

Approche documentaire : à propos de la limite relativiste

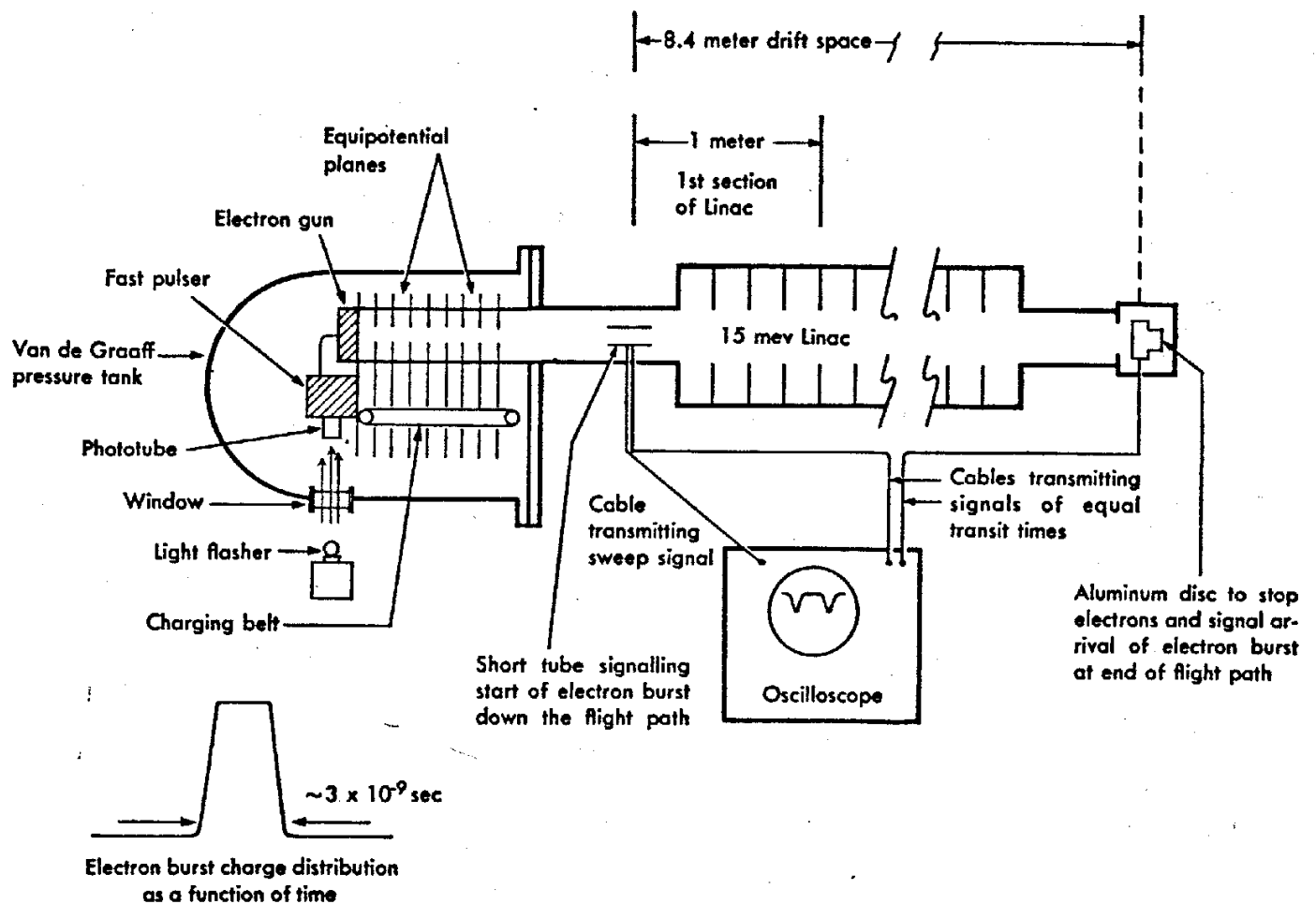
La relativité restreinte, établie par Albert Einstein en 1905, modifie la théorie newtonienne en faisant apparaître le facteur de Lorentz $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$, et l'énergie de masse mc^2 ; ainsi l'énergie cinétique

s'écrit $\mathcal{E}_{\text{cin}} = (\gamma - 1)mc^2$

Le facteur de Lorentz n'a de sens que si la vitesse v de la particule est inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide c . La célérité de la lumière devient alors une barrière infranchissable.

William Bertozzi, en 1964, décrit, dans un article intitulé *speed and kinetic energy of relativistic electrons* publié dans la revue *American Journal of Physics*, Vol.32, Issue 7, pp. 551-555, une expérience permettant de mesurer la vitesse d'électrons dont on connaît l'énergie cinétique, confirmant ainsi cette hypothèse.

Des électrons provenant d'un accélérateur de Van De Graaff entrent dans un accélérateur linéaire (Linac) de longueur $L = 8,4$ m; ils apparaissent à l'entrée sous forme d'impulsion de durée très courte $t = 3 \cdot 10^{-9}$ s. En branchant un oscilloscope aux entrées et sorties de l'accélérateur linéaire, on voit apparaître deux impulsions, une correspondant aux électrons entrant et une aux électrons sortant. Connaissant la longueur L de l'accélérateur et le temps T de traversée de cet accélérateur, on en déduit la vitesse des électrons.



L'énergie cinétique est connue à l'aide de la connaissance des champs électriques servant à accélérer les électrons.

Les résultats obtenus par W. Bertozzi sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

run	\mathcal{E}_{cin} (MeV)	Déplacement du signal (cm)	Temps de vol (10^{-8}s)
a	0,5	3,30	3,23
b	1,0	3,14	3,08
c	1,5	2,98	2,92
d	4,5	2,90	2,84
e	15	2,86	2,80

- Tracer la courbe donnant le rapport vitesse théorique newtonienne sur célérité de la lumière $\left(\frac{v_{\text{th}}}{c}\right)^2$, en fonction de l'énergie cinétique, v_{th} provenant directement de l'énergie cinétique et on compare à la courbe donnant le carré du rapport de la vitesse expérimentale sur la célérité de la lumière en fonction de l'énergie cinétique. Conclusion.
- Compléter le graphe précédent avec la courbe donnant le carré du rapport de la vitesse relativiste sur la célérité de la lumière en fonction de l'énergie cinétique.
- Pourquoi W. Bertozzi a-t-il préféré mesurer aussi l'énergie cinétique des particules plutôt que de la déduire du champ électrique de l'accélérateur ?

