

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 11 (1958)
Heft: 7: Colloque Ampère

Artikel: Sur la permittivité et la perméabilité magnétique des mélanges
Autor: Epelboin, I. / Quivy, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-738862>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sur la permittivité et la perméabilité magnétique des mélanges

par I. EPELBOIN et D. QUIVY

Laboratoire de Physique (enseignement). Faculté des Sciences de Paris.

La littérature fournit de nombreuses études sur le comportement des mélanges aux fréquences radio-électriques; les spectres électriques et magnétiques, en particulier, sont souvent relatifs à des poudres enrobées dans un liant. On dispose donc d'une variable supplémentaire qui est la charge p , rapport du volume de la poudre étudiée au volume total du mélange.

Lorsqu'on mêle en proportions variables deux substances pulvérulentes dont les constantes physiques sont bien déterminées, il est intéressant d'établir une relation entre ces constantes et celles du mélange résultant. Par exemple, si X_1 et X_2 sont les valeurs de la permittivité (ou de la perméabilité magnétique) de deux corps, peut-on exprimer la permittivité (ou la perméabilité) X du mélange en fonction de X_1 , X_2 et p ?

Diverses lois des mélanges ont été proposées [1, 2, 3, 4]. L'un de nous les a récemment analysées [5]; il a montré que la plupart d'entre elles s'appliquent à des mélanges d'une nature particulière et bien définie, ceux dont les grains sont régulièrement ordonnés et ont tous les mêmes dimensions et la même forme simple (sphères, ellipsoïdes, cylindres, lamelles, etc.). Pour simplifier les calculs, les auteurs admettent en général une disposition symétrique des grains, ce qui, en fait, suppose une anisotropie macroscopique de la substance. Les résultats s'adaptent assez mal à la réalité et l'on est amené à rechercher une loi valable en première approximation pour les mélanges dont les particules composantes ont des formes, dimensions et orientations quelconques et distribuées au hasard.

Diverses considérations théoriques ont conduit certains auteurs, en particulier K. Lichtenecker, à utiliser à cet effet la loi logarithmique définie par:

$$X = X_1^p X_2^{1-p}$$

ou encore

$$\log X = p \log X_1 + (1 - p) \log X_2.$$

On peut remarquer que l'expression différentielle de cette relation s'écrit :

$$\frac{dX}{X} = \log \frac{X_1}{X_2} dp$$

ce qui signifie : *l'accroissement relatif de la constante physique du mélange est proportionnel à la variation dp de la charge.*

Bien entendu, on doit faire quelques réserves sur la validité de la loi logarithmique. Elle exclut toute réaction particulière entre grains et par conséquent n'est pas applicable aux solutions, aux alliages, etc. Elle se vérifie mal lorsque $\frac{X_2}{X_1}$ est très supérieur à 1 ou bien lorsque la charge p est grande. Dans ce dernier cas, les écarts éventuels à la loi peuvent être dus à une répartition hétérogène de la charge (transmission non hydrostatique de la pression), ou bien à des interactions entre les particules.

Une objection souvent faite à cette loi est que la représentation logarithmique masque les erreurs, mais un calcul élémentaire montre que l'erreur relative sur $\log \frac{X}{X_1}$ (pour ne raisonner que sur des variables réduites) est au contraire supérieure à l'erreur relative sur $\frac{X}{X_1}$ tant que $\frac{X}{X_1} < e = 2,7$ (on suppose $X_1 \leq X \leq X_2$).

Nous avons vérifié au laboratoire [6, 7 et 8] que la loi logarithmique s'appliquait bien à la permittivité et à la perméabilité des magnéto-diélectriques, substances constituées d'une ou plusieurs poudres magnétiques (métaux, oxydes ou ferrites) isolées dans un diélectrique de liaison. Nous donnons simultanément les résultats relatifs à la permittivité et à la perméabilité, car ces grandeurs présentent de nombreuses analogies (définitions similaires, conservation de l'induction électrique et magnétique, identité formelle des champs dépolarisant et démagnétisant, etc.).

Nous avons étudié récemment les oxydes $\text{Fe}_2\text{O}_3 \gamma$. Ils présentent l'avantage d'être très peu conducteurs, ce qui permet de ne pas isoler leurs grains et de n'avoir que l'air comme diélectrique. Pour confectionner les échantillons, nous opérons par simple tassement sous des pressions allant jusqu'à 4 t/cm²; la charge varie par modification de la pression exercée. En basse fréquence, la méthode est facile à mettre en œuvre avec des condensateurs à armatures amovibles pour la mesure des permittivités, et avec des bobines démontables pour la mesure de la perméabilité. En haute fré-

quence, on utilise des lignes coaxiales dont il suffit d'avoir un élément démontable pour y tasser l'échantillon. Ainsi peut-on atteindre directement la permittivité $\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon''$ et la perméabilité $\mu = \mu_1 - j\mu_2$ de la poudre étudiée.

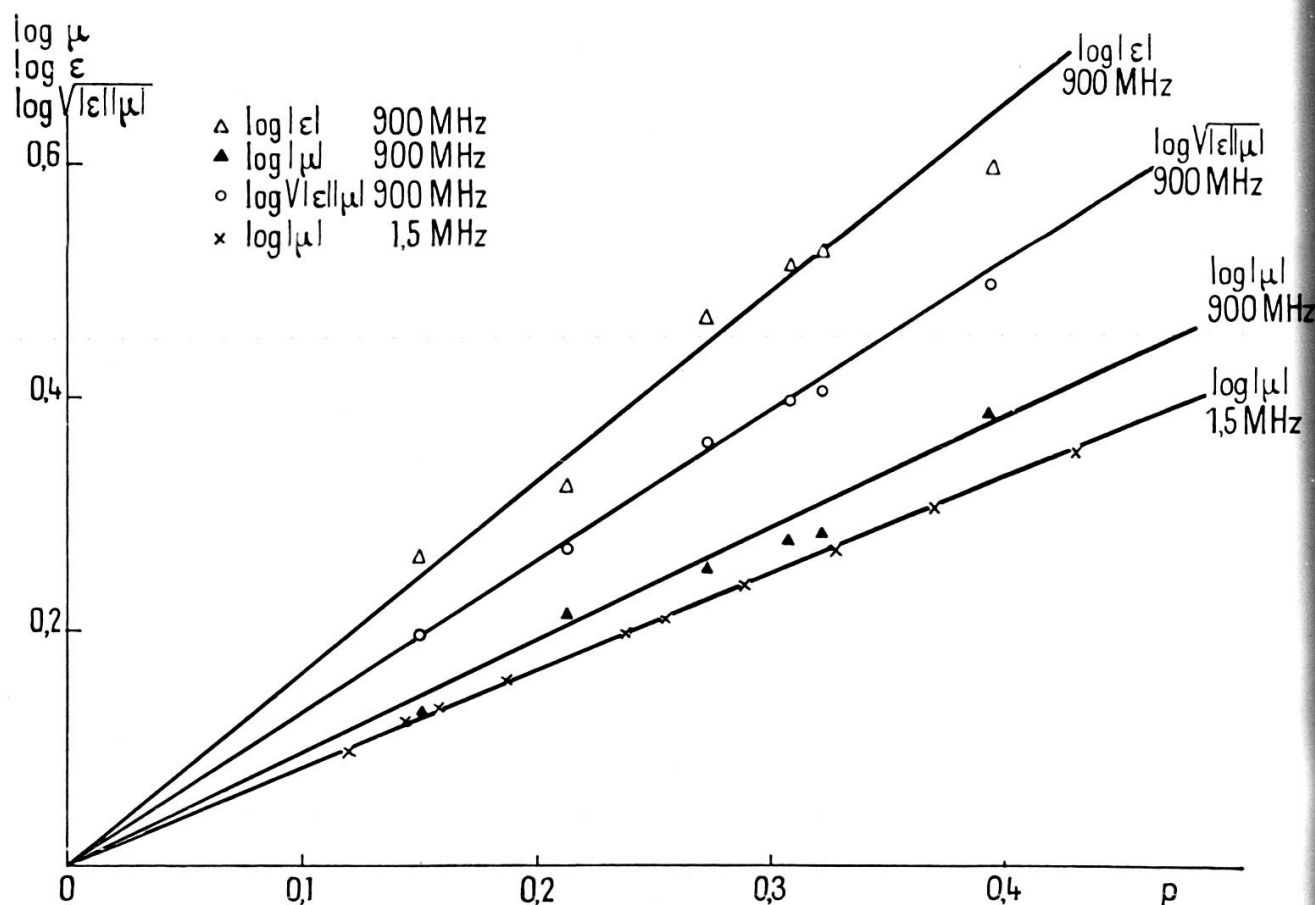


Fig. 1.

La figure donne des résultats portant sur une poudre $\text{Fe}_2\text{O}_3 \gamma$ obtenue par oxydation de Fe_3O_4 (préparé par réduction sèche dans l'hydrogène d'un précipité $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$). Lorsque la pression de tassement varie de 0 à 4 t/cm², la charge p varie de 0,12 à 0,4; celle-ci est calculée à partir de la densité réelle 4,4. On remarque que l'on a toujours $\frac{X}{X_1} < e$.

La dispersion maximum des points expérimentaux par rapport à la loi logarithmique est de 1% à 1,5 MHz; cette erreur est liée essentiellement à la mesure de p , l'erreur sur μ_1 étant inférieure à 0,1%. A 900 MHz, les quantités $\log |\mu|$, $\log |\varepsilon|$ et $\log \sqrt{|\mu||\varepsilon|}$ varient linéairement avec p ; la dispersion qui est 7% pour les deux premières quantités et 3% pour la troisième n'excède pas les erreurs de mesures. Ces trois quantités sont

calculées à partir des impédances d'entrée de l'élément coaxial contenant l'échantillon, en circuit fermé puis en circuit ouvert. Dans ce cas particulier où le liant est remplacé par l'air, la droite $\log |\epsilon|$ passe par l'origine.

En conclusion, comme il n'est pas possible, en général, de calculer *a priori* les propriétés de mélanges réels dont les grains ont des formes et des orientations distribuées au hasard, il est intéressant de comparer les résultats expérimentaux avec la loi logarithmique; si la concordance est bonne, et elle l'est très souvent, on dispose d'un moyen d'investigation soit pour faire une interpolation entre deux points expérimentaux, soit pour extrapoler la droite $\log X$ jusqu'à la charge $p = 1$. Dans le dernier cas, la valeur extrapolée X_f représente alors la permittivité (ou la perméabilité) d'une substance fictive constituée de particules dont l'isolement électrique et magnétique serait parfait.

BIBLIOGRAPHIE

1. K. LICHTENECKER, *Ph. Z.*, Dtsch (1918), 19, p. 374 et *passim* dans *Ph. Z.*, 1909 à 1931.
2. J. A. REYNOLDS et J. M. HOUGH, *Proc. Phys. Soc.*, sect. B, G.B., 1957, 70, n° 85, p. 769.
3. G. P. DE LOOR, *Appl. Sci. Res.* (1953), B, 3, p. 479.
4. A. PIEKARA, *Ph. Z.*, Dtsch (1930), p. 579.
5. D. QUIVY, *Bull. S.F.E.*, fr. (avril 1958).
6. I. EPELBOIN, *Onde électrique*, 1948, pp. 322 et 444.
7. B. PISTOULET, thèse, Paris 1951; *Ann. des Télécomm.*, 1952, p. 24.
8. J. C. BLUET, I. EPELBOIN, D. QUIVY, *C. R. A. S.* (1958), 246, p. 246.

Manuscrit reçu le 27 mai 1958.
