

Dispositif pour la mesure du niveau d'eau lourde dans le réacteur de Saclay. Généralisation à la mesure des niveaux liquides et des épaisseurs métalliques

J. Weill, M. Brière

► **To cite this version:**

J. Weill, M. Brière. Dispositif pour la mesure du niveau d'eau lourde dans le réacteur de Saclay. Généralisation à la mesure des niveaux liquides et des épaisseurs métalliques. *J. Phys. Radium*, 1953, 14 (1), pp.46-49. <10.1051/jphysrad:0195300140104601>. <jpa-00234680>

HAL Id: jpa-00234680

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00234680>

Submitted on 1 Jan 1953

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.

**DISPOSITIF POUR LA MESURE DU NIVEAU D'EAU LOURDE
DANS LE RÉACTEUR DE SACLAY ⁽¹⁾.
GÉNÉRALISATION A LA MESURE DES NIVEAUX LIQUIDES
ET DES ÉPAISSEURS MÉTALLIQUES**

Par J. WEILL et M. BRIÈRE.

Commissariat à l'Énergie atomique. Division des Constructions électriques.

Sommaire — On décrit un appareillage qui effectue a distance la mesure et l'enregistrement d'un niveau liquide susceptible de varier de plusieurs mètres. La précision peut atteindre quelques dixièmes de millimètres. L'appareillage est entièrement automatique.

Dans de nombreuses études relatives aux piles atomiques, il apparaît nécessaire de connaître le niveau de l'eau lourde avec une précision d'une fraction de millimètre.

Un indicateur de niveau du type habituel, basé sur le principe des vases communicants, ne permet pas de fournir une telle précision. En effet, comme l'eau contenue dans le tube de niveau et l'eau de la cuve se trouvent la plupart du temps à des températures différentes, il peut en résulter (dans les conditions de fonctionnement constatées sur Zoé ou prévues dans P₂) des différences de l'ordre du centimètre entre le niveau indiqué et le niveau existant dans la cuve. En outre, un tel système ne se prête guère à la transmission d'indications à longue distance, ni à l'enregistrement.

Nous indiquerons ici quelques procédés que nous avons essayés en vue d'obtenir des mesures de niveau par des moyens électriques et décrirons un dispositif que nous avons réalisé au C. E. A. permettant l'indication et l'enregistrement à distance du niveau d'eau lourde, dans la Pile de Saclay.

Désirant nous affranchir de tout dispositif mécanique, nous avons tout d'abord tenté de résoudre le problème par des procédés purement électriques,

⁽¹⁾ Ce dispositif a fait l'objet d'une demande de brevet déposée le 23 juin 1950 sous le n° 592-693.

bases sur la conductibilité et la constante diélectrique de l'eau lourde. Nous avons ainsi envisagé plusieurs systèmes dont le principe consistait à mesurer la résistance électrique ou la capacité entre des conducteurs immergés, ou encore à utiliser un oscillateur à ondes centimétriques constitué par une ligne de Lecher plongée dans l'eau et à déterminer le niveau d'après les variations de fréquences produites.

L'expérience nous a montré qu'il fallait renoncer à des systèmes de ce genre, qui sont basés sur les propriétés électriques de l'eau, en particulier en raison des variations de celles-ci avec la température et à la présence de phénomènes tels que la formation de bulles gazeuses sur les électrodes, qui viennent modifier les conditions électriques des circuits (les bulles modifiant la résistance *du circuit* et non pas la résistivité de l'eau.)

Nous avons donc été dans l'obligation de revenir à des dispositifs comportant un intermédiaire mécanique.

Parmi de nombreux systèmes qui peuvent être imaginés, un des plus simples est constitué par un fil résistant tendu verticalement dans la cuve et sur lequel se déplace un curseur mû par un flotteur. La mesure de niveau est ainsi ramenée à une mesure de résistance.

Un tel système est simple et robuste.

Toutefois, sous cette forme rudimentaire, celui-ci est inutilisable pratiquement pour l'application que nous avons en vue; pour deux raisons :

1° Pour obtenir la précision de mesure désirée, il faudrait pouvoir discerner nettement une variation de résistance correspondant à une fraction de millimètre du fil. Or, une telle variation de résistance n'est pas facilement mesurable, étant de l'ordre de grandeur des résistances de contact du curseur, sinon moindre.

2° De toute façon, une variation de niveau d'une fraction de millimètre ne communique pas au flotteur une force ascensionnelle suffisante pour vaincre les résistances de frottement et mouvoir le curseur.

On peut donc dire que le système manque de sensibilité, électriquement et mécaniquement, pour la précision de mesure que l'on demande.

Pour lui donner la sensibilité nécessaire, il faudrait lui adjoindre deux perfectionnements :

1° Faire en sorte qu'une variation de niveau d'une fraction de millimètre se traduise par une variation de résistance nettement mesurable;

2° Utiliser une force motrice auxiliaire pour mouvoir le curseur.

Nous présentons ici un système que nous avons mis au point et dans lequel ces deux principes sont mis en application.

Description. — Un fil d'acier « Invar » de 15/100 lesté par un plomb de sonde est enroulé sur un tambour entraîné par un petit moteur. Le tambour et le fil sont isolés de la masse et le plomb de sonde est terminé par une pointe de platine qui établit le contact avec l'eau dès qu'elle touche la surface.

Un dispositif électronique (fig. 1) très simple, établit entre la position de la pointe et le sens de rotation du tambour, une relation telle que, lorsque le contact avec l'eau est établi, la pointe tend à monter et lorsque le contact est rompu, la pointe tend à descendre. Il en résulte un battement périodique de la pointe dans le sens vertical d'environ 0,1 mm d'amplitude, de part et d'autre de la surface de l'eau (nous verrons plus loin que l'amplitude de ce battement est déterminée par des phénomènes de capillarité).

La longueur de fil déroulé dans la cuve et, par conséquent, la position angulaire du tambour, se trouvent donc fixées par le niveau de l'eau et ceci avec une grande précision.

La précision demandée sur la mesure de la hauteur de la surface de l'eau est de 0,5 mm; d'autre part, l'amplitude maxima de la variation de cette hauteur est de 2 m. Il en résulte que nous serions amenés à effectuer des mesures avec une précision de 0,025 pour 100 environ s'il n'y avait qu'une seule échelle de mesure.

Pour pallier cette difficulté, l'étendue totale de mesure a été divisée en 20 sections de 10 cm et la mesure répartie en deux opérations :

- a. Mesure de précision dans une étendue de 10 cm;
- b. Définition de la section dont il s'agit.

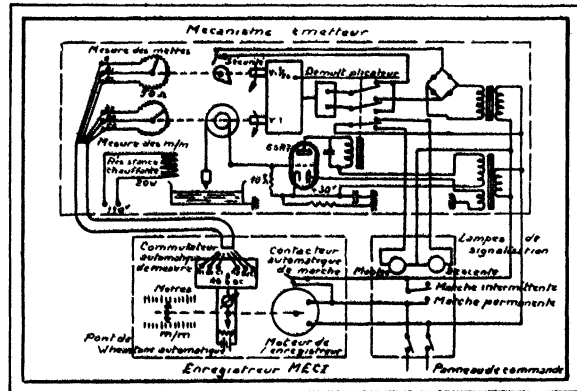


Fig. 1. — Schéma général du dispositif.

A cet effet, l'émetteur (fig. 2) comprend un tambour fileté qui comporte 20 gorges d'enroulement du fil. Le diamètre du tambour est tel que chaque gorge contient exactement le logement de 10 cm de fil. Le tambour permet ainsi l'enroulement de 2 m de fil.

Sur le même axe est monté un potentiomètre

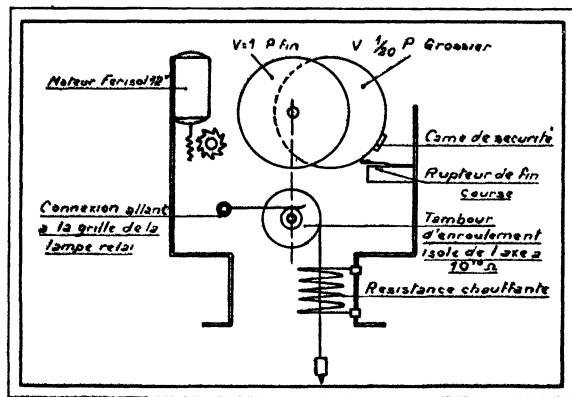


Fig. 2. — Mécanisme émetteur.

- a. Disposition des organes; b. Vue d'ensemble.

de 13 cm de diamètre, tournant contre un curseur fixe et dont le bobinage occupe pratiquement les 360° de la circonférence, ce qui représente 40 cm de bobinage.

Le déroulement de 10 cm de fil correspond ainsi à un tour complet du potentiomètre, c'est-à-dire qu'une différence de niveau de 1 mm correspond à 4 mm de bobinage du potentiomètre. Ceci permet

une mesure précise du niveau dans une étendue de 10 cm et constitue le dispositif « fin » de mesure.

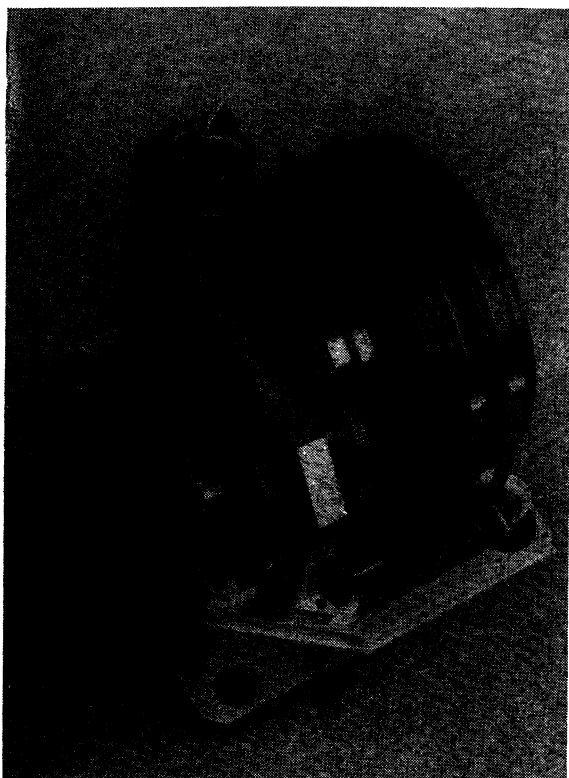


Fig. 3. — Dispositif émetteur.

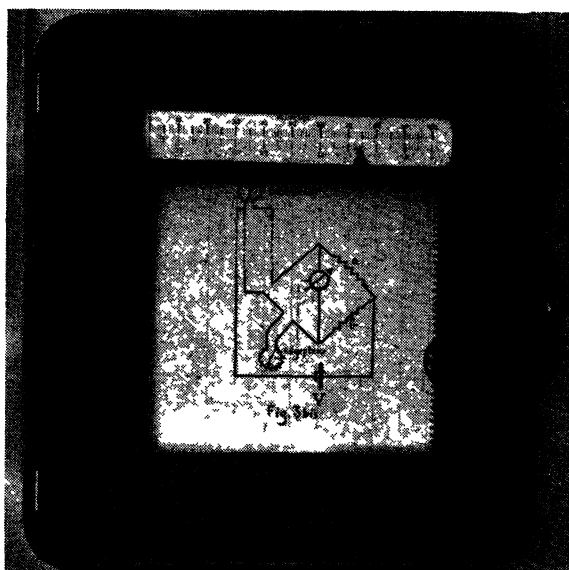


Fig. 3 bis. — Enregistreur récepteur et schéma du pont.

Par suite de cette disposition, on retrouve évidemment les mêmes mesures de 10 en 10 cm. Pour savoir

de quelle décade il s'agit, un second potentiomètre identique est monté sur un axe démultiplié au vingtième par rapport à l'axe précédent, de sorte que sa rotation complète correspond à un dévidement de 2 m de fil. Ce potentiomètre constitue le dispositif « grossier » de mesure.

Les mesures de résistance sont effectuées automatiquement par un appareil indicateur-enregistreur (fig. 3; fournisseur, M. E. C. I.) à deux voies qui commute tour à tour le circuit de mesure sur le potentiomètre « grossier », puis sur le potentiomètre « fin ». Le montage est prévu de telle sorte que les résistances des fils de ligne de liaison se neutralisent (fig. 3 bis), ce qui permet de placer l'enregistreur à une distance pratiquement illimitée de la pile sans introduire d'erreur par suite de la résistance de la ligne. L'appareil est muni de deux échelles « mètres » et « millimètres », ce qui permet une lecture directe et instantanée du niveau. En même temps, l'appareil assure un enregistrement permanent de la hauteur d'eau sous forme de deux courbes de couleur différente.

L'enregistreur, situé sur le tableau de commande de la pile, fonctionne en permanence, mais, afin de ne pas fatiguer inutilement le mécanisme « émetteur » (qui est placé dans la pile et dont l'accès est, par conséquent, condamné), une marche intermittente a été prévue. Un contact automatique actionné par l'enregistreur met le mécanisme sous tension toutes les demi-heures pendant 2 minutes. Le système effectue ainsi une mesure du niveau toutes les demi-heures, ce qui est largement suffisant pour les besoins courants.

Le relais qui commande le sens de rotation du tambour commande également deux lampes de signalisation indiquées « montée » et « descente ». Le clignotement incessant de ces lampes indique que le niveau est stable et que la pointe oscille autour de la surface de l'eau. En cas de montée ou de descente du niveau, le système suit le mouvement de l'eau, ce qui entraîne la fixité de la lampe correspondante et l'extinction de l'autre.

Un rupteur en fin de course, actionné par une came montée sur l'axe du potentiomètre « grossier », coupe l'alimentation du moteur par mesure de sécurité au cas où, par suite d'une panne des circuits électroniques, le moteur continuerait indûment sa course dans un sens ou dans l'autre.

Enfin, pour éviter la condensation de vapeur d'eau dans le mécanisme émetteur, une résistance chauffante maintient en permanence l'enceinte dans laquelle est monté le mécanisme à une température supérieure à celle de la cuve.

Précision des mesures. — Le bobinage du potentiomètre « fin » comportant trois spires au millimètre et 1 mm de différence de niveau correspondant à 4 mm de bobinage, soit, à 12 spires, le

Le système possède un pouvoir de définition capable de fournir le dixième de millimètre.

L'enregistreur M. E. C. I. permet des mesures à mieux que 0,3 pour 100 de précision.

D'autre part, afin d'éviter les erreurs dues aux variations de température, le fil de sonde et le tambour d'enroulement sont en acier Invar, de sorte que la variation de la longueur totale du fil pour des variations de température de 100° est inférieure à 0,2 mm.

Une dernière cause d'erreur à examiner réside dans la plage d'incertitude créée par le battement de la pointe à la surface de l'eau. L'amplitude de ces battements est déterminée, non pas comme on pourrait le croire par l'inertie mécanique du système (celui-ci étant très démultiplié), mais par les phénomènes de capillarité au contact de la pointe avec la surface de l'eau (*fig. 4*). En utilisant une pointe très

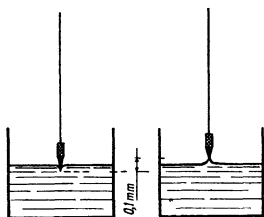


Fig. 4. — Plage d'incertitude causée par l'effet de capillarité.

fine en platine, la plage d'incertitude peut être réduite à environ 0,1 mm.

On voit que les erreurs susceptibles de se présenter ne dépassent pas le quart de millimètre.

L'appareil fournit donc largement la précision de mesure demandée de $\pm 0,5$ mm.

Généralisation du procédé. — Le système que nous venons de décrire a été conçu spécialement pour la mesure du niveau d'eau lourde dans la cuve du réacteur de Saclay. Il va sans dire que ce système pourra être utilisé pour de nombreuses autres applications, en particulier dans tous les cas où il s'agira de mesurer un niveau liquide difficilement accessible ou dont il sera intéressant d'effectuer la mesure ou l'enregistrement à distance.

Dans le cas de liquides très isolants (résistance de contact supérieure à $10^{10} \Omega$) tels que certains carburants, il serait nécessaire de prévoir un flotteur métallique relié à la masse afin de créer un niveau conducteur artificiel (à noter au sujet des carburants qu'il n'y a pas à craindre de danger d'explosion du fait du contact électrique du flotteur avec la pointe, celui-ci n'intéressant que des courants toujours inférieurs au microampère).

Une autre application possible est la mesure de précision d'épaisseurs métalliques. En effet, lorsque, au lieu de se faire avec un niveau liquide, le contact de la pointe se fait avec une surface métallique, les battements deviennent très rapides et leur amplitude extrêmement faible. En réduisant le diamètre du tambour d'enroulement du fil de sonde, ce qui augmente le pouvoir de définition du système, on peut arriver facilement à une précision de mesure de l'ordre du centième de millimètre et ceci pour des pièces dont l'épaisseur totale peut être de plusieurs dizaines de centimètres.

Manuscrit reçu le 22 juillet 1952.