

## CHAMBRE A DIFFUSION A SENSIBILITÉ CONTINUE

Par ANDRÉ VOISIN,

Laboratoire de Physique Cosmique de l'Institut d'Astrophysique.

**Sommaire.** — Construction et conditions de fonctionnement d'une chambre à diffusion permettant l'observation continue des trajectoires des particules ionisantes.

*André VOISIN, décédé le 1<sup>er</sup> décembre 1952, disparaît en pleine force de l'âge et laisse un vide non seulement parmi les siens, parmi ses amis et camarades, mais aussi parmi les jeunes physiciens français. Le travail que nous publions aujourd'hui est son œuvre. Nous n'avons fait que l'achever d'après les indications qu'il n'a cessé de nous donner durant les semaines, où la maladie qui devait l'emporter le contraignait de garder le lit. En rédigeant son dernier travail, je tiens à rendre hommage ici à la mémoire de l'excellent collaborateur et ami, au camarade charmant et dévoué et au physicien de valeur que fut André VOISIN.*

A. ROGOZINSKI.

**Introduction.** — Depuis les mémorables travaux de C. T. R. Wilson concernant la chambre à détente, de nombreux chercheurs étaient en quête d'une méthode susceptible de rendre visibles directement et d'une façon continue les trajectoires des particules ionisantes. Ce n'est qu'en 1939 que Langsdorf [1] a réussi à mettre au point une telle méthode, en laissant diffuser une vapeur entre deux surfaces maintenues à des températures différentes. Pour certaines températures de la surface chaude et de la surface froide, la diffusion de la vapeur à travers l'espace compris entre elles devient telle qu'elle crée un état de sursaturation propre à la détection des particules ionisantes dans une couche assez bien définie dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs centimètres. C'est alors que, au fur et à mesure que les particules pénètrent dans cette région, on voit leurs trajectoires s'y matérialiser sous forme d'un chapelet de gouttelettes, par le mécanisme bien connu de la condensation de la vapeur sursaturée autour des ions libérés sur le passage de la particule ionisante. La stabilité de cette couche peut être maintenue pendant une longue période de temps.

Durant ces dernières années, un certain nombre de travaux [2 à 15] ont été consacrés à des chambres de ce genre, pouvant fonctionner dans des conditions variées de température et de pression. Un grand nombre de mélanges de gaz de remplissage et de vapeurs ont été essayés. On a même réussi à faire fonctionner une chambre avec une diffusion de la vapeur vers le haut, où était disposée la source froide.

La chambre à diffusion mise au point à l'Institut d'Astrophysique était destinée surtout à l'étude du rayonnement cosmique présent sous de grands angles au zénith, pour lesquels nous avons observé certaines anomalies [16], [17]. Une telle chambre,

dont la couche sensible est horizontale et dans laquelle il est possible de disposer des écrans verticaux, se prête bien, en effet, au genre d'étude envisagé. Ce travail n'a malheureusement pu encore être mené à bien. Cependant, la simplicité du dispositif et la beauté du spectacle qu'il permet de contempler sont telles que nous avons tenu à donner ici une description de la chambre utilisée et à signaler les résultats des quelques observations concernant les performances de cet instrument.

**Description de la chambre.** — La chambre réalisée est présentée schématiquement par la figure 1. Elle est de forme rectangulaire et se compose essentiellement de deux compartiments A et B, séparés par une plaque de métal P, le tout étant surmonté d'un couvercle C.

Le compartiment A renferme la source du froid, constituée par un bloc de CO<sub>2</sub> solide. Il est calorifugé par une couche de bois de plusieurs centimètres d'épaisseur. Une planchette munie de ressorts permet d'appliquer fermement le bloc de CO<sub>2</sub> contre la plaque P.

Le compartiment B constitue la chambre à diffusion proprement dite. Elle contient, disposée à une dizaine de centimètres du fond, une grille métallique reliée à une source de tension; le champ électrique, établi ainsi dans le volume sensible de la chambre, permet de balayer les ions qui y sont créés.

Le couvercle C, fait d'une plaque de laiton de 2 mm d'épaisseur, possède une ouverture rectangulaire de 10 cm × 20 cm, fermée par une glace, à travers laquelle sont prises les photos des trajectoires apparaissant dans le volume sensible de la chambre. Il porte également un réservoir de liquide vaporigène, constitué par une couche de coton retenue par un feutre, le tout pouvant être imbibé à travers un

orifice débouchant sur le couvercle. Les liquides utilisés le plus fréquemment sont les alcools méthylique, éthylique et propylique. Deux autres orifices, non représentés sur la figure 1, permettent d'introduire dans la chambre, l'un une source radioactive fixée à l'extrémité d'une baguette en matière isolante, en bois ou en plexiglass (1), l'autre un thermomètre ou un thermocouple. Le réservoir liquide peut être chauffé par un élément chauffant, constitué par un fil de nichrome enroulé autour d'un cadre en

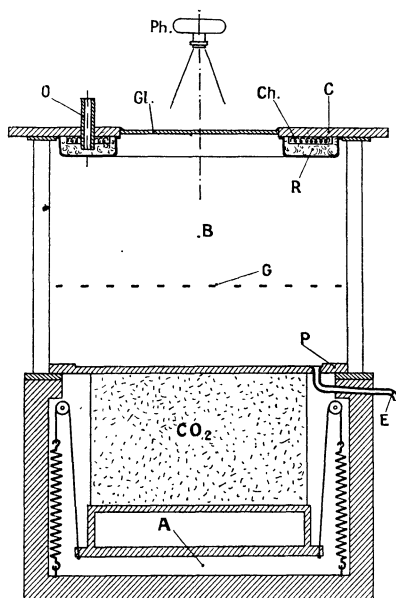


Fig. 1. — Schéma d'une chambre à diffusion continue.

A, compartiment contenant la source froide, constituée par un bloc de  $\text{CO}_2$  solide; B, chambre à diffusion proprement dite; C, couvercle; P, plaque en laiton; E, tube d'écoulement de la vapeur condensée; G, grille servant à l'établissement d'un champ électrique pour le balayage des ions au sein de la chambre; Gl, glace; R, réservoir de liquide vaporigène; O, orifice de remplissage du réservoir; Ch, résistance chauffante; Ph, appareil de photo.

amiante. Dans un premier modèle, le couvercle comprenait une double paroi remplie d'eau dans laquelle plongeait un élément chauffant d'une centaine de watts.

La chambre a une section horizontale de  $20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ . Sa profondeur est de  $30 \text{ cm}$ . Mais cette distance n'est point critique car, lorsqu'on la fait varier entre une dizaine et une quarantaine de centimètres, le fonctionnement de la chambre demeure à peu près inchangé.

Les parois latérales peuvent être constituées par des plaques en verre ou en plexiglass. Nous avons

(1) Une baguette métallique perturbe profondément autour d'elle la distribution du gradient de température et provoque l'apparition d'une pluie de gouttelettes partant de la pointe de la baguette.

pu vérifier que des parois faites de planchettes en chêne n'apportent aucune perturbation dans le fonctionnement de la chambre.

Pour les observations visuelles, on se sert d'une lanterne de projection dont on canalise la lumière à l'aide d'un cache approprié. Les électrons seulement exigent un éclairage intense. Les particules  $\alpha$  se distinguent déjà parfaitement avec l'éclairage ambiant du laboratoire.

Pour la photographie des trajectoires, on utilise deux lampes à xénon, alimentées par une batterie de condensateurs de  $200 \mu\text{F}$ , chargés sous  $1500 \text{ V}$ . Le fond de la chambre est rendu non réfléchissant, soit en y appliquant une peinture noire mate, soit en le recouvrant d'un papier noir imbibé d'alcool.

L'étanchéité de la chambre est obtenue grâce à des joints en caoutchouc et grâce à un boudin en vacoplast garnissant la tranche des parois de plexiglass, appliquée contre le fond de la chambre.

Dans le premier modèle réalisé, la plaque P était en laiton de  $4 \text{ mm}$  d'épaisseur et débordait les parois latérales. Il en résultait un givrage progressif des surfaces extérieures de celles-ci. Cet effet a pu être atténué, en doublant les parois et en laissant entre elles un espace de  $1 \text{ cm}$ , rempli d'air sec. Le givrage a complètement disparu dans le second modèle, où la plaque P est encastrée dans un cadre en bois sur lequel reposent également les parois latérales.

**Fonctionnement.** — Aussitôt après la mise en place du bloc de  $\text{CO}_2$ , la vapeur commence à diffuser vers la plaque P. L'aspect des phénomènes observés dans la chambre varie, suivant que le gaz dont elle est remplie contient encore ou a été débarrassé des germes de condensation qui y existent normalement. Dans le premier cas, on voit d'abord apparaître un brouillard intense, qui s'éclaircit progressivement au fur et à mesure que les germes de condensation se déposent en s'entourant de gouttelettes plus ou moins volumineuses. Au bout de  $15 \text{ mn}$  environ, on ne discerne plus, sous un vif éclairage, qu'un nombre limité de fines gouttelettes se dirigeant lentement vers le fond et dessinant souvent de délicates draperies verticales. Dans le cas d'une chambre propre, ayant déjà fonctionné, cette période d'attente est réduite à moins de  $1 \text{ mn}$ .

La zone sensible demeure d'abord confinée au fond de la chambre sur une épaisseur de quelques millimètres. Celle-ci s'accroît progressivement pendant  $10$  à  $20 \text{ mn}$  pour atteindre, dans nos essais, une trentaine de millimètres.

En l'absence du champ électrique, on aperçoit alors quelques bouts épars de trajectoires en général verticales, parfois fortement inclinées, plus rarement presque entièrement contenues dans la couche sensible. En y introduisant une infime source de particules  $\alpha$  ( $\text{Po}$ ), on les voit fuser à intervalles irréguliers de la pointe de la baguette porte-source. Toutes les trajectoires observées dans ces conditions



Fig. 2. — Trajectoires de photoélectrons et d'une particule  $\alpha$ , émise de la pointe de la baguette porte-source.

sont d'une grande finesse dans leur phase initiale. Elles tombent ensuite lentement vers le fond, mais avant de disparaître par diffusion, elles demeurent parfaitement perceptibles pendant un temps de l'ordre de la seconde.

Il suffit d'appliquer un champ d'une dizaine de volts. $\text{cm}^{-1}$ , pour que le tableau change sensiblement. On voit alors apparaître un plus grand nombre de trajectoires horizontales, provenant de la précipitation, par le champ, des ions créés par les particules cosmiques se propageant dans l'espace qui surmonte la couche sensible; ces trajectoires sont plus floues que celles qui sont créées dans la zone sensible même. On observe également, de temps en temps, de longues traces et des fourchés fortement ionisants. Ces dernières divergent d'un point donné sous des angles différents et résultent vraisemblablement d'interactions nucléaires ayant lieu au sein du gaz qui emplit la chambre.

En approchant de la chambre une faible source  $\gamma$ , on y fait apparaître aussitôt des photoélectrons et des électrons de Compton avec leurs trajectoires souvent tordues par le phénomène de dispersion.

La figure 2 reproduit les photos de quelques-unes de ces trajectoires. Mais aucune d'elles ne peut donner

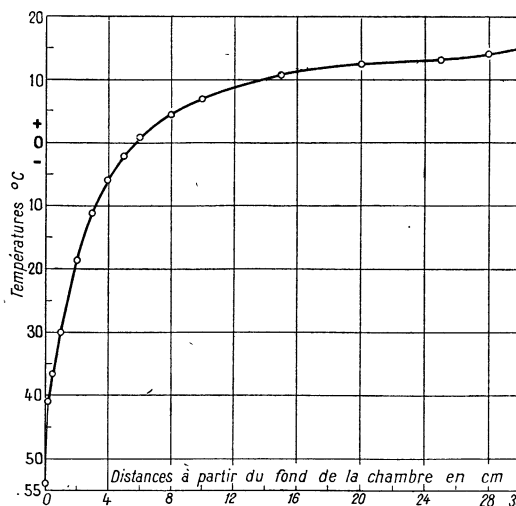


Fig. 3. — La distribution de la température à travers la chambre.

une véritable idée du spectacle offert par la contemplation visuelle des phénomènes qui viennent d'être décrits.

La distribution de la température à travers la chambre (fig. 3) a été mesurée à l'aide d'un couple de très faibles dimensions en cuivre-constantan, prêté obligeamment par M. J. Weill, du Commissariat de l'Énergie Atomique. Le gradient moyen dans la zone sensible est de 10,5° C, mais la chute de température dans le premier millimètre à partir du fond de la chambre est de 12° C. Une chambre « sèche » donne une distribution de température analogue à celle d'une chambre « humide ». Cependant la chute de température dans le premier millimètre n'est que de 5° C.

La chambre peut être maintenue dans un état d'excellent fonctionnement, aussi longtemps que la source froide n'est pas épuisée. Avec le modèle décrit, on consomme à peine quelque 5 kg de CO<sub>2</sub> solide par 24 h. S'il fallait faire travailler la chambre d'une façon permanente, il serait naturellement plus économique de la pourvoir d'une unité de réfrigération appropriée, alimentée sur secteur. Il est à noter, d'autre part, qu'un éclairage, même très intense, mais à condition d'en soustraire les rayonnements infrarouge et ultraviolet, ne semble

exercer aucune influence sur le bon fonctionnement du dispositif.

**Conclusions.** — La chambre à diffusion peut être considérée sous un double aspect : purement scientifique et pédagogique. L'examen de chacun d'eux conduit à la conclusion qu'un tel dispositif présente des qualités remarquables et que la relativement grande facilité de sa construction le fera sans aucun doute adopter dans un proche avenir par de nombreuses catégories de physiciens.

Ses applications scientifiques ont été limitées jusqu'ici, bien que certains résultats intéressants aient pu être obtenus dans l'étude notamment du comportement d'un faisceau de mésons artificiels et dans l'étude de substances à faible activité.

Il est à peine besoin d'insister sur l'intérêt pédagogique de l'instrument. Celui-ci devrait trouver une place de choix non seulement dans les amphithéâtres des Facultés, mais peut-être surtout dans les laboratoires des Lycées, car aucun autre appareil n'est susceptible de mieux illustrer les phénomènes impliquant directement les particules élémentaires de grande énergie.

Manuscrit reçu le 11 février 1953.

#### BIBLIOGRAPHIE.

- [1] LANGSDORF A. — *Rev. Sc. Instr.*, 1939, **10**, 91.
- [2] NEEDELS T. S. et NIELSEN C. E. — *Rev. Sc. Instr.*, 1950, **21**, 976.
- [3] COWAN E. W. — *Rev. Sc. Instr.*, 1950, **21**, 991.
- [4] NIELSEN C. E., NEEDELS T. S. et WEDDLE O. N. — *Rev. Sc. Instr.*, 1951, **22**, 673.
- [5] MILLER D. N., FOWLER E. C. et SCHUTT R. P. — *Rev. Sc. Instr.*, 1951, **22**, 280.
- [6] SCHUTT R. P. — *Rev. Sc. Instr.*, 1951, **22**, 730.
- [7] CHOYKE W. J. et NIELSEN C. E. — *Rev. Sc. Instr.*, 1952, **23**, 307.
- [8] MUNYON E. M. et KURBATOV J. D. — *Rev. Sc. Instr.*, 1952, **23**, 380.
- [9] BARNARD A. J. et ATKINSON J. R. — *Nature*, 1952, **169**, 170.
- [10] HARTECK P. et HERTZ G. — *Naturwiss.*, 1952, **39**, 206.
- [11] MORRISON H. L. et PLAIN G. I. — *Rev. Sc. Instr.*, 1952, **23**, 607.
- [12] SCHUTT R. P., FOWLER E. C., MILLER D. N., THORNDIKE A. M. et FOWLER W. B. — *Phys. Rev.*, 1951, **84**, 1247.
- [13] THORNDIKE A. M., FOWLER E. C., FOWLER W. B. et SCHUTT R. P. — *Phys. Rev.*, 1952, **85**, 929.
- [14] CREWE A. V. et EVANS W. A. — *Atomics*, 1952, **3**, 221.
- [15] SUCCI C. et TAGLIAFERRI G. — *Nuovo Cimento*, 1952, **9**, 1092.
- [15 a] SNOWDEN M. et BEVAN A. R. — *J. Sc. Instr.*, G. B., 1953, **30**, 3.
- [16] ROGOZINSKI A. — *C. R. Acad. Sc.*, 1948, **227**, 628.
- [17] VOISIN A. — *Phys. Rev.*, 1951, **84**, 850; *Canadian J. Phys.*, 1951, **29**, 505.