

# I. — ETUDE STATISTIQUE D'UNE SERIE DE MESURES D'UNE MEME GRANDEUR

## A. — Application à la mesure de $g$ (\*)

### I. Appareil.

L'obus Lefebvre. Voir T.P. correspondant (n° II B).

### II. Principe.

On dispose d'un grand nombre d'enregistrements (4 ou 5 par élève). On se propose de déterminer la valeur la plus probable de la raison de la progression arithmétique formée par les espaces parcourus pendant des temps successifs et égaux à  $\frac{1}{10}$  ( $2 \times 10^{-2}$  s). Pour cela, mesurer la longueur de 3 intervalles :

$$a_1 = e_1 + e_2 + e_3 ; \text{ puis } a_2 = e_2 + e_3 + e_4 \dots \text{ etc...}$$

on aura :

$$a_3 - a_2 = a_2 - a_1 = a_1 - a_0 = 3r \quad (3r \approx 12 \text{ mm}).$$

Les mesures seront faites très soigneusement avec un pied à coulisse.

### III. Utilisation des mesures (réunir les mesures de tous les élèves).

| Classes<br>(32 par exemple) | Valeur centrale<br>de classe $x_i$ | Effectifs<br>$y_i$ | Effectifs<br>cumulés $\sum y_i$ |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 10,8 — 11                   | 10,9                               |                    |                                 |
| 11,1 — 11,3                 | 11,2                               |                    |                                 |
| ⋮                           | ⋮                                  |                    |                                 |
| de 0,2 en 0,2 mm            |                                    |                    |                                 |
| ⋮                           | ⋮                                  |                    |                                 |

### IV. Interprétation graphique des résultats.

a) *Histogramme*. — Porter en abscisses les valeurs des  $x_i$  depuis la plus petite valeur obtenue jusqu'à la plus grande (l'amplitude de classe étant 0,2 mm), et en ordonnée l'effectif correspondant à cette classe, soit  $y_i$  (on obtient ainsi un rectangle ayant pour largeur 0,2 mm et pour hauteur  $y_i$  pour chaque classe).

b) *Polygone des effectifs*. — Déterminer le centre de classe  $x_i$  et construire sur l'histogramme les points de cordon-

(\*) Référence B.U.P. n° 505, p. 985.

nées  $(x_i, y_i)$ . Joindre les points obtenus par des segments de droite, on a une ligne brisée qui constitue le *polygone des effectifs*. La ligne polygonale obtenue se rapproche-t-elle d'une courbe continue en forme de « cloche » ?

## V. Éléments caractéristiques de la série statistique étudiée.

a) *Moyenne arithmétique pondérée*  $\bar{x}$  :

$$\bar{x} = \frac{\sum y_i x_i}{\sum y_i}$$

Avantage : toutes les mesures interviennent.

Inconvénient : influence des valeurs extrêmes.

b) *Médiane* : valeur de  $x_i$  qui partage l'effectif total en deux sous-ensembles de même population (interpoler s'il y a lieu).

c) *Mode* : valeur de  $x_i$  qui correspond au plus grand effectif. Comparer ces trois caractéristiques de la série étudiée. Conclusion ?

## VI. Incertitude commise.

a) *Ecart moyen pondéré* :

$$e = \frac{\sum y_i (x_i - \bar{x})}{\sum y_i}$$

b) *Ecart-type* :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum y_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum y_i}}$$

( $\sigma^2$  = variance).

Calculer  $e$  et  $\sigma$  pour la série étudiée.

## VII. Conclusion.

Valeur de  $g$  déduite de cette mesure et écart-type correspondant.

### B. — Application à la mesure d'une distance focale

#### I. But de la manipulation.

Détermination de la distance focale  $f$  d'une lentille convergente.

On forme de l'objet une image réelle de même dimension :  $f$  est alors le quart de la distance objet-image.

## II. Manipulation.

L'objet a une position fixe, repérée avec soin,  $x_0$ . Sur l'écran, porter deux droites parallèles dont la distance est égale à la dimension de l'objet.

Déplacer lentille et écran pour que les bords de l'image, la plus nette possible, se superposent à ces deux parallèles.

Repérer la position de l'écran : soit  $x_i$  une valeur.

Faire un grand nombre de déterminations en prenant soin, après chaque mesure, de modifier la position de la lentille et de l'écran pour éviter d'être influencé par la mesure précédente (10 mesures, au moins, sont nécessaires).

Compter le nombre de fois où vous trouverez la même valeur  $x_i$  ; soit l'effectif  $n_i$ . On a alors une série statistique.

$$\frac{x_i}{n_i}$$

## III. Utilisation des résultats.

On constate d'abord que, même en opérant avec soin, il existe une dispersion des valeurs de  $x$ , supérieure à l'incertitude des mesures dues à la règle (ici 1 mm).

Dans le plan, avec des axes rectangulaires, représenter les couples  $x_i, n_i$ .

Quelle est l'allure de la courbe obtenue en passant au voisinage des points représentatifs ? Cette courbe correspond à une loi de répartition dite loi de Gauss ou loi normale.

Déterminer graphiquement la valeur de  $x$ , notée  $x_m$ , qui correspond à l'effectif maximum sur la courbe. On admettra que  $x_m$  est la valeur la plus probable. Calculer alors la distance focale la plus probable  $f_m$ .

$$4 f_m = x_m - x_0 \quad f_m = \frac{x_m - x_0}{4}$$

## IV. Détermination d'une précision.

A partir de  $x_m$ , se donner une valeur  $\epsilon$ , par exemple 0,2 cm ; calculer le nombre  $y_1$  de fois où vous avez trouvé  $x$  compris dans l'intervalle fermé  $(x_m - \epsilon, x_m + \epsilon)$ . Calculer la fréquence

relative  $f_1 = \frac{y_1}{\sum n_i}$  ;  $\sum n_i$  étant le nombre total des mesures.

De même :

$y_2$  nombre de fois où  $x \in (x_m - 2\epsilon, x_m + 2\epsilon)$  et  $f_2 = \frac{y_2}{\sum n_i}$

$y_s$  nombre de fois où  $x \in (x_m - 3\varepsilon, x_m + 3\varepsilon)$  et  $f_s = \frac{y_s}{\sum n_i}$ .

On peut montrer que la fréquence relative,  $f$ , tend vers la probabilité quand l'effectif global (nombre total de mesures  $\sum n_i$ ) est très grand. En admettant ceci pour vos mesures, vous aurez donc une évaluation assez grossière de la probabilité :

- $p_1$  pour que  $x \in (x_m - \varepsilon, x_m + \varepsilon)$ ,
- $p_2$  pour que  $x \in (x_m - 2\varepsilon, x_m + 2\varepsilon)$ ,
- $p_3$  pour que  $x \in (x_m - 3\varepsilon, x_m + 3\varepsilon)$ .

## II. — ETUDE CINEMATIQUE DE LA CHUTE LIBRE

### A. — Chute d'une bille

#### 1° But de la manipulation.

Etude directe de la chute libre d'une bille en acier : on mesure la durée du mouvement pour différentes hauteurs de chute.

La mesure du temps sera effectuée avec une horloge électrique donnant le  $1/100^e$  de seconde; ou, à défaut, par « écriture électrique » obtenue par électrolyse, en courant alternatif de fréquence 50 Hz, de la liqueur de Janet. L'électrode qui « écrit » étant en fer marque un trait bleu chaque fois qu'elle est anode.

#### 2° Montage (*expérience conduite avec un chronographe électrique*).

G : générateur 12 volts (continu).

Rh : rhéostat de 15  $\Omega$ .

E : électro-aimant. Entourer le noyau de l'électro-aimant, de scotch de manière à éviter un retard de la chute de la bille, dû au magnétisme rémanent en « circuit magnétique fermé ».

i : interrupteur Morse.

I : interrupteur s'ouvrant quand B arrive à la fin de sa chute.

Ch : chronographe électrique dont l'embrayage électromagnétique est commandé par la fermeture de  $i$  en position  $b$  et le débrayage par l'ouverture de I.

Le moteur du chronographe est alimenté par le courant alternatif du secteur (110 ou 220 V - consulter les indications portées par l'appareil).

Avant toute expérience, vérifier l'horizontalité du socle de l'appareil en agissant sur ses vis calantes, et s'assurer que l'in-