

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 8 (1944-1946)
Heft: 1

Artikel: Recherches sur les écoulements gazeux ionisés unipolaires et méthode de détermination des dimensions des ions : étude de physique théorique et expérimentale

Autor: Joyet, Gustave

Kapitel: V: Dispositif experimental général

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-287468>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

| Constitution de l'ion | Libre parcours $l \cdot 10^6$ cm | Coefficient de diffusion D | Coefficient d'affaiblissement $\lambda_1 \cdot 10^3$ |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 mol. air | 6,85 | 0,106 | 1,92 |
| 2 mol. air | 4,38 | 0,0477 | 0,867 |
| 3 mol. air | 3,25 | 0,0289 | 0,526 |
| 2 O ² | 4,38 | 0,0453 | 0,825 |
| 2 N ² | 4,37 | 0,0483 | 0,878 |
| 2 H ² O | 4,00 | 0,0552 | 1,004 |
| H ² O + O ² | 4,05 | 0,0473 | 0,862 |
| CO ² | 4,83 | 0,0603 | 1,096 |

Ces calculs montrent comment on peut évaluer les dimensions des ions à partir du coefficient d'affaiblissement exponentiel, à la condition que l'on ait des indications sur la nature chimique des molécules qui les constituent. Dans le cas d'un gaz simple, où les édifices sont formés à partir d'un seul type de molécules connues, la détermination est aisée. Elle l'est moins dans le cas d'un mélange de gaz où les variétés de constitutions chimiques possibles sont nombreuses.

CHAPITRE V

DISPOSITIF EXPERIMENTAL GENERAL

§ 26. Description du dispositif expérimental.

Pour déterminer expérimentalement l'affaiblissement de la densité ionique dans un écoulement, nous avons réalisé le dispositif représenté par le schéma de la figure 26. Il comporte une circulation d'air fermée actionnée par une soufflante-aspirante.

Le circuit comprend:

la chambre d'ionisation de type I (chap. II, § 10) avec son dispositif séparateur adossé,

le tube métallique dans lequel la déperdition est étudiée,

l'appareil pour la mesure des densités (chap. I, § 4 et 6) avec condensateur, électromètre et quartz,

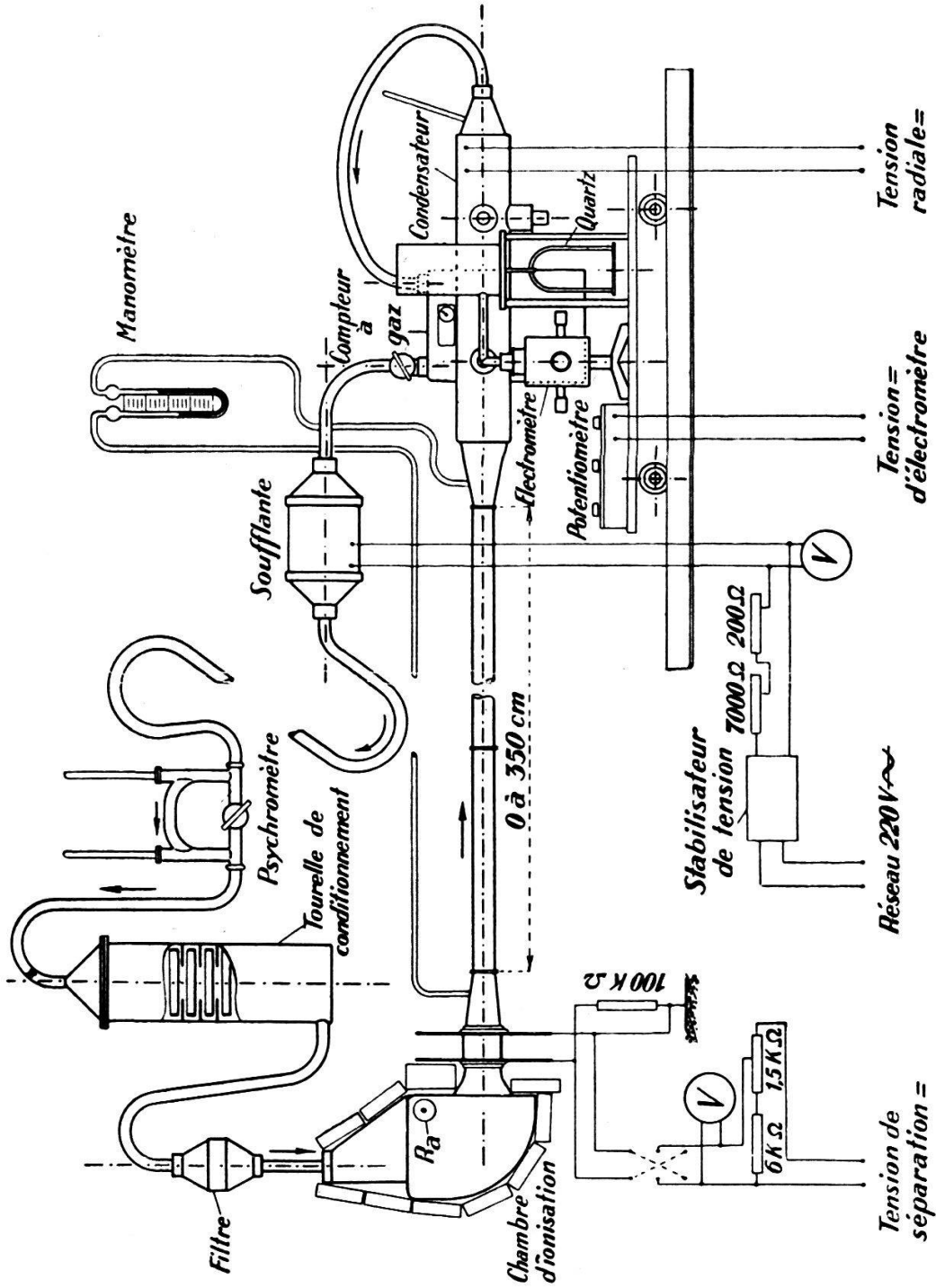


FIG. 26. — Schéma du dispositif expérimental.

un compteur à gaz,
une soufflante-aspirante centrifuge avec moteur électrique à collecteur (type universel) adossé,
un psychromètre à aspiration (genre ASSMANN),
une tourelle pour le conditionnement du gaz en humidité,
un filtre enfin, formé d'un tampon de 50 g de gaze médicale serrée pour l'absorption des poussières, des ions lourds ou des noyaux.

Les connexions souples sont en tube de caoutchouc.

La chambre d'ionisation, avec la masse de plomb qui la protège, est posée sur un chariot mobile sur des rails parallèles au tube de déperdition.

La tension de séparation issue d'une batterie est réglée par un potentiomètre et mesurée par un voltmètre de précision; elle peut être inversée. Une résistance de 100 k Ω assure la mise à la terre de la chambre et de la première grille lorsque la tension de séparation est nulle. Cette mise à la terre est importante lorsqu'on effectue le relevé de courbes de séparation des ions pour obtenir avec précision le point initial des courbes.

Tous les appareils du dispositif de mesure: condensateur, électromètre, quartz piézoélectrique, compteur à gaz, potentiomètres, avec lesquels on réalise le schéma de la figure 10, sont disposés sur un chariot. C'est devant ce chariot, mobile sur rails, que se place l'expérimentateur.

La soufflante-aspirante est placée sur le même chariot. Un berceau de caoutchouc tendre en amortit les vibrations. La tension du réseau qui l'alimente est préalablement stabilisée à 1 % près par un dispositif stabilisateur à transformateur saturé. On réduit ainsi au minimum les variations de débit consécutives aux variations de tension du réseau. Le débit d'air désiré se règle, après étalonnage, sur la tension aux bornes en agissant sur des résistances.

Les tubes métalliques dans lesquels la déperdition ionique est étudiée sont des tubes d'aluminium (99 % de pureté) avec des diamètres intérieurs de 1,5, 3,0, 4,8 et 7,6 cm. Ils sont coupés par tronçons de (25) 50, 100 et 150 cm. En les assemblant bout à bout on peut obtenir, de 50 en 50 cm, toutes les longueurs de 0 à 350 cm. L'assemblage s'effectue par des manchons de caoutchouc pour les petits diamètres, par des brides boulonnées avec joint de caoutchouc pour les grands diamètres. Les sections des tubes sont reliées électriquement entre elles et l'ensemble est soigneusement mis à la terre.

La canalisation est soutenue par quelques tirants suspendus

eux-mêmes à un câble porteur qui traverse la salle d'expérience. Le changement de longueur s'effectue avec un aide en moins de 5 minutes.

La photographie de la figure 27 donne une vue générale de l'installation.

Un manomètre à eau permet de mesurer la chute de pression entre les extrémités de la canalisation ou la différence de pression relativement à la pression atmosphérique. Ces deux valeurs ont d'ailleurs toujours été si faibles — très inférieures au millimètre de mercure — qu'il n'a pas été nécessaire d'en tenir compte.

PRÉCISION DES APPAREILS. Le *compteur à gaz* qui nous a été fourni avec une indication de précision de 1 %, a été étalonné*), à deux ans d'intervalle, au début et à la fin des expériences. Les deux étalonnages n'ont différé que de 0,5 %. L'exactitude des *poids étalonnés* et du *chronographe* a été vérifiée, les *thermomètres* étalonnés, et le *baromètre* anéroïde pour la lecture de la pression atmosphérique comparé à un baromètre à mercure de station météorologique, et la correction de température effectuée.

§ 27. Conditionnement de l'air en vapeur d'eau.

La modification de la mobilité des ions négatifs par la vapeur d'eau montrée en particulier par H. SCHILLING³, l'électroaffinité de la même vapeur pour l'électron étudiée par M. LAPORTE¹ et A. DA SILVA² nous ont conduits à préciser expérimentalement les conditions d'humidité du courant d'air étudié. C'est pour cette raison que le circuit est fermé, le conditionnement à une humidité déterminée s'effectuant par la tourelle de conditionnement placée dans le circuit.

Celle-ci comporte une série de 12 soucoupes (couvre-caps de boîtes de Petri) de 15 cm de diamètre, séparées chacune à chacune par un disque d'aluminium percé en son centre. Le courant balaie radialement la surface de chacune des soucoupes avec une vitesse moyenne de l'ordre de 20 cm/sec pour un débit de 1 l/sec. En chargeant l'appareil avec de l'eau, du chlorure de calcium, du pentoxyde de phosphore ou de l'acide sulfurique, on peut rendre l'air à volonté plus humide ou plus sec.

La teneur en vapeur d'eau de l'air conditionné peut être constamment contrôlée par le psychromètre inséré dans le circuit. C'est un psychromètre qui fonctionne sur le principe du psychromètre de ASSMANN, construit en tenant compte des indications de M. le Prof.

*) Par les soins obligeants de MM. Hæmig et Perret, ingénieurs au Service du gaz de la ville de Lausanne.

P.-L. MERCANTON*). L'air passe successivement sur le thermomètre « sec » puis sur le thermomètre « humide » avec une vitesse qui doit être de l'ordre de 2 m/sec. Avec un diamètre extérieur de 0,65 cm, la section annulaire de passage autour des réservoirs est de 1,68 cm². Les thermomètres peuvent être facilement retirés; on plonge le réservoir du thermomètre « humide » — muni d'une gaine de gaz — dans l'eau distillée avant chaque mesure.

t et t' , p et p' étant respectivement les températures centigrades et les tensions de vapeur d'eau de l'air conditionné et du même air saturé d'humidité, P la pression, σ la densité de la vapeur d'eau relativement à l'air sec dans les mêmes conditions de température et de pression, L la chaleur latente de vaporisation de l'eau, c_p la chaleur spécifique de l'air, la tension de vapeur p est exprimée en mm de Hg par la formule de SPRUNG (Hdb. d. Phys. XI, p. 190).

$$p = p' - \frac{c_p}{\sigma L} (t - t') P$$

qui devient, en remplaçant les constantes par leurs valeurs: L (Recueil de Constantes Physiques) = 585,3 cal/g à 20° C, c_p (F. KOHL-RAUSCH, Praktische Physik, 7^e éd. 1935) = 0,241 cal/g °C à 18 °C, $\sigma = 0,623 \cong 5/8$,

$$p = p' - 0,662 \cdot 10^{-3} (t - t') P$$

P est lue au baromètre, p' donnée par les tables expérimentales.

Après 20 à 60 minutes de circulation, suivant la substance, la masse d'air (65 litres environ avec 350 cm de tube de 7,8 cm) atteint une tension de vapeur à peu près stable dont la valeur est donnée par le tableau suivant:

| Substance | Tension vap. H ² O mm de Hg | Humidité relative % |
|--|---|------------------------|
| H ² SO ⁴ (presque pur) | 4 | 24 |
| P ² O ⁵ | 4 (3 à 4,5) | 24 (18 à 26) |
| CaCl ² | 5 à 6 | 29 à 35 |
| H ² O | 15,5 (14 à 17) | 91 (82 à 100 ?) |

L'humidité relative correspondante est déterminée pour une tension de vapeur saturante de 17 mm à la température moyenne de 19,5° C. Le dispositif permet donc de réaliser un degré d'humidité allant de 20 % jusqu'à saturation presque complète, c'est-à-dire tous les degrés d'humidité relative que l'on trouve dans l'air ambiant.

*). Nous remercions M. Mercanton qui a eu l'obligeance de faire construire nos thermomètres et de les étalonner.

§ 28. Manipulations pour une détermination expérimentale.

Elles résultent immédiatement du schéma de la figure 26.

Les tensions d'électromètre et radiale sont enclenchées en suivant les indications du § 6, chap. I, qui concernent leur réglage et leur stabilisation. La tourelle de conditionnement étant chargée, les tubes de déperdition fixés à la longueur voulue, on règle le débit d'air qu'on laisse circuler jusqu'à ce que le degré d'humidité soit stabilisé. En agissant sur la masselotte de plomb qui entoure le Radium, on règle l'intensité d'ionisation désirée.

Toutes les mesures ont été effectuées avec le débit fixe de 1,00 l/sec.

Les stabilisations de tensions, de débit et d'humidité étant atteintes, on peut alors procéder à une mesure de densité ionique en enclenchant la tension de séparation (± 309 V pour séparer les ions jusqu'à la mobilité 0,5). La tension de séparation n'a pas besoin d'être stabilisée, ses petites fluctuations étant sans influence sur la densité unipolaire. Elle n'est enclenchée qu'au cours d'une mesure pour éviter la charge d'isolants par le flux unipolaire. C'est donc le flux ionisé bipolaire qui circule entre deux mesures.

Pour un tube déterminé, pour ne pas allonger la durée des mesures par l'attente des temps de stabilisation, on effectue tout d'abord toutes les déterminations qui utilisent la même tension radiale, c'est-à-dire qu'à chaque longueur on mesure les ions « passants » d'un signe, puis les ions résiduels du flux unipolaire de signe opposé en inversant seulement le signe de la tension de séparation.

Après chaque changement de longueur de tube on attend que le degré d'humidité se soit rétabli par la circulation de l'air. Les longueurs elles-mêmes ne se succèdent pas dans un ordre simple croissant ou décroissant; mais les longueurs élevées, courtes et moyennes, alternent. (Pour compenser l'effet des variations lentes de pression, de température ou d'humidité.)

§ 29. Régime d'écoulement, nombre de Reynolds.

ν étant la viscosité dynamique, le nombre de REYNOLDS

$$Re = \frac{\bar{u}r}{\nu}$$

peut s'écrire

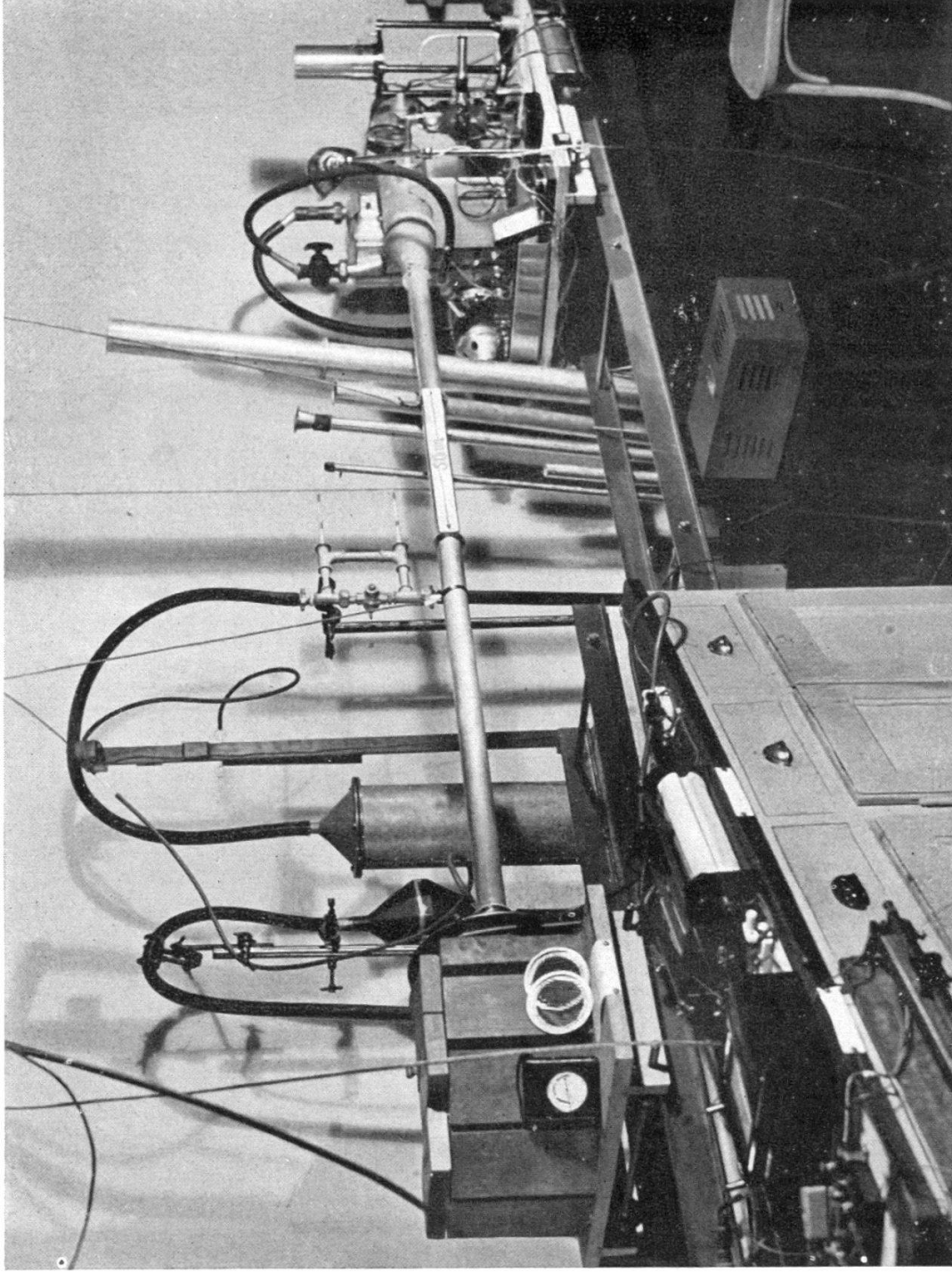


FIG. 27. — *Vue générale de l'installation expérimentale.*

De gauche à droite : chambre d'ionisation protégée par du plomb, tube d'écoulement, dispositif de mesure.
En arrière : tourelle de conditionnement et psychromètre.

$$R_e = \frac{G}{\pi v r}$$

en introduisant le débit, avec $v = \frac{\eta}{\gamma}$.

La viscosité η se calcule, à 19,5° C, par la formule de SUTHERLAND (F.KOHLRAUSCH, Praktische Physik, 1935, p. 124,

$$\eta = B \frac{\sqrt{T}}{1 + \frac{C}{T}} = 150,3 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\sqrt{292,5}}{1 + \frac{123,6}{292,5}} = 181 \cdot 10^{-6}$$

$\gamma = 1,13$ pour l'air à 19,5° C et 711 mm

de là,

$$v = 160 \cdot 10^{-3} \text{ c. g. s.}$$

On trouve ainsi, pour un débit de 1000 cm³/sec dans les différents tubes:

| Diamètre cm | Nombre de Reynolds | Régime |
|----------------|-----------------------|---------------|
| 7,6 | 525 | laminaire |
| 4,8 | 830 | laminaire |
| 3,0 | 1 325 | intermédiaire |
| 1,5 | 2 650 | turbulent |

Pour les nombres de Reynolds inférieurs à 1000, on sait que le régime est toujours laminaire (PRANDTL-TIETJENS²⁶, Bd II, § 21 à 27); mais une incertitude pèse sur la nature du régime pour les valeurs supérieures à 1000 ou 1100, incertitude qui dépend des conditions expérimentales. Pour la lever, nous avons fait des essais avec des filets de fumée de tabac, sur le tube de 3,0 cm, dont un tronçon d'un mètre était remplacé par un tube de verre de même diamètre. Les essais ont montré qu'il s'agit encore d'un régime laminaire, mais déjà peu stable; le filet reste net et quasi rectiligne, mais mobile dans le tube; il ne se produit pourtant pas encore la répartition homogène de la fumée dans toute la section qui caractérise le régime turbulent.