



HAL
open science

Appareils pour la mesure de la radioactivité, d'après la méthode électroscopique

C. Chéneveau, A. Laborde

► **To cite this version:**

C. Chéneveau, A. Laborde. Appareils pour la mesure de la radioactivité, d'après la méthode électroscopique. *J. Phys. Theor. Appl.*, 1909, 8 (1), pp.161-174. 10.1051/jphystap:019090080016100 . jpa-00241440

HAL Id: jpa-00241440

<https://hal.science/jpa-00241440v1>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

**APPAREILS POUR LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ, D'APRÈS LA MÉTHODE
ÉLECTROSCOPIQUE (1) :**

Par MM. C. CHÉNEVEAU et A. LABORDE.

I. La méthode de mesure de la radioactivité la plus précise est la méthode électrométrique (2) : la méthode la plus rapide est, sans contredit, la méthode électroscopique.

Les meilleures applications de l'électroscope à feuille d'or à la détermination de la radioactivité ont été faites d'abord par Pierre Curie (3), puis par M. C.-T.-R. Wilson (4). Ces deux savants augmentèrent, en effet, la sensibilité de l'appareil, le premier en rendant la lecture de la déviation de la feuille plus précise par l'emploi d'un microscope à micromètre oculaire, le second en diminuant le plus possible la capacité.

Divers autres appareils furent également créés ayant pour but spécial, ou bien de mesurer des activités extrêmement faibles telles que celle de l'atmosphère, ou bien d'opérer commodément sur les gaz dégagés spontanément au griffon des sources thermales ou extraits des eaux minérales.

Bien que nous ne puissions faire en ce court exposé l'historique de cette importante question, il nous paraît intéressant de rappeler ici l'électroscope d'Exner (5), avec lequel MM. Elster et Geitel (6) firent la plus grande partie de leurs belles recherches sur la radioactivité de l'air atmosphérique, ainsi que les appareils de Schmidt (7) et de Sieveking (8), pour l'étude rapide des eaux naturelles et des gaz radioactifs.

L'un de nous a déjà fait construire par la Société centrale de Produits chimiques, d'après les indications de Curie, un modèle com-
mode d'électroscope (9). Nous avons pensé qu'il serait intéressant

(1) Communication faite à la Société française de Physique : Séance du 20 novembre 1908.

(2) Pierre CURIE. *Œuvres*, p. 375 : M^{me} S. CURIE. *Ann. Ch. Phys.*, septembre, octobre, novembre 1903 ; — C. CHÉNEVEAU. *Le Radium*, n° 6, p. 181 : 15 décembre 1904.

(3) Pierre CURIE. *Œuvres*, p. 391 : 1908.

(4) C.-T.-R. WILSON. *Proc. Camb. Phil. Soc.*, XII, 2^e partie : 1903.

(5) EXNER. — Voir ELSTER et GEITEL.

(6) ELSTER et GEITEL. — Voir C.-T.-R. WILSON, *Proc. Roy. Soc.*, LXVIII, p. 152, 1901 ; — RUTHERFORD. *Radioactivity (Phys. Series, Cambridge : Phys. Zeit., 1905)*, p. 2.

(7) SCHMIDT, *Phys. Zeit.*, 361 : 13 septembre 1905.

(8) SIEVEKING, *Phys. Zeit.*, 700 : octobre 1905.

(9) Pierre CURIE. *Œuvres*, p. 393 : 1908.

d'appliquer cette nouvelle forme de l'appareil à la réalisation d'instruments de mesure dont les avantages pratiques puissent permettre à n'importe quel physicien ou chimiste d'obtenir aisément, au laboratoire ou sur le terrain, la valeur de la radioactivité d'un corps, quelle qu'en soit la nature. Ce sont ces appareils que nous allons décrire.

II. Les mesures radioactives peuvent s'adresser à des corps solides, gazeux ou liquides. Quand ces corps sont placés dans le champ électrique d'un électroscope chargé, cet appareil se décharge sous l'effet de la conductibilité acquise par l'air soumis aux rayonnements de la substance radioactive.

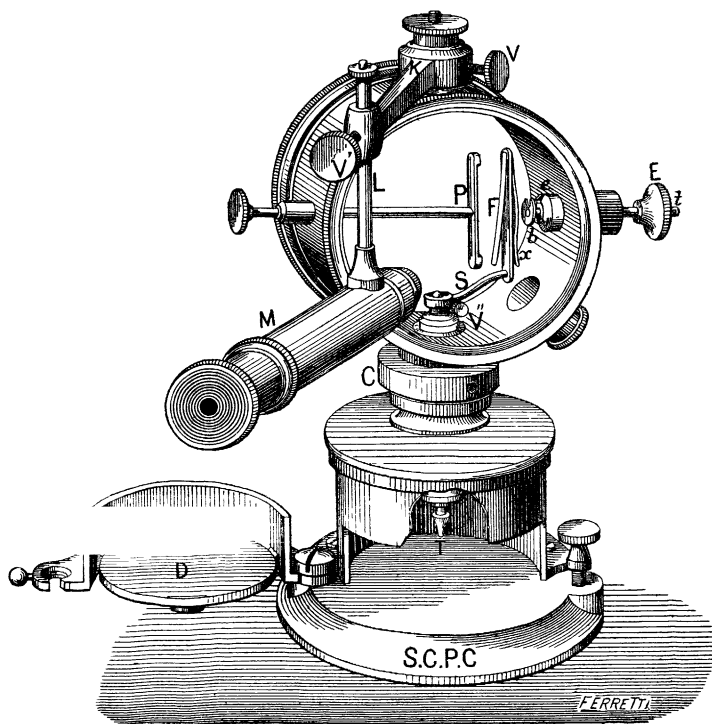


FIG. 1.

L'électroscope (fig. 1 et 2) est constitué par une cage métallique, en forme de section de tube, limitée par deux glaces de verre à faces parallèles.

A la partie inférieure se visse un col métallique C dans lequel est mastiquée l'ambroïde destinée à isoler électriquement la feuille d'aluminium. L'ambroïde porte dans ce but une tige métallique qui la traverse de part en part. Cette tige métallique se termine, à la partie supérieure, dans la cage de l'électroscope, par une pièce cylindrique sur laquelle une vis de serrage V'' permet de fixer le support S de la feuille d'aluminium F ; et, à la partie inférieure, par un filetage sur lequel se vissent les diverses tiges de déperditions appropriées aux différents appareils de mesure. La cage de l'électroscope est donc complètement fermée et peut être d'ailleurs desséchée à l'aide d'un tube latéral démontable D (*fig. 2*) contenant de l'anhydride phosphorique ou du sodium. La feuille d'aluminium ne communique métalliquement avec l'extérieur que par la tige isolée dans l'axe de l'ambroïde. Ce dispositif entraîne nécessairement deux surfaces de fuite le long de l'isolant. Nous l'avons pourtant adopté afin que l'électroscope reste complètement à l'abri des poussières radioactives et que, seuls, les appareils accessoires soient exposés à acquérir une radioactivité gênante.

La feuille d'aluminium peut être chargée électriquement à l'aide d'une tige métallique *t* traversant la paroi de la cage de l'électroscope dont elle est isolée par de l'ébonite⁽¹⁾. Cette tige peut tourner autour de son axe et coulisser dans l'ébonite suivant son axe ; elle porte, à l'intérieur de la cage, une petite plaque métallique *b*, excentrée, que l'on peut amener en contact, soit, pour la charge, avec un petit ressort *x* fixé sur le support de la feuille d'aluminium, soit, après la charge, avec la cage de l'électroscope en calant l'excentrique *b* contre un ergot *e* réuni à la cage. Les phénomènes d'influence pouvant provenir du chargeur sont donc ainsi évités.

Les mouvements de la feuille d'aluminium sont observés, comme dans les anciens électroscopes Curie, au moyen d'un microscope M muni d'un micromètre oculaire. Le support K du microscope est fixé sur la cage de l'électroscope, à la partie supérieure, au moyen d'une bague commandée par une vis de serrage V ; à l'extrémité du support K est adaptée la tige qui porte le tube de coulisse du microscope ; cette tige peut glisser et tourner dans son logement et γ est

(1) Une source d'électricité quelconque à haut potentiel (pile, accumulateur, bouteille de Leyde, etc.) peut être employée. Le plus commode est encore d'approcher contre la tige *t* un petit bâton d'ambroïde électrisé par frottement sur du drap.

fixée par un bouton à vis V' dans une position quelconque. Un tel dispositif permet de donner au microscope, placé dans sa coulisse, une orientation quelconque par rapport à la cage de l'électroscope,

Comme il est nécessaire, pour l'accord précis des mesures comparatives, que la position du microscope soit toujours la même, nous avons établi un repérage exact de cette position : dans ce but, la vis V vient serrer dans un logement pratiqué dans la monture, définissant ainsi la position du support K.

Pour fixer l'orientation du microscope, une fine croix de repère a été gravée sur la glace antérieure de la cage, et cette glace est elle-même repérée par rapport à la monture métallique ; quand le microscope vise alors cette croix de repère sur le point 100 du micromètre, il est sensiblement normal aux glaces de l'appareil, et il peut être immobilisé dans cette position par le serrage d'une vis V'.

La pièce porte-ambroïde est filetée à la partie inférieure et permet de visser l'électroscope sur un appareil de déperdition quelconque⁽¹⁾.

Enfin la feuille d'aluminium peut être calée, pour le transport, par une pièce métallique P convenablement disposée à l'intérieur de la cage et manœuvrée de l'extérieur par une tige couissant dans la paroi de l'appareil.

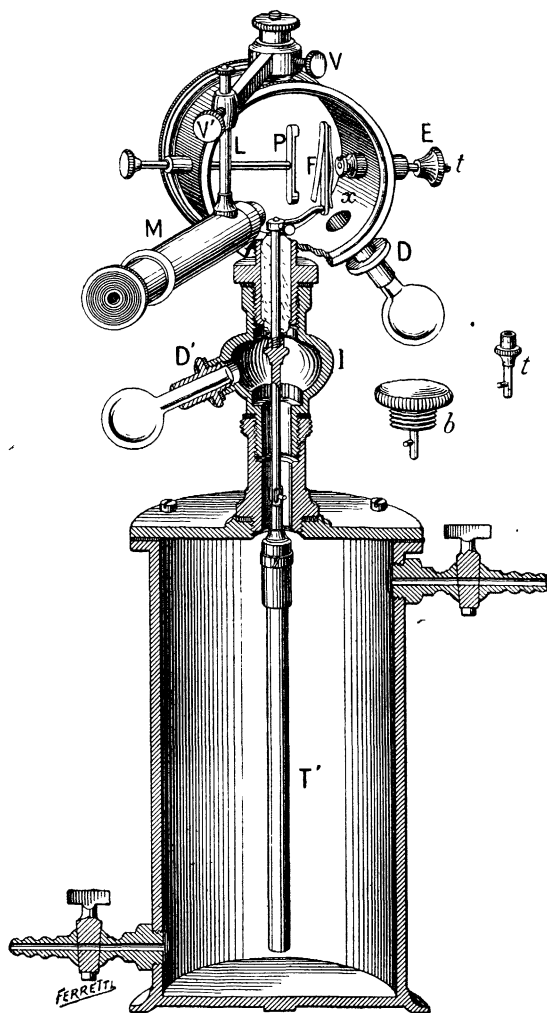
III. *Pour l'étude des corps solides*, on place l'électroscope sur une cage métallique (*fig. 1*) ; la tige de déperdition T, assez courte, plonge dans cette cage, qui renferme à la partie inférieure un plateau D sur lequel peuvent se placer des disques métalliques de différents diamètres, destinés à supporter la matière active étudiée. Ces disques s'introduisent aisément dans l'appareil au moyen d'une porte assez haute pratiquée dans la paroi cylindrique et dont la seule manœuvre permet de placer le disque dans l'appareil ou hors de l'appareil⁽²⁾. Ce dispositif évite la chute de matières actives dans la cage.

Le champ électrique ainsi produit entre tige et plateau n'est pas évidemment aussi simple que celui obtenu entre deux plateaux paral-

(1) Nous devons signaler que, dans un modèle plus récent, nous avons modifié ce dispositif pour que la partie inférieure de la pièce porte-ambroïde entre à frottement dans le col de l'appareil de déperdition, le raccord et l'immobilisation de l'électroscope se faisant à l'aide d'une bague de serrage filetée assez large.

(2) Il est nécessaire, pour faire de bonnes mesures, d'employer les corps réduits en poudre ; notre appareil permet cependant d'opérer sur des fragments de minéral assez gros, ainsi que peut l'exiger une première expérience grossière faite sur le terrain.

lèles. Il est néanmoins aisé de voir que, du moment que le champ électrique garde la même forme, sa complexité n'empêche nullement de faire des mesures tout à fait comparables.



S.C.P.C

FIG. 2.

IV. Pour l'étude des gaz radioactifs, l'électroscope se place (fig. 2) sur le col d'un cylindre de cuivre fermé aux deux extrémités et muni

de robinets métalliques qui permettent l'introduction des gaz radioactifs.

Sur la tige de l'électroscope est, dans ce cas, vissée une tige t qui soutient, par un raccord à baïonnette, une tige de déperdition T constituant dans le condensateur cylindrique une armature isolée.

Ces cylindres étant destinés à recevoir des gaz qui doivent parfois y séjourner un temps prolongé et y subir plusieurs mesures successives, il a paru utile de prévoir un bouchage de ces cylindres permettant d'enlever l'électroscope de l'appareil après une mesure, sans que le gaz contenu dans l'appareil puisse s'en échapper. Un tel bouchage a été réalisé en ajustant dans le col de l'appareil un bouchon métallique cylindrique qui porte à la partie inférieure la tige cylindrique T' et qui se raccorde à la tige de l'électroscope par un dispositif à baïonnette. En examinant la *fig. 2*, on conçoit, en effet, que, d'après les dimensions de l'appareil, le bouchon obture encore le col, alors que l'électroscope est déjà fixé sur l'appareil et que, lorsque cette fixation est définitive, le bouchon se trouve dégagé et la tige de déperdition isolée.

Quand l'électroscope a été enlevé d'un cylindre renfermant des gaz radioactifs, le cylindre doit être aussitôt bouché hermétiquement avec un bouchon à vis b et, au cours de cette manœuvre, grâce à l'exiguïté du volume du col où se fait l'obturation, il ne sort pas du cylindre 1/1 000 du gaz étudié ; nous nous en sommes assuré expérimentalement.

Bien qu'il soit préférable de n'introduire dans ces cylindres que des gaz secs, nous avons prévu que certains observateurs pourraient introduire directement de l'eau dans les cylindres de mesure.

Dans ces conditions, il est bon de protéger l'isolant contre l'humidité en vissant entre l'électroscope et le cylindre une boîte I renfermant un corps desséchant quelconque contenu dans l'ampoule de verre D .

Enfin, lorsqu'on étudie des corps très actifs, le cylindre peut s'activer, et il nous a semblé nécessaire de construire nos cylindres avec couvercle démontable, afin de donner facilement accès à l'intérieur et de permettre un lavage superficiel à l'acide nitrique ou un grattage. C'est d'ailleurs une idée générale qui nous a guidés dans la construction de ces appareils de les rendre complètement démontables pour les nettoyer convenablement et de supprimer le plus

possible la déperdition électrique propre de l'appareil. Tous les joints nécessités par ces différents montages tiennent d'ailleurs convenablement le vide.

V. Avant de procéder à une mesure de radioactivité, il faut déterminer la *fuite spontanée* de l'appareil, due à une légère conductibilité superficielle de l'isolant et à une faible ionisation possible de l'air de l'appareil de mesure. Cette perte, de charge, comme toute déperdition, se mesurera en mettant un compte-secondes en marche au moment du passage de la feuille d'aluminium devant une division du micromètre et en arrêtant le compte-secondes quand la feuille atteindra une autre division. On observe ainsi que la feuille a parcouru un chemin d pendant un temps t et la vitesse de chute v , mesurée par le quotient $\frac{d}{t}$ et exprimée en divisions du micromètre par seconde, mesurera la fuite propre de l'appareil.

Nous estimons que, pour se trouver dans de bonnes conditions, c'est-à-dire pour que les résultats d'une mesure soient réellement démonstratifs, il faut que cette fuite spontanée ne soit pas supérieure au dixième de la vitesse de chute mesurant le phénomène étudié.

VI. Pour mesurer l'activité d'un corps solide, on le répand uniformément à la surface du plateau D de l'appareil (*fig. 1*). On mesure la déperdition de l'appareil sous l'influence du produit étudié. Puis on fait une expérience analogue avec un disque de même surface recouvert d'oxyde noir d'uranium.

Dans les deux cas, il faut retrancher des vitesses de chute obtenues celle due à la fuite spontanée de l'appareil.

On dit alors que le produit mesuré a une activité de 1, 2, 3, quand la déperdition obtenue, toutes corrections faites, sera 1, 2, 3 fois plus grande que celle produite par l'oxyde d'uranium.

Ces mesures ne sont que comparatives ; elles peuvent différer d'un modèle d'électroscope à un autre, parce que l'ionisation produite par les diverses substances radioactives et le pouvoir de pénétration des divers rayonnements émis par ces corps ne sont pas les mêmes.

Quand il s'agira du *radium*, des mesures quantitatives très précises pourront être faites grâce aux propriétés de l'émanation du radium ; nous en reparlerons plus loin.

VII. Les *gaz* à étudier peuvent provenir, soit de l'atmosphère, soit du sol, soit du griffon d'une source d'eau minérale. Ils peuvent

encore avoir été extraits par ébullition ou par barbotage d'une eau dont on veut connaître la radioactivité.

On introduit dans un cylindre bien sec un volume connu du gaz desséché au préalable et débarrassé des poussières par un passage sur l'anhydride phosphorique, puis sur un tampon d'ouate. L'introduction des gaz dans l'appareil est une opération facile si l'on a fait un vide partiel dans le cylindre de mesure à l'aide d'une trompe à eau ou d'une pompe à main.

La pression dans le cylindre étant amenée à la pression atmosphérique, la vitesse de déperdition de l'électroscope mesurera la radioactivité du gaz.

Si cette radioactivité est due à de l'émanation du radium, il est possible d'exprimer quantitativement la teneur du gaz en émanation. Pour unité de quantité d'émanation, nous avons pris le *milligramme-minute*, c'est-à-dire la quantité d'émanation que peut fournir 1 milligramme de bromure de radium pur en 1 minute (Curie et Laborde)⁽¹⁾.

Pour étalonner l'appareil, on introduit dans le cylindre une quantité connue d'émanation du radium⁽²⁾ et on mesure la déperdition de l'électroscope, *trois heures après l'introduction de l'émanation*⁽³⁾. Cette mesure permet de calculer que, dans ces conditions, une vitesse de chute de la feuille d'aluminium de 1 division du micromètre par seconde correspond à l'introduction de *n* milligrammes minutes d'émanation du radium dans l'appareil.

Si l'on introduit alors une quantité *x* d'émanation, seule ou mélangée avec un gaz, et si *v* est la vitesse de chute au bout de trois heures on aura :

$$x = nv.$$

(Si *v* est exprimée en divisions du micromètre par seconde, *x* est exprimée en milligrammes-minutes.)

Mais on ne dispose pas toujours de solution titrée de bromure de

(1) CURIE et LABORDE (*C. R.*, t. CXXXVIII, p. 1150; 1904). — Cette unité est pratique, eu égard aux quantités d'émanation contenues dans les gaz des sources thermales. L'unité absolue serait le gramme-seconde de radium.

(2) La quantité d'émanation émise par une solution d'un sel de radium est donnée par la formule :

$$E = \frac{Q}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t}),$$

où *L* = poids de RaBr_2 , $\lambda = 1,205 \cdot 10^{-4}$, si *t* est exprimé en minutes.

(3) Voir sur la mesure des gaz radioactifs, P. CURIE et A. LABORDE (*C. R.*, CXXXVIII, p. 1150, 1904; CXLII, p. 1462, 1906; A. LABORDE (*le Radium*, n° 1, p. 1, 1904; n° 2, p. 386, 1905).

radium. D'autre part, comme la vitesse de chute de la feuille d'aluminium, produite par une quantité donnée d'émanation, ne serait pas la même pour des feuilles d'aluminium de sensibilités différentes, nous avons déterminé expérimentalement que 0,34 milligramme-minute introduits dans le cylindre provoquent, trois heures après leur introduction, une vitesse de chute V de la feuille égale à celle que produit le disque d'oxyde d'uranium dans l'appareil à solides.

Si l'on introduit une quantité x d'émanation dans le cylindre et si la feuille d'aluminium tombe avec une vitesse v , la quantité x sera donnée par la relation :

$$x = 0,34 \frac{v}{V} \quad (1).$$

Lorsqu'un cylindre est ainsi étalonné, il permet de déterminer non seulement la teneur d'un gaz en émanation, mais encore la richesse d'un minerai en radium : en effet, il suffit de mettre un poids déterminé du minerai en solution par des traitements chimiques appropriés ⁽²⁾, puis de laisser s'accumuler en vase clos l'émanation que peut émettre la solution pendant un temps connu. La loi suivant laquelle s'accumule l'émanation permet de calculer le poids de radium qui l'a produite ⁽³⁾.

VIII. La radioactivité des *eaux* est due aux corps radioactifs qu'elles renferment en dissolution : émanation ou corps solides.

Les *émanations radioactives* dissoutes peuvent être étudiées par divers procédés.

1° On peut mettre directement un volume connu d'eau dans le cylindre surmonté de sa boîte desséchante et de l'électroscope ;

2° On peut réunir par leurs cols deux cylindres l'un au-dessus de l'autre, remplir d'eau l'un des cylindres et retourner plusieurs fois l'appareil, en laissant chaque fois l'eau du cylindre supérieur s'écouler dans le cylindre inférieur à travers le raccord ; puis séparer, finalement, les deux cylindres et placer l'électroscope muni de la boîte intermédiaire de dessiccation sur le cylindre plein d'air.

(1) La constante 0,34 est indépendante de la sensibilité de la feuille d'aluminium et reste invariable pour un électroscope, un cylindre et un appareil à solides donnés.

Déterminée, d'autre part, pour plusieurs séries d'appareils de la même fabrication, elle n'a jamais varié de plus de quelques centièmes.

(2) J.-R. STRETT, *le Radium*, juin 1906.

(3) MACHE, ST. MEYER et E. V. SCHWEIDLER, *le Radium*, 3^e année, n° 2, février 1906. p. 39. — A. LABORDE. *loc. cit.*

Ces procédés ont l'inconvénient d'activer les cylindres de mesure dans le cas où l'eau étudiée renferme des sels radioactifs en dissolution ; ils nécessitent, de plus, que l'on tienne compte de la solubilité de l'émanation (1).

Aussi le procédé le plus précis au point de vue quantitatif consiste-t-il à faire bouillir un volume connu d'eau dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant et à recueillir sur le mercure les gaz chassés par ébullition ; on peut aussi, pour plus de sûreté, faire barboter un peu d'air inactif dans le ballon, à la fin de l'opération, pour entraîner tous les gaz actifs. Ces gaz sont introduits dans un cylindre de mesure et leur radioactivité se mesure comme précédemment.

Les *corps radioactifs dissous* sont reconnus en conservant l'eau radioactive en vase clos pendant un temps prolongé et en recherchant, par l'un des procédés décrits ci-dessus, si elle renferme encore une émanation.

IX. Les dimensions de nos appareils sont telles (diamètre du cylindre de déperdition, 12 centimètres ; diamètre de l'électrode centrale, 1 centimètre), que, sous une charge d'environ 300 volts, le courant de saturation est obtenu, à 1 ou 2 0/0 près, pour les plus forts courants pratiquement mesurables.

Nous mentionnons ci-dessous les constantes principales de nos appareils. Mais auparavant il convient d'observer que ces constantes sont calculées en prenant pour limite des faibles courants mesurables ceux qui sont dix fois plus forts que la fuite spontanée de l'appareil. Or, certains auteurs, tels que M. Strutt, qui surent tirer d'un électroscope le maximum de sensibilité possible, estiment (voir *le Radium*, 1906, p. 163) qu'une mesure est démonstrative si elle est représentée par une augmentation de moitié de la fuite spontanée. Dans de semblables conditions, il faudrait attribuer à nos appareils une sensibilité dix-huit fois plus forte ; dans le tableau ci-dessous, nous n'avons pas voulu signaler comme limite pratique inférieure de sensibilité des nombres où les erreurs d'expériences peuvent devenir importantes entre les mains d'observateurs insuffisamment attentifs.

(1) Il faut alors opérer, comme MM. H. Mache et St. Meyer (*Phys. Zeit.*, 692 ; octobre 1905), en mesurant la solubilité de l'émanation dans les eaux étudiées. — TRAUBENBERG, *Phys. Zeit.*, 430 : 1904 ; — HOFMANN, *Phys. Zeit.*, 337 ; 1905 ; — KOFLER, *Phys. Zeit.*, 11. 6 : 1908.

Les constantes principales de nos appareils sont les suivantes :

Potentiel de charge de la feuille d'aluminium correspondant à la saturation, environ	300 volts
1 division du micromètre vaut.....	0,4 volt
Capacité de l'électroscope monté sur un cylindre de 3 litres (1)	14 à 15 cm.
Vitesse de chute spontanée ordinaire : 0,0033 division par seconde, soit.....	0,0013 volt/sec.
Vitesse de chute minimum mesurable (10 fois plus grande que la précédente) : 0,033 division par seconde, soit	0,01 volt/sec.
Courant minimum mesurable dans le cylindre (ce courant est 60 fois plus fort que le courant que produirait l'air atmosphérique)	$2 \cdot 10^{-13}$ ampère
Quantité minimum d'émanation du radium mesurable dans le cylindre.....	$0,0019 \frac{\text{mg.}}{\text{min.}}$
Quantité minimum de bromure de radium dosable par l'émanation [cette quantité correspond à celle contenue dans 10 litres d'eau de mer ou dans 50 grammes de sables du fond de la mer (M. Joly, <i>Phil. Mag.</i> , mars et juillet 1908)]	$2,3 \cdot 10^{-7}$ mg.
Activité minimum mesurable pour les solides (l'oxyde d'uranium étant pris pour unité).....	$\frac{1}{200}$

X. Ainsi les appareils se prêtent facilement aux mesures de radio-activités de minerais et, étalonnés, permettent le dosage du radium par son émanation et l'étude de la radioactivité des eaux minérales (2). Nous donnerons comme exemple les résultats récents, obtenus avec

(1) Nous avons déterminé cette capacité en mesurant, par la méthode du quartz piézo-électrique de Curie, en unités électrostatiques, le courant de saturation i produit, dans un cylindre de dimensions identiques à celles du nôtre, par une quantité connue d'émanation du radium.

Connaissant, d'autre part, la perte de volts par seconde v de notre appareil pour la même quantité d'émanation, il était possible d'en déduire la capacité :

$$C = \frac{i}{v \times \frac{1}{300}}$$

Pour vérifier ce résultat, nous avons encore comparé cette capacité par la méthode de lord Kelvin à une capacité étalon de M. Moulin, construite par M. Beaudoin (Voir *le Radium*, V. n° 5. p. 143 : 1908).

Nous avons trouvé $C = 12$ centimètres (notre appareil n'ayant pas d'anneau de garde, cette mesure était peu précise). Dans un nouveau modèle, nous avons cru intéressant de réduire encore cette capacité, qui siège en grande partie dans l'ambroïde.

(2) Un article sera publié ultérieurement à la *Revue scientifique* (C. Chéneveau et A. Laborde) dans lequel ce côté du sujet sera plus particulièrement exposé.

cet appareil par un certain nombre d'observateurs dans l'étude des eaux minérales. Ces travaux ont permis de faire rentrer dans la classification, déjà donnée par Curie et Laborde, un certain nombre de sources thermales radioactives.

Nom de la source	Date de l'extraction	Nombre de milligr.-minutes contenus dans 10 litres d'eau		Auteurs (1)	Conditions de la mesure
		à la source	4 jours après		
<i>La Bourboule :</i>					
Puits Choussy, 47 mètres de profondeur....	4-08	3,56	1,78	MM. A. Laborde <i>expérience inédite</i>	à Paris 2 jours après l'extraction
<i>Plombières :</i>					
Les Capucins....	8-07	2,03	1,01	A. Brochet	à la source
Vauquelin.....	»	0,84	0,42	C. R. Acad. des Sc., 27 janvier 1908	»
<i>Bussang :</i>					
Grande-Salmade.	4-08	1,3	0,64	A. Laborde <i>expériences inédites</i>	à la source
Demoiselles....	»	0,73	0,36		
Petite-Salmade..	»	0,66	0,33		
Marie.....	»	0,49	0,24		
Eau de la montagne.....	»	0,04	0,02		
<i>Dirza (Corse) :</i>					
Dirza.....	12-07	0,42	0,21	A. Laborde <i>expériences inédites</i>	à Paris 6 jours environ après l'extraction
Dirza Sotana....	3-08	0,42	0,21		
Dirza Soprana...	6-08	0,28	0,14		
Dirza Corna....	10-08	0,18	0,09		
Dirza Molino....	12-08	0,16	0,08		
Piazzilaccè.....	10-08	0,06	0,03		
Paoticiola.....	10-08	0,06	0,03		
Muro.....	11-08	0,06	0,03		
<i>Uriage :</i>					
Source principale.....	8-08	0,013	0,007	P. Besson C. R. Acad. des Sc., t. CXLVII, p. 848, 1908 G. Massol C. R., t. CXLVII, p. 844, 1908	à la source

XI. Si nous avons donné pour unité de quantité d'émanation, d'après P. Curie⁽²⁾, le milligramme-minute de RaBr², c'est qu'il conduit à des déterminations quantitatives absolues.

(1) M. Moureu publiera prochainement des résultats d'expériences effectuées à Luchon.

(2) P. CURIE et A. LABORDE, C. R. Ac. Sc., CXXXVIII, p. 1150; 9 mai 1904.

D'autres auteurs ont préféré caractériser une quantité d'émanation du radium par la grandeur du courant de saturation qu'elle produit sous l'effet de son seul rayonnement, c'est-à-dire en l'absence des rayonnements dus à sa radioactivité induite.

M. William Duane⁽¹⁾ a déjà fait observer avec raison que, pour une même quantité d'émanation, un tel courant variait d'un appareil de mesure à un autre, suivant la plus ou moins grande proportion de rayons qui sont absorbés par les parois de l'appareil : il a déterminé expérimentalement les coefficients d'une loi simple :

$$I_0 = C - K \frac{S}{V},$$

qui donne la valeur du courant I_0 dû à 1 gramme-seconde d'émanation seule au moment de son introduction dans l'appareil en fonction du volume V et de la surface S de l'appareil.

Il convient donc, comme l'ont fait les premiers MM. H.-W. Schmidt et Karl Kurz⁽²⁾, de donner comme mesure d'une quantité d'émanation le courant qu'elle pourrait produire si tous ses rayons étaient absorbés dans l'air.

Cela reviendrait, indirectement, à exprimer une quantité d'émanation, car un tel courant est indépendant de l'appareil de mesure.

La détermination du courant I_0 , produit au moment précis de l'introduction de l'émanation dans l'appareil, se déduit d'ailleurs facilement de mesures faites de minute en minute après l'introduction : en effet M. William Duane a publié⁽³⁾ un tableau calculé d'après la formule de P. Curie et J. Danne⁽⁴⁾ dans lequel figurent les rapports

(1) W. DUANE, *J. de Phys.*, t. IV, 4^e série, p. 605; 1905.

(2) *Phys. Zeit.*, 1906, p. 209-224. — La loi de Duane ne s'applique peut-être pas exactement à d'aussi petits appareils que celui de ces auteurs.

(3) *Loc. cit.*

(4) Si l'on introduit de l'air chargé d'émanation du radium dans un cylindre de mesure, le courant électrique de saturation, I , que l'on peut faire passer à travers le gaz contenu dans ce récipient, croît rapidement pendant les dix premières minutes, puis plus lentement, et atteint une valeur maximum au bout de trois heures environ. P. Curie et M. Danne ont trouvé entre le courant I et le temps t une relation de la forme :

$$I = I_0 \left\{ \alpha - \beta \left[\lambda e^{-at} - \mu \left(\frac{c}{b-c} \frac{a}{a-b} e^{-bt} - \frac{b}{b-c} \frac{a}{a-c} e^{-ct} \right) \right] \right\},$$

qui comprend deux termes principaux : le premier dû à l'émanation seule et le second correspondant à l'apparition progressive de la radioactivité induite. Dans cette équation, I_0 est la valeur du courant I quand $t = 0$, c'est-à-dire représente le courant de saturation dû à l'émanation seule (P. CURIE et J. DANNE, *C. R.*, t. CXXXVIII, p. 683; 1904).

du courant I_0 aux courants successifs mesurés de minute en minute à partir de l'introduction (1).

XII. Cet appareil se prête, bien entendu, aux mesures des activités induites, en un mot à toutes les études de radioactivité.

Grâce au col qui peut être adapté sur n'importe quel appareil de mesure dont la forme et les dimensions sont variables à l'infini l'électroscope peut se transporter d'un appareil sur un autre et servir à des emplois multiples.

Nous serions heureux si notre travail, aidant à la diffusion des mesures de radioactivité, permettait d'augmenter l'étendue de nos connaissances sur un sujet aussi important dont l'étude mériterait d'être plus généralisée en France ; et nous tenons, en terminant, à remercier bien sincèrement M^{me} Curie et M. Debierne des encouragements qu'ils nous ont souvent donnés.
