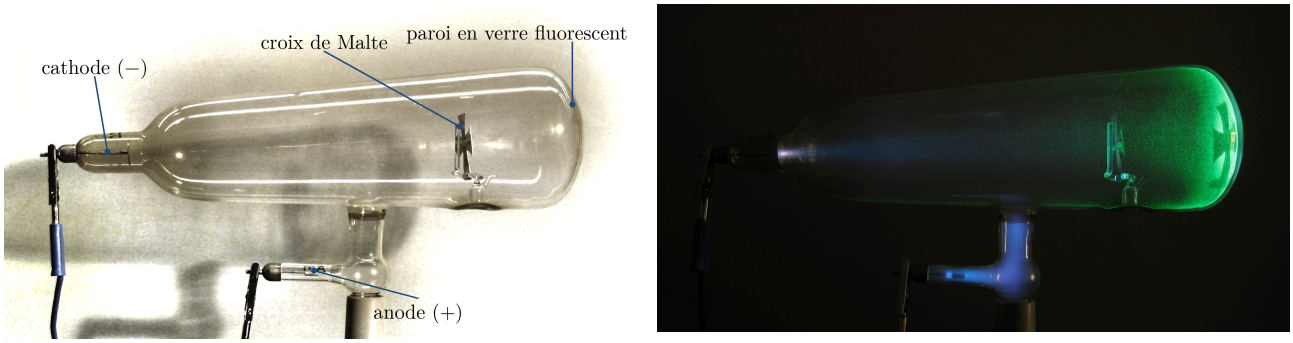
2 Découverte de l'électron

2.1 Les rayons cathodiques avant 1895

D'après M. Goldman, « La découverte des électrons »*, Académie des sciences, 2013.*

L'électron a été découvert en étudiant les *rayons cathodiques*, qui apparaissent lors d'une décharge électrique dans un gaz à faible pression (de l'ordre de la centaine de pascals ou moins), sous une tension de quelques kiloVolts ou dizaines de kV. Pendant plus d'un demi-siècle, leur nature a fait débat.

Premières observations. Faraday étudie la lueur de la décharge sous vide à la fin des années 1830 et constate, avec de La Rive, qu'un aimant la dévie. Plücker, puis son élève Hittorf, poursuivent ces travaux : en 1869, Hittorf établit que le rayonnement est émis par la cathode et se propage en ligne droite. Un obstacle placé sur son trajet projette une ombre nette sur la paroi de verre, qui devient fluorescente sous l'impact des rayons (figure ci-dessous). En 1879, Crookes perfectionne les tubes, qui porteront désormais son nom, et défend l'idée que ces rayons sont formés de matière chargée négativement, qu'il appelle « matière radiante ».



(a) Tube éteint. (b) Tube en fonctionnement.

Fig. 1. – Tube de Crookes à croix de Malte. Les rayons issus de la cathode font fluorescer le verre en vert ; la croix les arrête et projette son ombre sur la paroi. Photos : D-Kuru/Wikimedia Commons.

Deux écoles. À la veille de 1895, deux interprétations s'opposent :

Des particules chargées (Crookes, Thomson)	**Des ondes de l'éther** (Goldstein, Hertz, Lenard)
• Un aimant dévie les rayons comme le ferait la force de Lorentz sur des charges négatives en mouvement. • 1894 : Thomson mesure une vitesse très inférieure à celle de la lumière, ce qui s'accorde mal avec une onde.	• 1879–80 : Goldstein calcule que le libre parcours moyen de molécules ionisées est trop court pour qu'elles se propagent en ligne droite. • 1883 : Hertz ne parvient pas à dévier les rayons avec un champ électrique. • 1891 : Hertz montre que les rayons traversent de fines feuilles métalliques ; Lenard (1894) les fait sortir du tube par une telle fenêtre.

L'argument de Goldstein se quantifie. Pour des molécules de diamètre d dans un gaz de pression p et de température T, le libre parcours moyen vaut

$$\ell = \frac{k_B T}{\sqrt{2}\,\pi d^2 p}. \tag{9}$$

Avec $p = 100\,\mathrm{Pa}$, $T = 300\,\mathrm{K}$ et $d \approx 3 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$, on obtient $\ell \approx 10^{-1}\,\mathrm{mm}$. Des molécules chargées devraient donc subir des milliers de collisions sur la longueur d'un tube, et leur trajectoire ne pourrait pas être rectiligne.

Remarque. L'argument suppose que les projectiles ont la taille d'une molécule. Pour une particule ponctuelle et rapide, la section efficace de collision devient $\pi(d/2)^2$ et le facteur $\sqrt{2}$, dû aux vitesses relatives, disparaît : son libre parcours moyen vaut $4\sqrt{2}\,\ell \approx 6\ell$. À la pression plus faible des tubes de Crookes, il atteint plusieurs centimètres. L'argument de Goldstein ne réfute donc que l'hypothèse « ions moléculaires », pas celle de particules beaucoup plus petites qu'un atome.

2.2 Thomson et la découverte de l'électron

…

Remarque. L'échec de Hertz sera expliqué par Thomson en 1897[1]. Le gaz résiduel, ionisé par la décharge, forme autour du faisceau un écran de charges qui annule le champ électrique appliqué. En abaissant la pression, Thomson observe une déviation dans le sens attendu pour des charges négatives.

2.3 Expérience de Millikan : quantification de e

[1] J. J. Thomson, « Cathode Rays », *Phil. Mag.* 44, 293 (1897).