

De la photo-électricité de l'eau et de solutions aqueuses

Autor(en): **Counson, L. / Molle, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **10 (1928)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-742789>

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.

DE LA PHOTO-ÉLECTRICITÉ DE L'EAU ET DE SOLUTIONS AQUEUSES

PAR

L. COUNSON et A. MOLLE

(Avec 3 fig.).

On a cherché depuis longtemps à mettre en évidence la photoélectricité de l'eau et des solutions salines. Dans un travail de E. Bloch ¹ paru en 1909 l'auteur peut écrire que la non photo-électricité de l'eau est considérée comme un fait de notoriété courante. D'après lui, « l'eau pure et les solutions salines présentent presque toujours un effet photo-électrique notable dû à l'existence d'une impureté superficielle, probablement d'une matière grasse. Il n'est possible de faire disparaître cette impureté que moyennant de minutieuses précautions qui n'ont sans doute jamais été prises dans toutes les expériences antérieures. Si donc on n'a jamais signalé d'effet photo-électrique sur l'eau, il faut l'attribuer plutôt au manque de sensibilité des appareils de mesure qu'à la propreté parfaite du liquide ».

Dans ce résumé l'auteur fait surtout allusion à des recherches de Bichat et Blondlot ². Le dispositif expérimental employé par ces deux physiciens consistait en une plaque de verre sur la face de laquelle ruisselait un courant d'eau. La lame d'eau ainsi obtenue était reliée au pôle négatif d'une pile constituée par 80 éléments de Volta. On éclairait la lame d'eau à travers une grille métallique reliée au pôle positif de la pile et un

¹ *Le Radium*, 1909, p. 74.

² *Journ. de phys.*, 1889, p. 248.

galvanomètre astatique à très grande résistance était intercalé sur le circuit.

Cette installation n'est évidemment pas de nature à révéler une susceptibilité faible de l'eau en présence de la lumière. Elle ne permet pas non plus de se rendre compte de la longueur d'onde des radiations qui agiraient sur la surface liquide. Bichat et Blondlot ont pourtant augmenté l'effet possible de l'arc voltaïque en employant comme charbon positif « un charbon contenant une âme formée par un fil d'aluminium ». Mais il n'est pas possible d'apprécier l'absorption qui se produisait entre l'arc et le liquide.

L'appareil construit par E. Bloch est beaucoup plus sensible; les recherches ultérieures sur le même sujet ont été faites à l'aide d'installations certainement inspirées par le dispositif en question.

L'emploi de l'électromètre en augmente la sensibilité au point de rendre perceptible et mesurable un effet plus de 20 000 fois inférieur à celui qu'exercerait la même lumière sur du zinc fraîchement poli. Mais l'arc au mercure employé par Bloch est distant de la surface du liquide de plusieurs centimètres et sa lumière traverse une lame de quartz de plusieurs millimètres d'épaisseur. On peut même se demander, dans ces conditions, qu'elles sont les circonstances qui provoquaient l'apparition de charges à l'électromètre lorsque le liquide étudié était de l'eau distillée « dont la conductivité atteignait facilement 2×10^{-6} , c'est-à-dire le coefficient caractéristique d'un liquide suffisamment pur pour toutes les mesures physico-chimiques ».

Il manque en effet, dans la lumière qui agit finalement sur la surface étudiée, la région spectrale dont les ondes sont le plus absorbées par l'eau. Hallwachs¹ a montré que tous les liquides photo-électriques présentent une forte absorption pour la lumière *u.v.* Il se peut qu'une forte absorption ne soit pas accompagnée d'effet photo-électrique, mais il est évident qu'une lumière produisant cet effet ne doit être cherchée que dans le domaine des ondes absorbées par le milieu étudié.

¹ *Wied. An.* 37, p. 666, 1889.

Kreusler¹ a fait des mesures quantitatives de l'absorption par l'eau pure à la limite de la région de Schumann. Il a obtenu les résultats suivants: 1860 Å, absorption 68,9 %; 1930 Å, 24,5 %; 2000 Å, 14,2 %. Lyman² a montré qu'une couche d'eau de 0 mm 5 d'épaisseur limitait le spectre à 1729 Å. C'est donc dans une région rarement atteinte — et alors rien que partiellement — par les chercheurs précédents qu'il faut voir si l'eau est photo-électrique.

Un élève de Lénard, Obolensky³, a le premier tenu compte de ce fait qu'une action photo-électrique ne peut se produire que sous l'action d'une lumière pour laquelle l'absorption par le milieu a une valeur notable.

Nous avons repris celle de ses expériences qui se rapporte à la photo-électricité de l'eau en utilisant un domaine de lumière légèrement plus étendu du côté des courtes longueurs d'onde. Nous avons aussi essayé de déterminer, après Obolensky⁴ et Poole⁵, le complexe (atome, ion, molécule) d'où provient l'électron arraché dans les propriétés photo-électriques présentées par certaines solutions.

L'appareil utilisé comprend trois parties bien distinctes: la source de lumière; l'appareil intermédiaire; l'appareil de réception.

La source est l'étincelle d'une bobine de Ruhmkorff éclatant entre deux électrodes d'aluminium distantes de 3 mm. L'inter-rup-teur électrolytique formé de dix parties d'acide sulfurique dans 90 parties d'eau distillée a été renouvelé fréquemment; il était entouré d'un refroidisseur à eau.

L'appareil intermédiaire consiste en un disque d'ébonite de 4 mm d'épaisseur. Ce disque est creusé d'une cavité circulaire concentrique, juste assez profonde pour contenir une toile métallique, une mince feuille de papier noir formant écran, avec une fenêtre de 4 mm de diamètre, une lame de fluorine de

¹ *Ann. d. Ph.*, 6, 1901, p. 420.

² *Nature*, juillet 1910.

³ *Ann. d. Ph.* 39, 1912, p. 961.

⁴ *Loc. c.*

⁵ *Phil. Mag.* 1923 p. 895.

2 mm 2 d'épaisseur. La lumière traverse donc, dans le disque armé, une épaisseur de gaz de 1 mm 8. Enfin deux lamelles très minces de mica sont collées sur la face supérieure du disque (fig. 2).

L'appareil « récepteur » est formé d'une cuvette de verre de 4 cm d'ouverture, de 8 mm de profondeur, dont le fond est

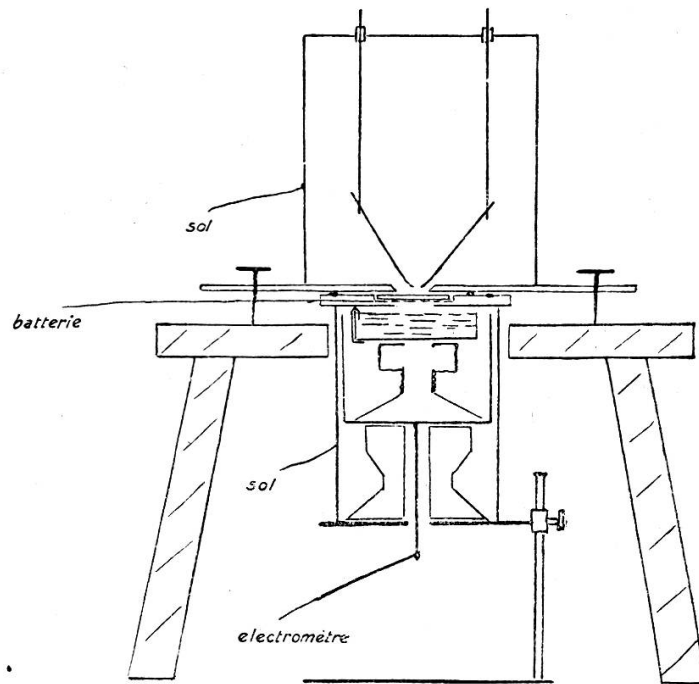


Fig. 1

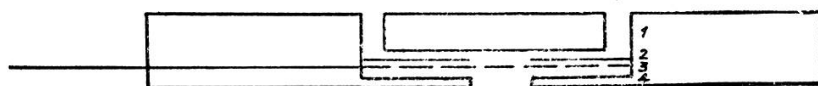
tapissé extérieurement d'une feuille d'étain. Un mince fil de platine plié au bord de la cuvette plonge par son extrémité supérieure dans le liquide étudié, vient se perdre par son extrémité inférieure dans l'épaisseur de la feuille d'étain; il est recouvert sur le bord extérieur de la cuvette, d'une goutte de paraffine.

La cuvette repose sur un large écrou que l'on peut déplacer le long d'un axe fixé perpendiculairement sur le fond d'une boîte cylindrique en laiton. Au fond extérieur de cette boîte est soudée une fine baguette du même métal, au bout de laquelle on attache le fil de liaison à l'électromètre.

La boîte en laiton est supportée par le plateau d'un trépied à crémaillère, par l'intermédiaire d'un bâti en ébonite et ambroïde. Enfin un anneau d'ébonite sert à augmenter la stabilité de l'appareil récepteur dans un cylindre en feuille de laiton qui fait enveloppe protectrice.

La distance entre l'étincelle et la surface étudiée peut toujours être modifiée et évaluée à $\frac{1}{10}$ mm près grâce à la plateforme P (fig. 1). La cage métallique qui porte les électrodes est munie de vis calantes. On peut — cette cage étant enlevée — mesurer à l'aide d'un sphéromètre, la distance entre le bord supérieur du manchon protecteur (c'est-à-dire la face inférieure du disque d'ébonite) et le niveau du liquide dans la cuvette.

fig. 2



- 1 fluorine
- 2 écran
- 3 grille
- 4 ébonite

Pour rendre aussi constantes que possible les conditions dans lesquelles on a fait les différents essais, l'appareil est complètement enfermé dans une cage vitrée à double porte. De la glace y maintient la température au voisinage de 6° ; l'état hygrométrique y restait constant grâce à du chlorure de calcium réparti en différents points de la cage.

L'électromètre à quadrants est installé dans une pièce contiguë à la chambre d'opération. Cette pièce est une chambre noire isolée par des murs épais, et les fluctuations de température y sont faibles.

L'électromètre étant réglé, l'aiguille est portée au potentiel fixe V (160 ϕ) par la pile Q . L'un des pôles de cette pile est au sol ainsi que l'une des paires de quadrants. Soit V_1 le potentiel du système I (fig. 3); la déviation est proportionnelle à la différence $V^2 - (V - V_1)^2 = (2V - V_1) V_1$. Dans toutes les

déterminations qui suivent V_1 est négligeable devant V ; la déviation α est proportionnelle à $2V \cdot V_1$ et par suite à V_1 .

Lorsque l'aiguille oscille il se produit une variation de capacité du système I; cette variation est très faible par rapport à la capacité totale. Le potentiel V_1 et par suite la déviation sont proportionnels à la quantité d'électricité amenée sur le système I.

Dans ces conditions α mesure la quantité $\int_0^t i dt$; le courant, à chaque instant, est proportionnel à la vitesse de rotation de l'aiguille $\frac{d\alpha}{dt}$. Il y a lieu cependant de tenir compte d'une remarque importante: la vitesse de déplacement du spot ne devient uniforme qu'au bout d'un certain temps, deux ou trois secondes dans les mesures relatives à la photo-électricité des liquides étudiés. On peut, d'après Moulin¹ expliquer le fait de la manière suivante: La variation de α en fonction du temps est régie par l'équation différentielle

$$I \frac{d^2\alpha}{dt^2} + a \frac{d\alpha}{dt} + \Gamma\alpha + kit$$

où I est le moment d'inertie de l'aiguille; a le coefficient d'amortissement; Γ le couple directeur. k est proportionnel au potentiel V et inversement proportionnel à la capacité du système. Pour le régime oscillant l'intégrale est

$$\alpha = A e^{-\frac{a}{2\Gamma}t} \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) + \frac{k}{\Gamma} i \left(t - \frac{a}{\Gamma}\right)$$

avec $\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{\Gamma}{I} - \frac{a^2}{4I^2}}$; A et φ sont des constantes.

Au bout d'un certain temps θ le premier terme devient négligeable et on a:

$$\alpha = \frac{k}{\Gamma} i \left(t - \frac{a}{\Gamma}\right)$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{k}{\Gamma} i$$

la vitesse est constante, mais la déviation est en retard de $\frac{a}{\Gamma}$.

¹ *Le Radium*, 1907 p.p. 145 et 188.

On voit qu'il faut commencer la mesure, non à partir d'une même division de l'échelle, mais au bout d'un temps θ après l'isolement de la paire de quadrants.

Pratiquement θ était déterminé par un ou deux essais préliminaires aux mesures effectives sur les différentes substances, en observant le temps après lequel le déplacement du spot sur l'échelle avait lieu en régime constant.

Les différentes opérations conduisant à une mesure ont été effectuées dans l'ordre suivant :

Le liquide filtré était conservé dans un flacon à bouchon en verre rodé. Il était versé dans la cuvette de l'appareil. La différence de niveau entre la surface libre et le bord du manchon protecteur (niveau de la face inférieure du disque d'ébonite) est déterminée au sphéromètre. Le disque d'ébonite armé de l'écran en papier noir et du filtre de fluorine est mis en place. On installe ensuite la cage portant les deux électrodes d'aluminium. On agit sur les vis calantes pour amener le fond de la cage en contact avec les lames de mica sur le disque. On établit les connexions nécessaires pour produire l'étincelle, pour charger la grille et pour mettre les protections électrostatiques à la Terre.

L'électromètre, étalonné, est au repos, l'aiguille chargée à 160 ν .; les 2 paires de quadrants sont à la Terre. On isole une paire de quadrants, le spot oscille avec une amplitude de 2 ou 3 mm vite amortie. On fait éclater l'étincelle; le spot dévie. Après deux ou trois secondes on détermine sa vitesse de déplacement sur l'échelle. Dans les mesures relatives aux liquides on a compté le temps nécessaire pour parcourir 80 mm; dans les quelques essais avec des surfaces métalliques la vitesse de déplacement fut telle qu'il fallait compter avec une longueur d'au moins 200 mm.

Nous avons dit précédemment que nos déterminations se rapportent à une région spectrale un peu plus étendue que celle utilisée par Obolensky: non seulement la couche de gaz absorbants n'a pas atteint 3 mm, mais nous avons établi, entre l'étincelle et la lame de fluorine, un écoulement lent d'azote, dans le but de diminuer l'absorption. Cette modification dans la technique opératoire a augmenté l'action de la lumière sur la

surface étudiée, comme cela ressort du tableau comparatif ci-dessous

Surface étudiée	Cuivre oxydé dans flamme Bunsen		Eau distillée	
	Air	Azote et air	Air	Azote et air
Vitesse de déplacement du spot	220 mm en $3'' \frac{2}{5}$	220 mm en $2'' \frac{4}{5}$	80 mm en $23'' \frac{1}{5}$	80 mm en $20'' \frac{1}{5}$
»	» $3'' \frac{2}{5}$	» $2'' \frac{4}{5}$	» $23''$	» $20''$
»	» $3'' \frac{3}{5}$	» $2'' \frac{4}{5}$	» $23'' \frac{1}{5}$	» $20''$
»	» $3'' \frac{1}{5}$	» $3''$	» $23'' \frac{2}{5}$	» $20'' \frac{1}{5}$
»	» $3'' \frac{1}{5}$	» $2'' \frac{4}{5}$	» $23'' \frac{2}{5}$	» $20'' \frac{1}{5}$
»	» $3'' \frac{1}{5}$	» $2'' \frac{3}{5}$	» $23'' \frac{2}{5}$	» $20'' \frac{1}{5}$
Vitesse moyenne . . .	13 mm en $\frac{1''}{5}$	15 mm 7 en $\frac{1''}{5}$	0 mm 687 en $\frac{1''}{5}$	0 mm 796 en $\frac{1''}{5}$

Pour les mesures relatives à la lame de cuivre la capacité du système I (fig. 3) se trouvait considérablement augmentée. La lame était placée en effet sur un lit de fine grenaille de plomb dont la cuvette était remplie jusqu'au niveau suffisant pour obtenir l'affleurement de la face supérieure de la lame employée. La comparaison des intensités des courants de photo-électrons émis par la lame et par la surface liquide ne peut donc se faire avec certitude. La lame de cuivre oxydé a d'ailleurs été préparée dans des conditions trop imprécises pour prendre comme grandeur étalon l'intensité de courant qui prend naissance à sa surface sous l'action de la lumière *u. v.* Nous avons fait de nombreuses déterminations, à différentes époques, mais en nous plaçant, comme nous le disions précédemment, chaque fois dans les mêmes conditions. Il est apparu que l'intensité du phénomène photo-électrique restait à peu près constante pour l'eau et c'est à partir de ce liquide que nous avons fait la comparaison des diverses solutions étudiées. Pour la simplification de l'exposé nous traduisons par T % la teneur en poids de sel dans 100 gr. d'eau distillée; par V_s la vitesse de déplacement du

spot, moyenne de cinq ou six mesures effectuées comme précédemment; par I un nombre proportionnel à V_s et par suite

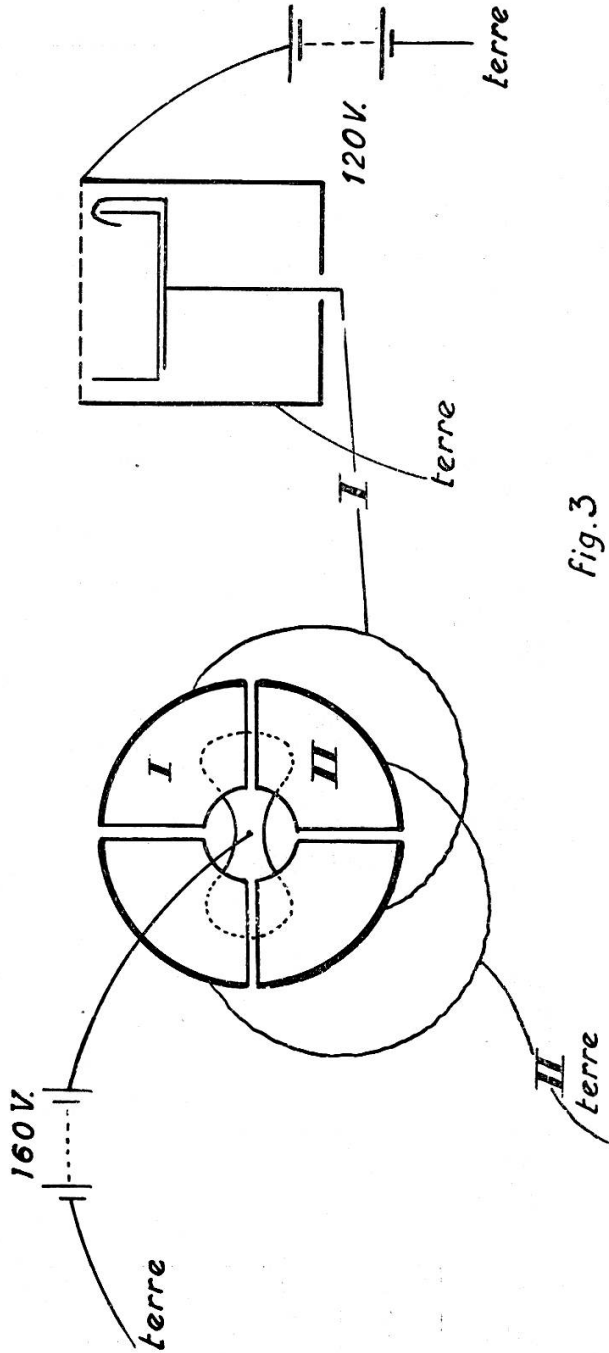


Fig. 3

à l'intensité du phénomène photo-électrique pour la surface étudiée.

Chlorure de sodium

T %	V _s	I
0	0,800	80
1	0,790	79
15	0,752	75
35	0,685	68,5

Bromure de sodium

T %	V _s	I
0	0,803	80
1	0,792	79
15	0,778	78
35	0,686	69

Fluorure de potassium

La solution en question a été préparée dans un petit cristallin tapissé de paraffine. La cuvette de l'appareil a aussi été enduite de paraffine. Nous avons obtenu, dans ces conditions, les valeurs suivantes qui ne peuvent être classées dans le tableau de comparaison; il apparaît pourtant qu'une solution concentrée de fluorure de potassium est moins photo-électrique que l'eau pure

Eau distillée

V _s	I
0,720	72

Deux solutions concentrées

V _s	I
— 0,609	61
+ 0,576	58

Carbonate de sodium

T %	V _s	I
0	0,798	80
1	0,806	81
15	0,926	93
35	1,04	104

Sulfate de sodium

T %	V _s	I
0	0,814	81
5	0,886	89
15	1,15	115
35	1,20	120

Nitrate de soude

Chlorure de potassium

T %	V _s	I
0	0,826	83
5	0,862	86
15	0,905	90,5
35	0,961	96

T %	V _s	I
0	0,786	79
15	0,724	72
35	0,680	68

Il y a, d'après ces résultats, deux sortes de solutions aqueuses : celles dont la photo-électricité est moindre que pour l'eau pure ; celles dont la photo-électricité est plus grande ; la différenciation est nettement caractérisée pour les solutions concentrées, comme cela ressort du résumé ci-dessous :

Solutions dans l'eau distillée

Corps dissous :	Na Cl		Na Br		K Cl		K Fl	
	T %	I	T %	I	T %	I	T %	I
Eau distillée	0	80	0	80	0	79	0	72
	1	79	1	79	—	—	—	—
	5	—	5	—	5	—	—	—
	15	75	15	78	15	72	?	61
	35	68,5	35	69	35	68	?	58

Corps dissous :	Na ₂ CO ₃		Na ₂ SO ₄		Na NO ₃	
	T %	I	T %	I	T %	I
Eau distillée	0	80	0	81	0	83
	1	81	1	—	1	—
	5	—	5	89	5	86
	15	93	15	115	15	90,5
	35	104	35	120	35	96

Au cours de cet exposé nous avons beaucoup insisté sur la technique des opérations. C'est que dans des recherches de ce genre pour lesquelles nous ne pouvons disposer d'une lumière monochromatique de haute fréquence, il était nécessaire que la lumière complexe agissant finalement sur le corps étudié,

fût toujours la même. Nous y avons réussi dans la proportion indiquée dans le tableau précédent: la lumière efficace utilisée dans les différentes mesures a donné — sauf dans un cas — pour un même liquide, l'eau distillée, des valeurs différant entre elles de moins de 4 %.

Conclusions: 1. L'eau distillée est photo-électrique pour de la lumière comprise entre 2000 et 1300 Å; cette propriété n'est pas due à des impuretés se trouvant accidentellement à la surface du liquide.

2. Les solutions concentrées de sels haloïdes sont moins photo-électriques que l'eau pure; les solutions de sels oxygénés le sont plus.

3. Il en résulte que les électrons émis pourraient provenir des atomes d'oxygène des molécules d'eau, et des molécules de sels non dissociées, dans le cas des solutions de sels oxygénés.
