Potentiomètre à lame vibrante pour la mesure et l'enregistrement des potentiels de surface de couches monomoléculaires

Agnès Fritsch

► To cite this version:

Agnès Fritsch. Potentiomètre à lame vibrante pour la mesure et l'enregistrement des potentiels de surface de couches monomoléculaires. J. Phys. Phys. Appl., 1961, 22 (S11), pp.183-185. 10.1051/jphysap:019610022011018300 . jpa-00212848

HAL Id: jpa-00212848

<https://hal.science/jpa-00212848>

Submitted on 1 Jan 1961

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

POTENTIOMÈTRE A LAME VIBRANTE POUR LA MESURE ET L'ENREGISTREMENT DES POTENTIELS DE SURFACE DE COUCHES MONOMOLÉCULAIRES

Par A. FRITSCH,

Département de Biologie, Commissariat à l'Énergie Atomique, Saclay.

Résumé. — Nous décrivons un appareil basé sur le principe du condensateur à lame vibrante, permettant d'enregistrer les potentiels de surface de couches monomoléculaires à l'interface air-eau. Nous insistons plus spécialement sur les précautions de constructions à respecter pour obtenir un fonctionnement correct. Ces précautions découlent : 1° de la très faible valeur de la tension appliquée à l'entrée du préamplificateur ; 2° de la grande impédance d'entrée de celui-ci ; 3° des dimensions relativement importantes de la tête de mesure ; 4° de l'intérêt de réaliser une grande stabilité en fonction du temps.

Abstract. — An apparatus is described, based on the principle of the vibrating reed condenser, to record surface-potentials of monomolecular layers at the air-water interface. Precautions relative to the construction of the apparatus are stressed, in order to obtain reproducible and accurate results. These precautions result from : 1) The very low input voltage at the preamplifier 2) The very high input impedance of the preamplifier. 3) The relatively large size of the vibrating device. 4) The need to maintain high stability in time.

La mesure des potentiels d'interface de couches monomoléculaires par la méthode de la lame vibrante (N. K. Adam, 1941) est aujourd'hui de pratique courante ; plusieurs auteurs ont décrit des potentiomètres de ce type (W. A. Yamins and H. G. Zisman, 1933 ; J. T. Davies, 1951 ; C. D. Kinloch and A. I. McMullen, 1959). Dans le présent article nous décrivons un appareil analogue permettant d'enregistrer, en fonction du temps ou en fonction d'autres paramètres, les variations du potentiel de surface de couches monomoléculaires à l'interface eau-air ; nous nous attachons principalement aux précautions de montage exigées tant par la méthode de mesure utilisée que par la nécessité de réaliser un appareil stable dans le temps.

I. Principe de l'appareil. — Le principe de l'appareil décrit par les auteurs précédents est donné par la partie de la figure 1 située à gauche du trait mixte et comprenant les connexions tracées en trait pointillé :

La vibration de la lame M est obtenue par un système électromécanique (non représenté sur la figure) dont la fréquence de vibration est de quelques centaines de Hertz. Une différence de potentiel entre la lame M et l'électrode de référence Q (V_{MQ}) fait apparaître une tension alternative aux bornes de la résistance R ; celle-ci est amplifiée par un amplificateur à basse fréquence de type classique aux bornes duquel est branché un écouteur ou un oscillographe. Lorsque la tension E est réglée de manière à annuler la tension de sortie de l'amplificateur, les variations du potentiel de sur-

face sont égales aux variations correspondantes de E .

Nous avons complété le dispositif précédent de la manière suivante : la tension alternative délivrée par l'amplificateur est redressée par un détecteur de phase et la tension continue ainsi obtenue est branchée en opposition avec V_{MQ} , (fig. 1 com-

FIG. 1. — Schéma fonctionnel du potentiomètre à lame vibrante.

plète avec les connexions en trait pointillé supprimées). Avec ce montage en contre-réaction totale, la tension E ne sert plus qu'à annuler la tension de sortie du détecteur de phase avant le dépôt d'une couche monomoléculaire sur le liquide-support. En ce cas, E restant constant, l'apparition ultérieure d'un potentiel de surface ΔV dû à la couche monomoléculaire, se traduit par une tension à la sortie du détecteur de phase donnée par :

$$\Delta V_s = \Delta V \, ngd / (ngd + 1),$$

où n est le rendement du condensateur vibrant, g le gain de l'amplificateur et d le rendement du détecteur de phase. Dans notre cas nous avons $ngd = 200$, de sorte que

$$\Delta V_s = \Delta V \text{ à } 0,5 \% \text{ près.}$$

Un millivoltmètre branché à la sortie du détecteur de phase permet ainsi la lecture directe des potentiels de surface, tandis qu'un enregistreur permet de suivre leur variation en fonction du temps ou en fonction de tout autre paramètre utilisable pour la commande du déroulement du papier de l'enregistreur. En particulier, ce dernier peut être synchronisé avec les déplacements de la barrière mobile d'une cuve de Langmuir.

Dans sa réalisation électronique, le présent appareil est identique à l'électromètre à condensateur vibrant réalisé par M. Brière, 1955 et utilisé pour la mesure des courants de très faible intensité, il ne diffère de celui-ci que par la réalisation du condensateur vibrant proprement dit.

II. Construction et mise au point du condensateur vibrant. — 1° CONSTITUTION DE L'ENSEMBLE « CONDENSATEUR VIBRANT ».

— La lame vibrante M est en acier inoxydable (M. Brière, loc. cit.), elle est circulaire et sa surface est de 7 cm^2 ; sa vibration est obtenue en la reliant par une petite tige en acier inoxydable de 3 cm de long à une seconde lame M'; celle-ci est attirée alternativement par le noyau N d'une bobine excitée par une tension alternative. M' est fixée rigidement par une de ses extrémités au boîtier F contenant la bobine (fig. 2). Afin d'obtenir le meilleur rendement de modulation l'ensemble vibreur fonctionne à sa fréquence de résonance mécanique la plus élevée, soit 380 Hertz.

FIG. 2. — Disposition des divers éléments de l'appareillage de mesure comprenant condensateur vibrant, électrode de référence et préamplificateur.

La distance moyenne entre M et la surface du liquide est comprise entre 0,5 mm et 1 mm et est réglée au moyen de trois vis permettant de déplacer verticalement le support de M.

2° MISE AU POINT. — Au cours de la mise au point du potentiomètre à lame vibrante, nous nous sommes spécialement attachés, d'une part à ne pas réduire le rendement de modulation par de mauvais isollements ou des capacités parasites se trouvant en parallèle avec l'impédance d'entrée de l'amplificateur ($R = 10^9 \Omega$), d'autre part à rendre négligeables toutes les tensions parasites, par rapport au signal utile qui est de $50 \mu\text{V}$ pour $\Delta V = 10 \text{ mV}$. L'amplitude des tensions parasites que nous avons observées était souvent 10 à 100 fois supérieure à celle du signal utile auquel elles s'ajoutent vectoriellement.

a) *Isolement et capacités parasites.* — L'amplificateur est précédé d'un étage préamplificateur à très faible impédance de sortie placé dans un boîtier blindé et fixé le plus près possible de l'électrode de référence; ceci permet d'utiliser des connexions de 2 m à 3 m de long allant vers les étages amplificateurs suivants; la fiche d'entrée du préamplificateur est du type coaxial, isolée au téflon et blindée; pour diminuer au maximum sa capacité par rapport à la masse et pour assurer son isolement, la plaque M'' sur laquelle est posée le récipient contenant le liquide est fixée par des perles en stéatite sur un bloc de bakélite de 25 mm d'épaisseur.

b) *Tensions parasites dues à des couplages électrostatiques ou électromagnétiques.* — L'ensemble condensateur vibrant et le préamplificateur sont placés à l'intérieur d'une cage de Faraday en grillage de laiton; celle-ci est réunie au point de masse commun des circuits d'entrée (M. Brière, 1955). Afin de travailler à l'abri de la poussière et pour conserver la transparence à la cage de Faraday, nous avons fixé sur ses parois extérieures des feuilles en plexiglas.

Pour éviter tout couplage avec le circuit d'entrée du préamplificateur, la bobine d'excitation et le câble amenant la tension excitatrice sont blindés et les blindages sont réunis à la cage de Faraday.

Il s'est avéré indispensable de supprimer toute matière isolante non rigoureusement blindée; le champ électrique créé au voisinage de la lame vibrante par les charges de surface de ces isolants serait modulé par celle-ci et à l'entrée du préamplificateur il apparaîtrait des tensions parasites instables et de fréquence égale à celle du signal utile. La stéatite et la bakélite, ne possédant pas ce défaut, ont pu être utilisées.

Pour cette même raison nous avons été amenés à badigeonner d'une solution saline les feuilles de plexiglas recouvrant la cage de Faraday, bien que ces feuilles soient fixées sur sa face extérieure.

c) *Tensions parasites d'origine microphonique.* — Les tensions parasites d'origine microphonique

sont celles qui résultent, ou de la vibration du tube préamplificateur; ou de la vibration de la connexion de la grille à haute impédance de ce tube, par rapport à la masse ou à d'autres connexions portées à des tensions continues plus ou moins élevées. Ce sont les tensions parasites les plus élevées que nous avons observées.

Pour supprimer les vibrations ayant leur origine en dehors du dispositif de mesure lui-même il est nécessaire de placer la cage de Faraday sur un support très stable.

La principale source de microphonie est cependant constituée par la transmission des vibrations des lames M et M' aux autres éléments à l'intérieur de la cage de Faraday. Afin de réduire au maximum les tensions parasites qui en résultent nous avons réalisé le montage de ces éléments de la manière suivante (fig. 2) :

— Les supports des lames M et M' sont montés sur deux bâtis antivibratoires distincts. Ces bâtis sont constitués chacun d'une brique de plomb placée sur du caoutchouc mousse de 1 cm d'épaisseur. L'électrode Q est également fixée sur un bâti antivibratoire de dimensions appropriées.

— Le boîtier contenant le préamplificateur est fixé rigidement sur une des faces internes de la cage de Faraday.

— Toutes les connexions réalisées à l'intérieur de la cage de Faraday sont très souples (T_1 , T_2 , T_3 , T_4), et le passage à travers la cage de Faraday du câble amenant la tension alternative sur la bobine d'excitation est réalisé de manière qu'aucune vibration ne soit transmise à la cage.

La distance séparant la lame M de la surface du

liquide-support doit être supérieure à 0,5 mm ; dans le cas contraire les variations de pression de l'air compris sous la lame M sont suffisantes pour que les vibrations de celle-ci soient transmises au liquide-support.

III. Performances. — Le potentiomètre à lame vibrante que nous venons de décrire est muni de deux gammes de mesure, l'une de 100 mV, la seconde de 500 mV ; dans les deux cas la précision théorique est de 0,5 % comme nous l'avons vu plus haut. En pratique, la précision est plus faible et limitée par celle de l'appareil de mesure placé à la sortie du détecteur de phase et par celle de l'enregistreur ; avec l'enregistreur que nous utilisons, elle est de ± 1 mV et ± 5 mV pour les deux gammes de mesure.

Cette précision nous semble suffisante, en particulier parce que les différences statistiques entre les potentiels de surface de plusieurs couches monomoléculaires identiques sont supérieures à la précision en valeur absolue de notre appareil, tant en ce qui concerne les acides gras que certaines molécules biologiques. La dérive de l'appareil est inférieure à 5 mV par heure, ce qui permet d'effectuer des mesures pendant un temps très long.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus vifs au Professeur J. Coursaget et à Mme I. Pinset pour le grand intérêt qu'ils ont accordé à notre travail et pour les encouragements qu'ils nous ont prodigués, ainsi qu'à M. Brière pour sa constante et amicale collaboration.

Manuscrit reçu le 27 janvier 1961.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ADAM (N. K.), The physics and Chemistry of Surfaces, Oxford University Press, 3rd édition.
- [2] YAMINS (W. A.) and ZISMAN (H. G.), *J. Chem. Physics*, 1933, **1**, 656.
- [3] DAVIES (J. T.), *Z. Elektrochem.*, 1951, **55**, 559.
- [4] KINLOCH (C. D.) et McMULLEN (A. I.), *J. Sc. Instr.*, 1959, **36**, 347.
- [5] BRIÈRE (M.) et WEILL (J.), *J. Physique Rad.*, 1955, **16**, 695.