, & diminue par conséquent la distance mesurée par cet arc, dans le temps que l'autre diminue le levier, se compensent en quelque façon; & dans les expériences du genre de celles dont nous sommes occupés, l'on peut sans erreur sensible, s'en tenir à l'évaluation que nous avons donnée, si la distance des deux balles ne passe pas 25 à 30 degrés; dans les autres cas, il faut en faire le calcul rigoureusement.

*Quatrième Remarque.*

Comme l'expérience prouve, que dans une chambre bien fermée, l'on peut déterminer avec le premier fil d'argent à 2 ou 3 degrés près, la position de l'aiguille, quand la torsion est nulle, ce qui donne, d'après le calcul des forces de torsion, proportionnelles à l'angle de torsion, une force tout au plus d'un quarante millième de grains, les plus foibles degrés de l'électricité se mesureront facilement avec cette balance. Pour cette opération, l'on fait passer, *fig. 5*, à travers un bouchon de cire d'Espagne, un petit fil de cuivre *cd*, terminé en *c* par un crochet, & en *d*, par une petite balle de sureau dorée, & l'on met le bouchon *A* dans le trou *m* de la balance *fig. 1*, de manière que le centre de la balle *d*, vue par le fil de suspension, répond au point *o* du cercle *z o q*; en approchant ensuite un corps électrisé du crochet *c*, quelque foible que soit l'électricité de ce corps, la balle *a* se séparant de la balle *d*, donne des signes de l'électricité, & la distance des deux balles en mesure la force, d'après le principe de la raison inverse du carré des distances.

Mais je dois prévenir que, depuis ces premières expériences, j'ai fait exécuter différens petits électromètres, d'après



d'après les mêmes principes de la force de torsion, en me servant pour le fil de suspension, d'un fil de soie, tel qu'il sort du cocon, ou d'un poil de chèvre d'Angora. Un de ces électromètres qui a à peu-près la même forme que la balance électrique, décrite dans ce Mémoire, est beaucoup plus petit; il n'a que 5 à 6 pouces de diamètre, une tige d'un pouce; l'aiguille est un petit fil de gomme-laque de 12 lignes de longueur, terminé en *a* par un petit cercle très-léger de clinquant. L'aiguille & le clinquant pèsent à peu-près un quart de grain; le fil de suspension, tel qu'il sort du cocon, ayant 4 pouces de longueur, a une flexibilité telle, qu'en agissant avec un bras de levier d'un pouce, il ne faut qu'un soixante millième de grain pour le tordre d'un cercle entier ou de 360 degrés: en présentant dans cet électromètre au crochet *C* de la *figure 5*, un bâton ordinaire de cire d'Espagne, électrisé par frottement à 3 pieds de distance de ce crochet, l'aiguille est chassée à plus de 90 degrés. Nous décrirons plus en détail dans la suite cet électromètre, lorsque nous voudrons déterminer la nature & le degré d'électricité de différens corps, qui en frottant l'un contre l'autre, prennent un degré d'électricité très-foible.

