

# L'expérience de Millikan

**Consigne** individuel puis mise en commun en petit groupe (1 heure)

**L'objectif de Millikan** est de déterminer la valeur de la charge électrique élémentaire (donc celle de l'électron dont l'existence est alors supposée). **Le protocole expérimental** (simplifié) est décrit au document [millikan-1.pdf] (informations complémentaires : [millikan-2.pdf]).

**L'objectif peut-il être atteint ?**

## Méthodes d'exploitation des mesures

**Forces impliquées :**

Le poids :  $P = m g = 4/3 \pi a^3 \sigma g$  (la goutte est sphérique de rayon  $a$  ;  $\sigma$  : masse volumique de l'huile) ;

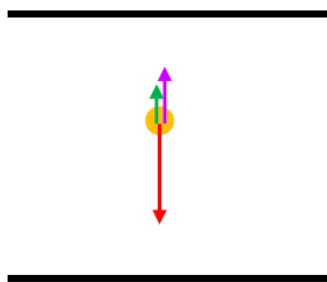
La poussée d'Archimède dans l'air :  $P_a = 4/3 \pi a^3 \rho g$  ( $\rho$  : masse volumique de l'air) ;

La force de frottement de l'air sur la goutte (loi de Stokes) :  $f = 6 \pi a \eta V$  ( $\eta$  : viscosité de l'air) ;

Force électrique :  $F = q E$  ( $q$  : charge électrique ;  $E$  champ électrique).

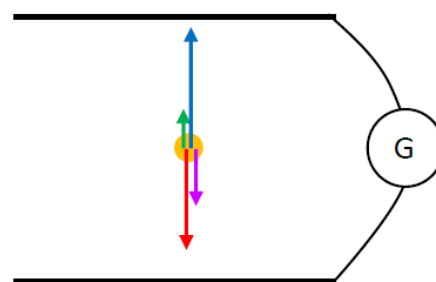
On remarque que la force de frottement dépend de la vitesse  $V$  ; lorsque la vitesse augmente cette force augmente et compense alors la somme des autres forces : la vitesse atteint alors une vitesse limite constante.

**1. Chute gravitationnelle ( $E = 0$ )**



Vitesse limite  $V_1$  vers le bas

**2. Ascension ( $E$  non nul :  $F$  vers le haut)**



Vitesse limite  $V_2$  vers le haut

La mesure de  $V_1$  permet de déterminer le rayon  $a$  de la goutte d'huile.

La mesure de  $V_2$  permet ensuite de déterminer la charge électrique  $q$ .

**Extrait de l'article De Millikan de 1913 :**

As is now well known the oil-drop method rested originally upon the assumption of Stokes's law and gave the charge  $e$  on a given drop through the equation

$$e_n = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{9\eta}{2} \right)^{3/2} \left( \frac{1}{g(\sigma - \rho)} \right)^{1/2} \frac{(v_1 + v_2)v_1^{1/2}}{F},$$

in which  $\eta$  is the coefficient of viscosity of air,  $\sigma$  the density of the oil,  $\rho$  that of the air,  $v_1$  the speed of descent of the drop under gravity and  $v_2$  its speed of ascent under the influence of an electric field of strength  $F$ .

$F$  désigne le champ électrique (field) que nous notons  $E$  ;  $e_n$  est la charge  $q$ .

Les résultats obtenus par Millikan montrent que les charges électriques  $q$  des différentes gouttes d'huile sont toujours (aux erreurs de mesure près...) des multiples entiers d'une même valeur qui serait donc celle de la charge élémentaire (celle de l'électron). Le tableau ci-dessous en donne quelques exemples.

$G$ sec.	$F$ sec.	$n$	$e_n \times 10^{10}$	$e_1 \times 10^{10}$
22.8	29.0	7	34.47	4.923
22.0	21.8	8	39.45	4.931
22.3	17.2	9	44.42	4.936
22.4	—			
22.0	17.3			
22.0	17.3			
22.0	14.2	10	49.41	4.941
22.7	21.5	8	39.45	

Les deux premières colonnes donnent les temps de chute mesurés qui permettent de calculer les vitesses  $V_1$  (avec  $G$  sec) et  $V_2$  (avec  $F$  sec).

Le résultat final, environ  $4,93 \cdot 10^{-10}$  est exprimé en **esu** (unité électrostatique). 1 Coulomb vaut environ  $3 \cdot 10^9$  esu.