

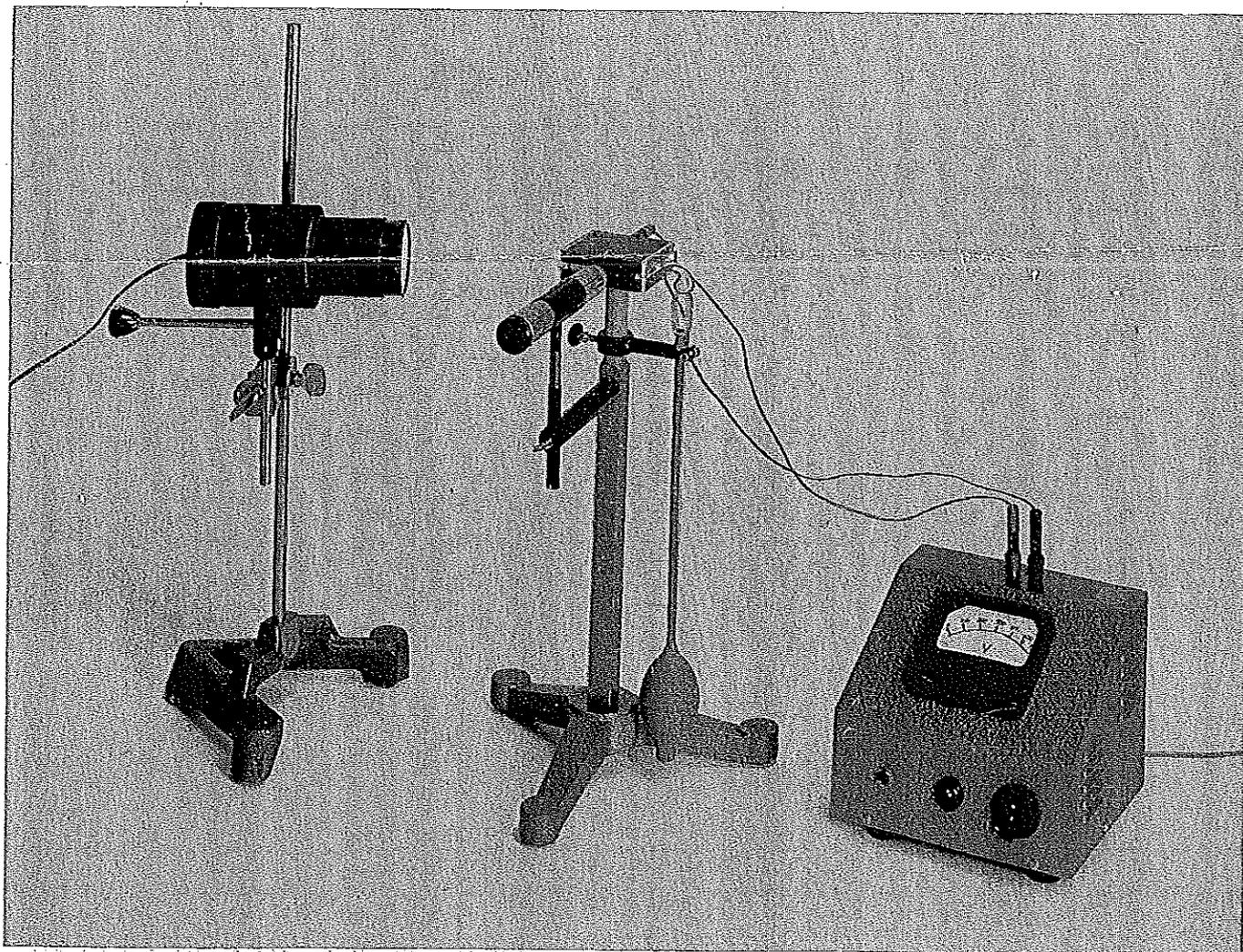
# L'EXPÉRIENCE DE MILLIKAN

MISE A LA PORTÉE DES ÉLÈVES

des classes supérieures des Lycées, Propédeutiques, Licences...

Au cours d'une manipulation de deux heures, un matériel simple permet à l'étudiant de mesurer une constante fondamentale de la physique

LA CHARGE DE L'ÉLECTRON



Cette manipulation, qui fait appel à des notions très simples, doit être à la base de tout enseignement expérimental de physique électronique et corpusculaire. Mieux que de la décrire, le professeur peut la faire réaliser par l'élève puisqu'il dispose, désormais, d'un matériel de mise en œuvre très facile.

L'expérience présente, en outre, l'avantage pédagogique suivant : le concept abstrait de **champ électrique**, calculé à partir de la différence de potentiel  $V_{ab} = V_a - V_b$  et de la distance entre les armatures a et b d'un condensateur plan, est concrétisé, ici, par la force  $F = qE$  s'exerçant sur une gouttelette d'huile chargée, quasi-ponctuelle et capable d'équilibrer le poids de celle-là (figure).

L'appareil fonctionne, depuis 1959, au laboratoire de MM. Gautier et Larroque (1), à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Le montage se compose de trois parties :

N° 2200. — Le bloc condensateur, comprenant :

- le condensateur plan ;
- le viseur avec oculaire à micromètre ;
- le pulvérisateur.

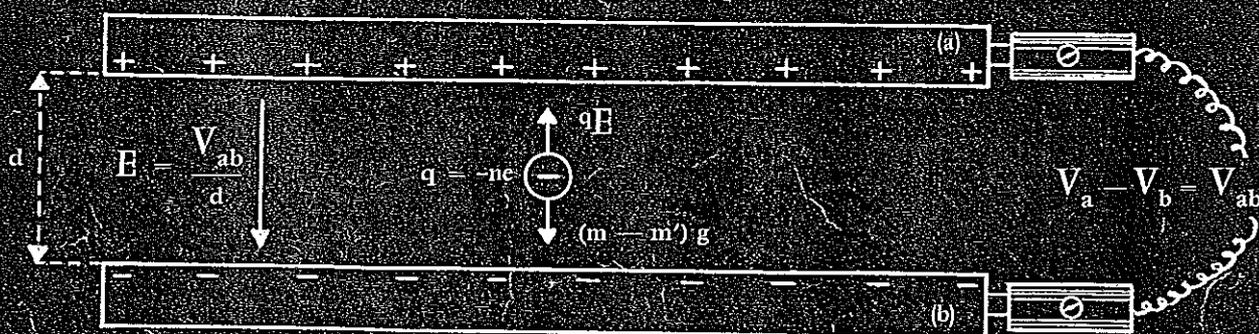
N° 2201. — Le générateur à voltmètre incorporé, il délivre une tension continue réglable de 0 à 600 V ;

N° 2202. — La lanterne sur statif fonte (alimentation 127 ou 220 V à préciser).

La manipulation se déroule comme suit :

- 1° Détermination du grandissement de l'objectif du viseur ;
- 2° Pulvérisation des gouttelettes d'huile ;
- 3° Repérage d'une goutte chargée, c'est-à-dire sensible à l'application d'une différence de potentiel entre les armatures ;
- 4° Immobilisation de la goutte par réglage convenable de la tension ;
- 5° Mesure de la vitesse de chute libre de la goutte en utilisant le micromètre de l'oculaire du viseur et un chronomètre ;
- 6° Calcul du rayon et de la charge  $q$  de la goutte. Vérification :  $q/e \approx$  nombre entier.

Il est hors de question, bien entendu, d'obtenir avec ce montage une valeur numérique de  $e$  très précise. Tel n'est pas d'ailleurs, le but essentiel de la manipulation. Le point le plus important, nous semble-t-il, est de convaincre l'étudiant que les charges électriques ne varient pas de manière continue, mais qu'elles apparaissent toujours par « quanta » qu'il trouve égaux à « environ »  $e$ ,  $2e$ ,  $3e$  et jamais à  $0,52e$ ,  $2,42e$ , etc.



(1) Voir « Technique, Art, Science » (Revue de l'Enseignement Technique), nos 131-132, sept.-oct. 1959, p. 87.

N° 2200  
2201  
2202

- EUROSAP - DEYROLLE -  
62, Rue Alexis-Lepère;  
MONTREUIL S/B. (Seine)  
AVRon : 08-72 et 08-73

- EXPERIENCE de MILLIKAN -

La manipulation a pour but de refaire d'une manière simplifiée l'expérience historique par laquelle Millikan, en 1909, a déterminé la valeur exacte de la charge " e " de l'électron.  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  coul.

Elle consiste dans l'étude du mouvement d'une gouttelette d'huile chargée, soumise au champ électrique d'un condensateur plan. Soient :

a : la rayon de la goutte,

m : sa masse  $= \frac{4}{3} \pi a^3 \rho$ ,

q : sa charge,

v : sa vitesse de chute,

V : la différence de potentiel entre les armatures du condensateur,

d : la distance des armatures du condensateur,

E : le champ électrique à l'intérieur du condensateur  $= \frac{V}{d}$

$\rho$  : la masse spécifique de l'huile = 800 kg/m<sup>3</sup>

$\rho'$  : la masse spécifique de l'air = 1,29 kg/m<sup>3</sup>

n : le coefficient de viscosité de l'air =  $18 \cdot 10^{-6} \frac{N \cdot s}{m^2}$

Les forces qui s'exercent sur la goutte sont :

1°) - : son poids  $= \frac{4}{3} \pi a^3 \rho g$ ,

2°) - : la poussée d'Archimède due à l'air :  $\frac{4}{3} \pi a^3 \rho' g$

3°) - : la force due à la résistance de l'air :  $6 \pi n a v$

4°) - : la force électrostatique : q E

L'équation du mouvement de la sphérule est donc (en prenant un axe de référence vertical descendant) :

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{4}{3} \pi a^3 (\rho - \rho') g - q E - 6 \pi n a v$$

qui a pour solution :

$$v = \frac{\frac{4}{3} \pi a^3 (\rho - \rho') g - q E}{6 \pi n a} \left( 1 - e^{-\frac{6 \pi n a}{m} t} \right)$$

.../...

Le coefficient de  $t$  dans l'exponentielle étant très grand, celle-ci devient négligeable au bout d'un temps très court (de l'ordre de  $10^{-4}$ s) et l'on peut admettre que la goutte acquiert instantanément sa vitesse limite :

$$v = \frac{\frac{4}{3} \pi a^3 (\rho - \rho') g - q E}{6 \pi n a}$$

Dans cette relation les deux seules inconnues sont  $q$  et  $a$ , si l'on mesure  $v$  et  $E$ . Les équations nécessaires seront obtenues de la façon suivante :

1°) - ...  $E = 0$

On mesure la vitesse limite de chute libre de la goutte dans l'air :

$$v = \frac{\frac{4}{3} \pi a^3 (\rho - \rho') g}{6 \pi n a} = \frac{2}{9} \cdot \frac{a^2 (\rho - \rho') g}{n}$$

2°) - ...  $v = 0$

On immobilise la goutte par l'action d'un champ électrique calculable :

$$\frac{4}{3} \pi a^3 (\rho - \rho') g = q E$$

d'où l'on tire :

$$a = \sqrt{\frac{9 n v}{2 (\rho - \rho') g}} \quad \text{et} \quad q = 6 \pi n a v \frac{d}{V}$$

#### DESCRIPTION de l'APPAREIL :

L'appareil décrit ci-dessous est couramment utilisé, depuis la rentrée de Novembre 1958, par les élèves du certificat M.P.C. de la Faculté des Sciences de Toulouse, pour les travaux pratiques de physique. Quelques années de rodage nous ont montré que la manipulation " marche " bien, sans surprises, et qu'elle tient particulièrement en éveil la curiosité et l'attention des étudiants, lesquels s'y intéressent beaucoup.

Le montage complet comprend :

- N° 2200 : le bloc condensateur,
- N° 2201 : le générateur,
- N° 2202 : la lanterne.

.../...

- Le condensateur se compose de deux plaques de laiton parfaitement dressées et distantes de 6 mm. Deux trous latéraux permettent de les connecter aux bornes du générateur.

L'armature supérieure est percée d'un trou permettant d'introduire une pointe fine au centre du condensateur. Un des champs en plexiglass comporte plusieurs petits trous par lesquels entrent les gouttelettes d'huile obtenues en pressant vivement la poire du nébuliseur (certaines se chargent par frottement).

Fixé sur le même statif un microscope muni, d'un objectif dit "à long foyer" permet de viser à travers le lame mince de plexiglass, les gouttelettes qui tombent selon l'axe du condensateur et se détachent comme des points brillants sur fond sombre.

- Le Générateur délivre une tension continue réglable. Il est muni d'un voltmètre. Un voyant lumineux indique que l'appareil est sous tension et un potentiomètre permet de régler la tension de sortie de 0 à 600 Volts.

- La lanterne fixée par une noix sur un statif fonte permet d'éclairer l'espace entre les armatures du condensateur pour l'observation des gouttes d'huile.

#### MANIPULATION :

- Déterminer le grandissement de l'objectif du microscope, en visant un micromètre au 1/10 mm, identique à celui de l'oculaire.
- Sur la table de manipulation disposer au centre le bloc condensateur, à droite le générateur, et à gauche la lanterne ; son axe faisant avec le microscope un angle de 60 à 70°. Elle éclaire le centre du condensateur, et on laisse entre l'objectif de la lanterne et le condensateur une dizaine de centimètres.
- Connecter les douilles rouge et bleue du générateur respectivement aux plaques haute et basse du condensateur.
- Introduire une pointe fine par le trou supérieur et la viser de façon à être au point sur l'axe du condensateur.
- Sans polariser les armatures, vaporiser des gouttes en face des trous et les observer tombant en chute libre.
- Mettre la tension et repérer la ou les gouttes qui sont freinées par le champ. Retenir celle qu'on parvient à immobiliser avec une tension convenable.
- Noter cette tension.
- Couper la tension en déclenchant le chronomètre et mesurer le nombre de graduations du micromètre oculaire franchies par la goutte repérée dans un temps donné. D'où la vitesse de chute (compte-tenu du grandissement de l'objectif du microscope).
- En déduire la charge  $q$  de la goutte.
- Faire plusieurs expériences.
- Constater que la charge trouvée est égale à (ou voisine de) un multiple entier de  $e$ .