Sur une méthode de mesure précise de la permittivité de substances à très faibles pertes, à 0,1 MHz et 1 MHz

Autor(en): **Liebaert, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **9 (1956)**

Heft 5: **Colloque Ampère**

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-738992

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sur une méthode de mesure précise de la permittivité de substances à très faibles pertes, à 0,1 MHz et 1 MHz

par R. Liebaert
Laboratoire de radioélectricité, Lille.

Le montage décrit a été réalisé dans le but de déterminer à l'aide d'un même appareil le moment électrique de molécules polaires prises à l'état de vapeur ou en solution très diluée dans un solvant non polaire.

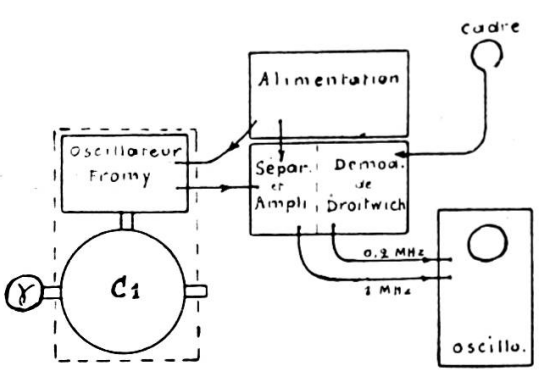
Pour obtenir ce moment, on est amené à mesurer de très petites variations de permittivité, donc à effectuer la détermination précise de capacités de faibles valeurs.

L'appareil peut également être utilisé pour la mesure précise de la permittivité absolue d'un diélectrique liquide à faibles pertes, la vérification de l'identité de divers échantillons d'un même diélectrique, la mesure des susceptibilités paramagnétiques, etc.

On utilise un montage autooscillateur (à self et capacité) fournissant une fréquence f_0. Le circuit oscillant comprend, montés en parallèle, un condensateur C_1 à variation linéaire de capacité et la cellule capacitive γ qui contiendra le diélectrique étudié. On travaille à capacité constante: l'augmentation de capacité due au diélectrique est compensée par une diminution de C_1; cette compensation est réalisée lorsque la fréquence de l'oscillateur a repris sa valeur initiale f_0.

On peut ainsi, sur le condensateur linéaire, mesurer 1 mpF. Ce chiffre donne la précision d'une mesure tant que la conductance de la capacité étudiée reste inférieure à une certaine valeur. La précision des mesures est limitée par les caractéristiques mécaniques du condensateur variable C_1 et les caractéristiques électriques de l'oscillateur. Ceci impose le choix de C_1 et du type d'oscillateur.

La sensibilité peut se caractériser par l'écart minimum appréciable entre la fréquence de l'oscillateur et la fréquence de référence d'un étalon. Elle est limitée par la stabilité de fréquence de l'étalon. Dans notre montage l'écart, aisément mesurable, traduit en variation de capacité, correspond



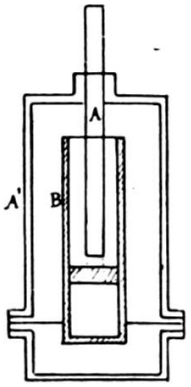


Schéma du Condensateur C_1

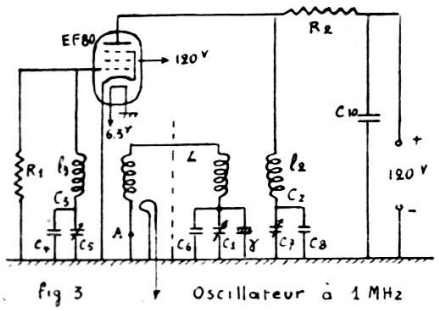
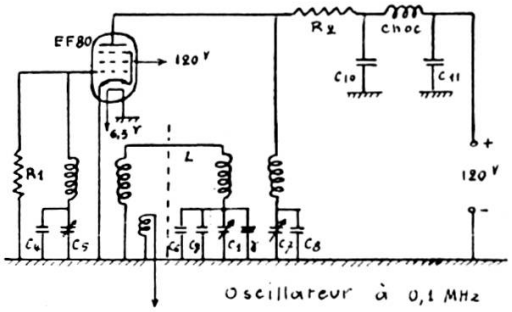


Fig 3 Oscillateur à 1 MHz



Oscillateur à 0,1 MHz

C_1	Condensateur linéaire.	γ Cellule capacitive.
	Oscillateur à 1 MHz.	*Oscillateur à 0,1 MHz.*
C_4	6 × 22PF céramique	750PF mica
C_5	35PF	100PF
C_6	boîtiers	boîtiers
C_7	35PF	100PF
C_8	9 × 22PF céramique	850PF mica
C_9		8 × 22 céramique
C_{10} C_{11}	0,1 μF	0,1 μF
R_1	220 kΩ	220 kΩ
R_2	1 kΩ	1 kΩ

à 1/10 mpF. On trouve dans la littérature des montages ayant une sensibilité plus grande, mais ne demeurant stables que quelques dizaines de secondes, alors que les opérations de remplissage de la cellule par le diélectrique étudié, puis par le diélectrique de référence et les mesures, nécessitent une stabilité d'au moins dix minutes.

Repérage de la fréquence.

Initialement, nous avions utilisé une méthode de doubles battements: premier battement à 1 kHz $\pm$ ε entre l'oscillateur de mesure et un oscillateur à quartz, puis second battement avec un diapason entretenu à 1 kHz.

Cette méthode, très sensible, permettait de réaliser l'équilibre à mieux que 1 Hz, mais — l'équilibre ayant été établi — on observait une variation lente de fréquence et parfois une variation importante et soudaine, due à un léger déplacement du quartz entre ses armatures sous l'effet de vibrations extérieures. On pouvait à volonté provoquer le phénomène par des chocs sur le support du quartz préalablement isolé mécaniquement du reste du montage.

Nous avons étudié le comportement du quartz en comparant sa fréquence à celle d'un émetteur de radiodiffusion (Droïtwich) dont la porteuse (200 kHz) est donnée pour stable à mieux que 10^{-7}. La fréquence du quartz, isolé thermiquement, variait, dans le même sens que sur le montage, d'environ 2 Hz par heure; cette variation correspondait à un échauffement interne dû, sans doute, à ses vibrations mécaniques.

Un autre quartz, utilisé avec thermostat, fonctionnant à 50°, fournissait une fréquence variant en dents de scie au rythme du chauffage du thermostat.

Un montage oscillateur à quartz, stable à mieux que 10^{-6} n'est pas de réalisation facile et, de plus, est onéreux. Comme nous recevons aisément le signal modulé émis par Droïtwich, nous en extrayons au mieux sa porteuse [1] et appliquons à un oscillographe à deux voies la porteuse de Droïtwich (200 kHz) et (après passage par un étage séparateur à charge cathodique et un étage amplificateur) une tension de notre oscillateur à 1 MHz. En balayant à 100 kHz et en synchronisant la base de temps par Droïtwich, on obtient une sinusoïde fixe représentant deux périodes de Droïtwich et, en dessous, une sinusoïde représentant dix périodes de l'oscillateur de mesure. On arrive à rétablir f_0 au dixième de Hertz près. D'ailleurs le sens, et la mesure du temps de déplacement de l'une des sinusoïdes par rapport à l'autre permettent de calculer de très faibles différences entre f_0 et 1 MHz [2].

Condensateur linéaire C_1.

La surface interne de l'armature isolée B et la surface de l'armature mobile A ont été soigneusement rectifiées. Ces deux pièces restent concentriques au cours du déplacement de A. La tige A est graduée finement en

---

[1] Des détails techniques seront donnés dans une communication ultérieure.

[2] Un commutateur électronique n'est pas nécessaire. On peut avec un oscillographe à une seule voie, utiliser une des méthodes classiques de comparaison de fréquences: tensions appliquées à la même paire de plaques, Lissajous, modulation du Wehnelt, etc.

millimètres et un vernier au 1/50 permet d'apprécier le 1/100 mm. La variation utile de capacité étant de 1/10 pF/mm, on peut donc obtenir le 1/1000 pF. La variation utile de capacité est de 24 pF. La tige A peut prendre un mouvement de translation rapide et, après blocage, un mouvement lent par vis micrométrique. Trois ajutages latéraux permettent de fixer rigidement, en parallèle sur le condensateur, le boîtier de l'oscillateur, la cellule de mesure et, éventuellement, un condensateur d'appoint.

Oscillateur.

Après avoir étudié divers oscillateurs, nous avons adopté un montage Fromy pour chacune des fréquences utilisées (0,1 MHz et 1 MHz). En principe, si les couplages sont uniquement magnétiques et si on réalise les conditions $LC = l_2 C_2 = l_3 C_3$ la pulsation est $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, indépendante de la résistance du circuit oscillant. Nous avons cherché à nous rapprocher de ces conditions théoriques.

Lorsque la cellule remplie de diélectrique présente une conductance due aux pertes, cela se traduit par une variation de la résistance du circuit oscillant et une modification de sa fréquence indépendante de celle qui est provoquée par ε'. Quand, à l'aide de C_1, on rétablit la fréquence f_0, on ne peut, dans la variation de capacité lue, faire la part de ce qui revient à ε'. Il est donc nécessaire que la variation de fréquence due à la conductance de la cellule reste inférieure à la précision des mesures, c'est-à-dire se traduise par une variation de C_1 inférieure 1 mpF. L'oscillateur utilisé à 1 MHz satisfait à cette condition tant que la conductance parallèle ne dépasse pas 20 μmhos; pour l'oscillateur à 0,1 MHz: 5 μmhos. Pour obtenir ce résultat, il a fallu étudier le couplage entre le circuit oscillant et les circuits plaque et grille, puis parfaire le réglage du circuit de réaction plaque pour réduire l'effet de la conductance. Nous avons procédé comme suit: au point A (fig. 3) du circuit oscillant, on substitue à un fil de cuivre un fil de nichrome de même longueur et de résistance plus grande (5,2 Ω); on note la variation de capacité ΔC_1 qui redonne f_0. On opère ainsi pour diverses valeurs de C_2. Pour l'une d'elles, le signe de ΔC_1 s'inverse. On est alors au point de réglage optimum.

Pour augmenter la stabilité de l'oscillateur, nous avons été conduit à supprimer le condensateur variable en parallèle sur C_1 et à le remplacer par un jeu de condensateurs céramiques fixes, soigneusement sélectionnés, dont le coefficient de température est nul.

Ces condensateurs sont montés dans des boîtiers cylindriques qui s'ajustent dans des logements disposés sur le boîtier de l'oscillateur, ou sur un des ajutages de C_1.

Les bobines, les condensateurs fixes et ajustables sont montés dans un boîtier rigide à parois épaisses, en aluminium coulé, qui s'adapte, par un manchon vissé, sur le condensateur C_1. L'ensemble est insensible aux déformations qu'on peut raisonnablement tenter de lui faire subir.

L'oscillateur à 0,1 MHz a été réalisé suivant le même principe et monté dans un boîtier identique; le remplacement de l'un par l'autre ne demande que quelques minutes (l'oscillateur qui n'est pas en service demeurant dans l'enceinte thermostatée). Les selfs du circuit oscillant, plus importantes, n'ont pu être réalisées en spires jointives; elles sont bobinées en nid d'abeilles. La tension, à 0,1 MHz, est appliquée à l'étage séparateur, puis la fréquence est multipliée par dix avant d'être transmise à l'oscillographe. L'oscillogramme obtenu a même forme que celui du montage à 1 MHz. Bien que la fréquence fondamentale soit inférieure et la capacité du circuit oscillant à peu près le double que pour l'oscillateur à 1 MHz, la multiplication de la fréquence permet d'obtenir sensiblement la même précision dans les mesures, soit 1/1000 pF.

Exemple: La mesure à 25° (± 0,2°) de la permittivité par rapport à l'air du benzène (benzène R.P. Prolabo, utilisé comme solvant au laboratoire) a donné les résultats suivants:

à 1 MHz	$\varepsilon' = 2{,}2778 \pm 0{,}0005$
à 0,1 MHz	$\varepsilon' = 2{,}2780 \pm 0{,}0005.$