

Résistance d'une mine de crayon à papier

par Marc CHAPELET
La Celle Saint Cloud

Le carbone graphite est un conducteur de l'électricité. Du fait de sa grande résistivité ($\rho \approx 3\,500 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$) comparée à celle des métaux usuels (ρ de 2 à $10 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$), le graphite nous permet de disposer de conducteurs ohmiques simples, bon marché, faciles à couper et dont la résistance n'est pas négligeable.

Ainsi une mine cylindrique en graphite de longueur $l = 10 \text{ cm}$, de diamètre $D = 1 \text{ mm}$ (donc de section $S = \frac{\pi D^2}{4}$), a une résistance R donnée par la formule :

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ ce qui conduit numériquement à une valeur de } 4,5 \Omega.$$

La résistance d'un conducteur ohmique identique en cuivre est 2 000 fois plus petite et ne peut donc pas être mise en évidence de façon simple.

1. INFLUENCE DE LA LONGUEUR l DE LA MINE EN GRAPHITE

Le circuit représenté figure 1 comporte une pile de 4,5 V, un ampèremètre, un voltmètre, une mine cylindrique de 5 à 15 cm de long et de 0,5 à 2 mm de diamètre.

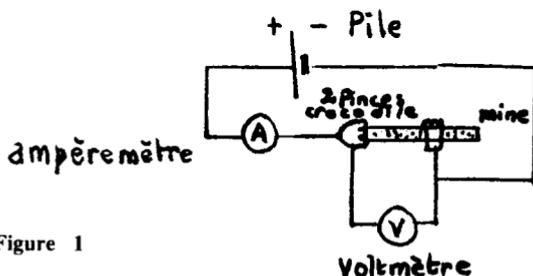


Figure 1

La mine est maintenue par deux pinces crocodile dont l'une est mobile, la mine se comporte comme un rhéostat.

On mesure la résistance de la mine à l'aide d'un montage courte dérivation ou à l'aide d'un ohmmètre. Si on se contente de l'aspect qualitatif de l'expérience on remplace les instruments de mesure par une lampe 3,5 V – 0,3 A dont l'éclat varie quand on déplace la pince crocodile le long de la mine du graphite.

2. INFLUENCE DE LA SECTION S DE LA MINE

Dans le montage précédent, il suffit de déterminer la résistance de mines graphite de divers diamètres, qu'il est aisé de se procurer dans le commerce.

3. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

En chauffant la mine graphite avec la flamme d'un briquet qu'on déplace le long de la mine, on observe à l'ohmmètre (ou dans le montage - figure 1) que la résistance de la mine chute de 20% environ. Si la mine est montée en série avec une lampe 3,5 V – 0,3 A, on voit l'éclat de la lampe augmenter avec la température. En effet la résistivité ρ est une fonction décroissante de la température dans le cas du graphite (c'est le contraire pour les métaux).

4. ASSOCIATION DE MINES EN GRAPHITE

- Deux mines de crayon de même section S, mises bout à bout sont équivalentes à une mine de longueur $l_1 + l_2$, la résistance de cette mine «équivalente» est donc :

$$R_e = \rho \frac{l_1 + l_2}{S} = \rho \frac{l_1}{S} + \rho \frac{l_2}{S} = R_1 + R_2 .$$

On retrouve ainsi la relation des résistances en série.

- Deux mines de crayon de même longueur l, de même résistivité ρ ,

mises en contact latéralement, sont donc équivalentes à une seule mine de surface $S_1 + S_2$. La résistance de cette mine «équivalente» est donc :

$$R_e = \rho \frac{l}{S_1 + S_2} \quad \text{ou encore} \quad \frac{1}{R_e} = \frac{S_1 + S_2}{\rho l} = \frac{S_1}{\rho l} + \frac{S_2}{\rho l} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

On retrouve la relation des résistances en parallèle.

A l'ohmmètre on peut mesurer la résistance de deux mines identiques associées en série puis en parallèle.

L'objet de ce paragraphe est de montrer que les relations $R_e = R_1 + R_2$ et $R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ s'obtiennent facilement à partir de la formule $R = \rho \frac{l}{S}$ dans le cas de conducteurs ohmiques cylindriques.

REMARQUE

Les mines de graphite que j'ai utilisées avaient des résistivités comprises entre $3\,500 \times 10^{-8}$ et $9\,000 \times 10^{-8} \, \Omega \cdot m$ à température ambiante.

BIBLIOGRAPHIE

- Physique Pratique. Tome 1 - Électricité (éd. Vuibert 1974)
- Électricité - G. BRUHAT - Chapitre XIV loi d'Ohm - (éd. Masson 1959)