

ANALYSE A L'AIDE DE L'OMEGATRON DES GAZ CONTENUS DANS DES TUBES CATHODIQUES SCELLES

544.4:621.385.832:537.534.3

Quels que soient les soins que l'on apporte au pompage, et malgré l'usage de pièges à gaz très efficaces, il est impossible d'évacuer les tubes cathodiques fabriqués en masse au-delà d'une pression d'environ 10^{-6} mm Hg. En outre, des gaz apparaissent même après le scellement d'un tel tube. Pour une part, ces gaz se libèrent spontanément des divers éléments du tube, mais ils proviennent également du bombardement électronique de l'écran fluorescent et des diaphragmes métalliques éventuels. Une faible partie de ces gaz n'est pas

par révolution, dans la fente qui sépare les deux D^3). Dans l'omégaatron, par contre, cette accélération est donnée d'une manière continue par l'action d'un champ électrique alternatif homogène.

L'omégaatron est représenté schématiquement dans la fig. 1. Un fin faisceau d'électrons issu de la cathode K se dirige vers le collecteur d'électrons A en restant parallèle à un champ magnétique d'induction B . Deux plaques, C_1 et C_2 , placées l'une au-dessus et l'autre au-dessous du faisceau, sont reliées à un générateur G de tension à haute fré-

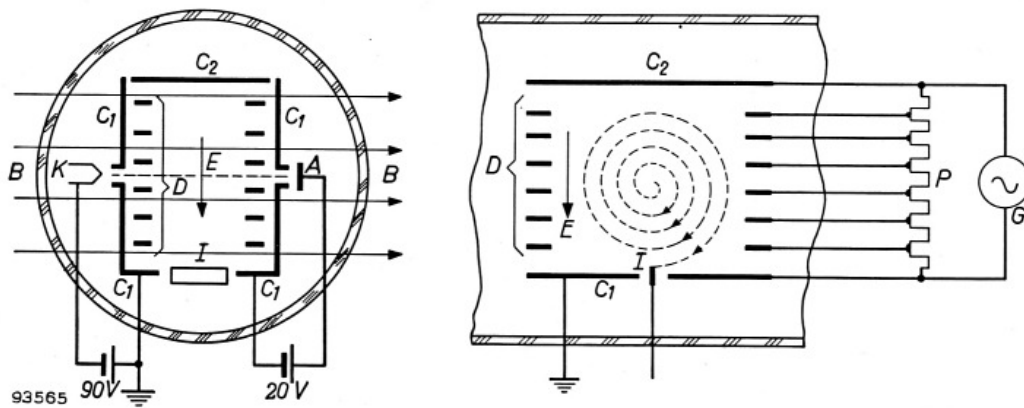


Fig. 1. Coupe schématique d'un omégaatron. K cathode (filament de tungstène chauffé directement). A collecteur d'électrons. C_1, C_2 plaques entre lesquelles la tension à haute fréquence du générateur G . D anneaux métalliques plans connectés à des prises du diviseur de tension P . Ces anneaux assurent l'homogénéité du champ électrique alternatif E dans la cavité de décharge. B induction magnétique constante. I collecteur d'ions.

fixée par le piège à gaz; ce gaz résiduel peut avoir une action nuisible en réduisant la durée de vie du tube, par exemple par „empoisonnement” de la cathode¹). Pour pouvoir prendre des mesures propres à réduire la quantité de gaz résiduels nuisibles, on devra connaître la nature de ces gaz et savoir de quels éléments du tube ils proviennent.

Un important moyen d'analyse du gaz résiduel s'est trouvé être le spectrographe de masse auquel Hipple et ses collaborateurs ont donné le nom de omégaatron²). Bien que ses dimensions soient très différentes, l'omégaatron présente une certaine parenté avec le cyclotron, en ce sens que les deux appareils accélèrent des particules chargées électriquement sur des trajectoires présentant approximativement la forme d'une spirale. Dans le cyclotron, l'accélération s'effectue cependant deux fois

quance. Entre ces plaques sont montés des anneaux plans et parallèles D qui sont connectés aux prises d'un diviseur de tension P et qui assurent ainsi une distribution à peu près homogène du champ électrique alternatif $E_0 \sin \omega t$ dans la cavité de décharge. L'enceinte de l'omégaatron communique avec l'ampoule ou le tube dont on veut étudier le gaz résiduel.

Par choc avec les molécules du gaz résiduel, le faisceau électronique de l'omégaatron forme des ions qui sont presque exclusivement positifs. Sous l'action du champ électrique alternatif, ces ions sont accélérés dans un plan perpendiculaire au champ magnétique. Si la pulsation ω du champ électrique satisfait la condition

$$\omega = \frac{e}{M} B \dots \dots \dots (1)$$

(e = charge de l'ion, M = masse de l'ion), on dira qu'il y a résonance (on donne le nom de pulsa-

¹) Voir, p. ex., Rev. techn. Philips 18, 153, 1956/57 (No. 5).
²) H. Sommer, H. A. Thomas et J. A. Hipple, The measurement of e/M by cyclotron resonance, Phys. Rev. 82, 697-702, 1950.

³) Voir, p.ex., Rev. techn. Philips 12, 67, 1950/51.

tion de résonance au rapport eB/M). Dans ce cas, les ions décrivent une spirale dont le rayon croît régulièrement (spirale d'Archimède) et, lorsqu'ils ont décrit un certain nombre de tours, ils peuvent être captés par un collecteur I placé à un endroit convenable. Par contre, des ions différents, pour lesquels le rapport e/M a une autre valeur, ne peuvent pas subir une déviation assez grande pour leur permettre d'atteindre le collecteur. En faisant varier peu à peu la fréquence du champ électrique, on peut ainsi se rendre compte de la présence ou de l'absence de diverses sortes d'ions.

Dans les laboratoires Philips, l'omégaatron est utilisé depuis 1953 pour effectuer l'analyse qualitative des gaz résiduels des tubes cathodiques de télévision ⁴⁾. A cet effet, on se sert d'un omégaatron qui, pour $B = 0,5 \text{ Wb/m}^2$, permet de constater la présence d'ions de charge simple et de masse allant jusqu'à environ 50. (Les ions les plus importants ont une masse d'environ 16; les plus lourds d'entre eux sont les ions de CO_2 dont la masse est de 44, et ceux de certains hydrocarbures dont la masse est comprise entre 44 et 58.) Grâce à sa construction simple et à ses faibles dimensions (*fig. 2*), l'omégaatron peut

⁴⁾ Un autre article consacré au même sujet a paru avant la mise sous presse de cette communication: J. S. Wagener et P. T. Marth, Analysis of gases at very low pressures by using the omegatron spectrometer, *J. appl. Phys.* **28**, 1027-1930, 1957 (No. 9). Les résultats indiqués dans cet article concordent dans leurs grandes lignes avec les nôtres.

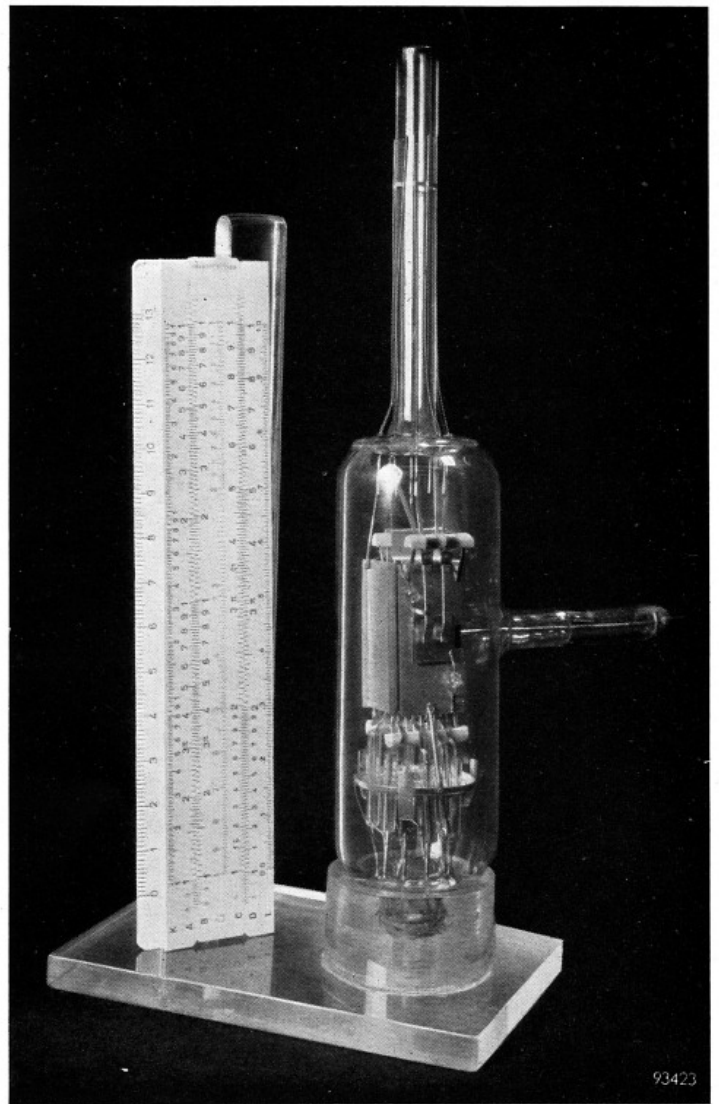


Fig. 2. L'un des omégaatrons utilisés.

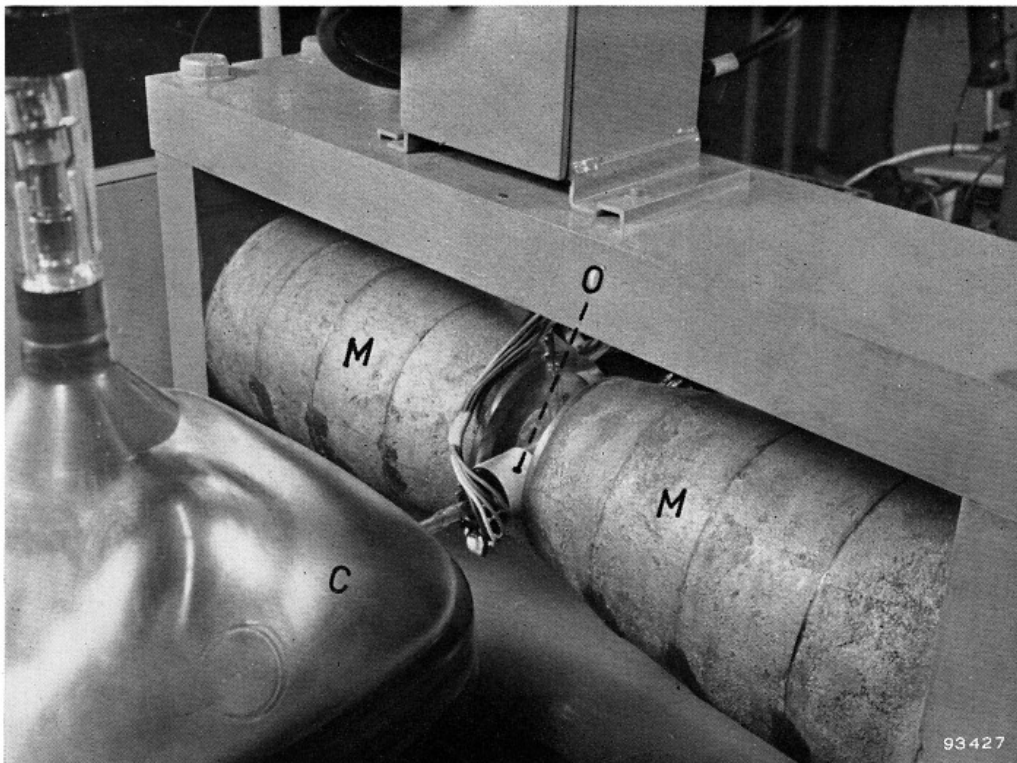


Fig. 3. Un omégaatron O relié à un tube cathodique de télévision C et placé entre les pôles d'un aimant permanent M qui fournit le champ magnétique constant.

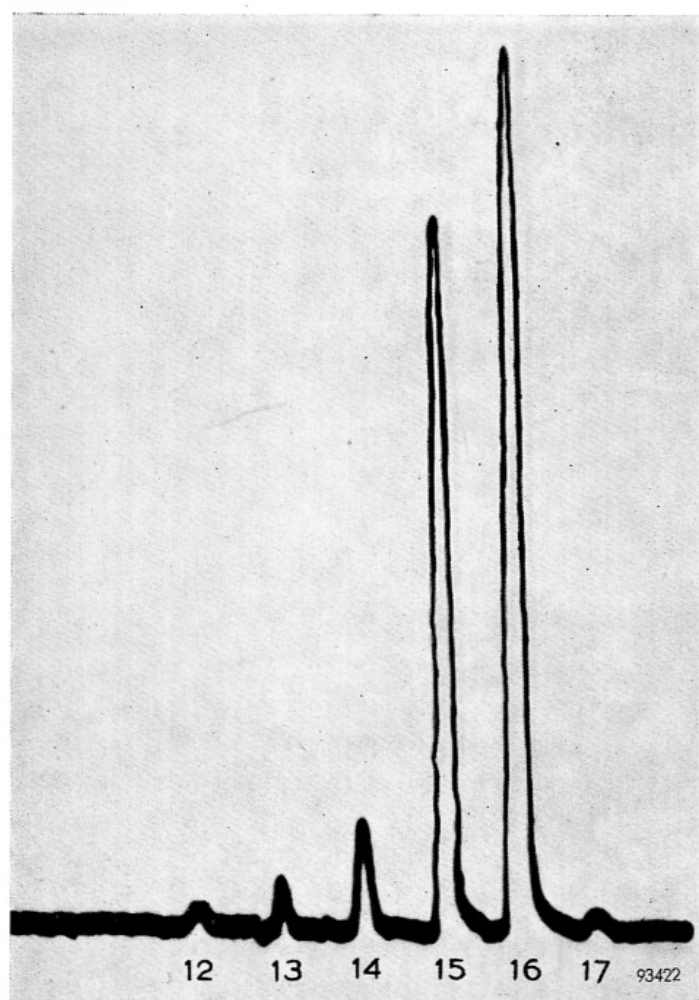


Fig. 4. Exemple de spectrogramme. Les pointes apparaissent pour des fréquences qui, en vertu de la relation (1), correspondent à $M = 12, 13, 14, 15, 16$ et 17 ($e = 1$ charge élémentaire). Ces pointes sont presque entièrement attribuables aux ions suivants: C^+ , CH^+ , CH_2^+ , CH_3^+ , CH_4^+ et $C^{13}H_4^+$ respectivement.

être relié par un tube de verre très court à l'ampoule d'un tube cathodique encore en construction, et il peut rester relié à ce tube après le scellement (fig. 3).

Pour le reste, l'appareil est construit de la manière suivante. La tension à haute fréquence est fournie par un générateur de signal normal. Le bouton de ce générateur qui permet de régler la fréquence est entraîné lentement par un petit moteur, de sorte que la fréquence parcourt une certaine bande. Le moteur entraîne en même temps un potentiomètre qui donne une tension continue progressivement croissante. Cette tension est une mesure de la fréquence, et elle provoque la déviation horizontale d'un oscillographe cathodique. Le courant du collecteur d'ions traverse une résistance de 10^{11} ohms, et la tension qui apparaît aux bornes de cette résistance donne, après amplification, la déviation verticale de l'oscillographe. Ainsi, le spot de l'oscillographe décrit une courbe présentant

une pointe pour chacune des fréquences qui correspondent, en vertu de la relation (1), à la masse M d'ions présents dans l'enceinte.

Nous donnerons ci-dessous quelques résultats de ces mesures. Les principaux gaz résiduels que l'on a trouvés dans les tubes de télévision sont les suivants.

- 1) Méthane. Ce gaz a été trouvé dans chacun des tubes soumis à l'essai. La pointe élevée pour $M = 16$ dans le spectrogramme de la fig. 4 provient d'ions CH_4^+ , tandis que les pointes plus faibles pour $M = 15 \dots 12$ proviennent de fragments de CH_4 , c'est-à-dire d'ions CH_3^+ , CH_2^+ , CH^+ et C^+ , respectivement. La petite pointe que l'on aperçoit pour $M = 17$ doit être attribuée à l'ion CH_4^+ comprenant l'isotope de carbone C^{13} . La pression du méthane tombe lorsque le tube cathodique est traversé par un flux d'électrons, mais elle remonte légèrement durant les périodes de repos.
- 2) Argon. Ce gaz fut également trouvé dans tous les tubes soumis à l'essai, mais il n'apparaissait qu'après l'évaporation du piège à gaz.
- 3) D'autres gaz résiduels apparaissent encore selon le mode de fabrication du tube et selon les matériaux qui sont utilisés à sa construction. Les plus fréquents de ces gaz sont l'hydrogène, l'oxyde de carbone (CO), le gaz carbonique (CO_2) et les hydrocarbures autres que le CH_4 .

Citons, à titre d'exemple, un cas dans lequel on peut s'attendre à trouver du CO et du CO_2 . C'est celui des tubes dont l'écran fluorescent est recouvert, du côté du vide, par un mince réflecteur d'aluminium qui a pour tâche de réfléchir vers l'extérieur la lumière fluorescente émise vers l'intérieur. Si, dans un tel tube, l'on vaporise à dessein le baryum qui devra jouer le rôle de piège à gaz en quantité trop faible, une élévation de pression se produira durant le fonctionnement du tube. On constate que cette élévation de pression est due à du CO et, dans une mesure plus faible, à du CO_2 . Dans ce cas, ces gaz sont probablement dus au choc des électrons sur des restes minimes de la pellicule de nitrocellulose qui a servi de support à l'aluminium et qui a été ensuite éliminée par chauffage⁵⁾.

A présent on fait des recherches pour rendre l'omégaatron, et l'appareillage y appartenant, également appropriés à l'analyse quantitative.

J. PEPPER.

⁵⁾ J. de Gier, Rev. techn. Philips **10**, 134, 1948/49.