

Dans cet entretien, la physicienne et historienne des sciences Françoise Balibar raconte la naissance de la très célèbre relation $E = mc^2$.

Albert Einstein est le père de la fameuse relation $\mathcal{E} = mc^2$. Dans quel contexte a-t-il abouti à cette relation ?

F. Balibar : En 1905, Einstein, âgé de 26 ans, publie cinq articles importants, dont l'un fonde la « théorie de la relativité ». Celle-ci est née de la volonté des physiciens d'achever l'unification de la physique commencée en 1850 par les travaux de Maxwell. Maxwell avait unifié l'électricité et le magnétisme en une seule théorie, l'électromagnétisme, après avoir montré que les deux phénomènes ne peuvent pas être étudiés séparément. Il avait alors montré que la lumière est une onde électromagnétique. Cette théorie électromagnétique de la lumière présentait un grave défaut : elle était incompatible avec la théorie de la mécanique, théorie de la matière.

Pourquoi était-ce un défaut ?

F. Balibar : Il semble impossible que la physique de la matière et la physique de la lumière soient incompatibles puisque la lumière est produite par la matière. De plus, les physiciens sont persuadés que la nature est « une », c'est-à-dire qu'elle obéit à des lois compatibles entre elles.

Et en quoi les deux théories étaient-elles incompatibles ?

F. Balibar : Elles l'étaient sur un point essentiel. La mécanique, science du mouvement, repose sur l'idée que l'immobilité absolue n'existe pas : l'immobilité n'est qu'un mouvement partagé ; dans un avion, un verre paraît immobile aux voyageurs embarqués à son bord, mais il est en mouvement par rapport au sol. La théorie électromagnétique de Maxwell, elle, reposait sur l'existence d'un « milieu » absolument immobile, nommé « éther » – en contradiction avec l'idée de base de la mécanique, donc. Ce milieu était indispensable du fait que la lumière était vue comme une onde – sur le modèle des rides à la surface de l'eau. Or une onde mécanique, pour exister, a besoin d'un « milieu matériel »



Françoise Balibar,
professeur émérite
à l'Université Paris VII.

dans lequel elle se propage (sans eau, pas de rides !).

Comment Einstein a-t-il résolu le problème ?

F. Balibar : En supprimant l'éther purement et simplement. Il s'était convaincu trois mois auparavant qu'il existe des situations dans lesquelles la lumière ne se comporte pas comme une onde – et donc, que l'éther n'est pas indispensable. Einstein a alors reconstruit la théorie électromagnétique, sans éther, mais en modifiant la notion de temps. La relation $\mathcal{E} = mc^2$ est une conséquence de cette théorie.

Mais que signifie cette relation ?

F. Balibar : Qu'à toute variation de la masse m d'un système au repos correspond une variation de son énergie $\mathcal{E}$ – et réciproquement. La masse d'un corps au repos est donc une mesure de son contenu en énergie : le corps possède une certaine énergie, du seul fait qu'il « est là » ; c'est son « énergie de masse ». Masse et énergie sont convertibles l'une dans l'autre ; le facteur de conversion c^2 est énorme : 9×10^{16} ($\mathcal{E}$ en J et m en kg) ! Un corps qui absorbe de l'énergie lumineuse voit sa masse augmenter. Dans l'autre sens, si on arrive à provoquer une diminution de la masse d'un système, il y a libération d'énergie, sous forme de chaleur ou d'énergie cinétique.

Il est rare que la conversion de masse en énergie se fasse aisément. Elle ne se produit qu'au sein de réactions mettant en jeu les noyaux des atomes ; en général, ces réactions ne sont pas spontanées ; il faut les provoquer. Quarante ans de travail scientifique et technologique intense séparent l'énoncé en 1905 de la célèbre formule et la première conversion de masse en énergie, au sein de bombes dites « atomiques », construites par les États-Unis en 1945, et immédiatement lancées sur les villes japonaises de Hiroshima et Nagasaki.

- ✎ 1. Comment s'appelle cette nouvelle théorie rédigée en 1905 par Einstein ?
- ✎ 2. Citer au moins 2 points importants de cette théorie qui révolutionna la physique.
- ✎ 3. Comment s'appelait le projet américain qui concernait la construction de la première bombe atomique ?
- ✎ 4. Pourquoi le terme bombe « atomique » est-il mal choisi ?
- ✎ 5. Calculer l'énergie libérée par une bombe atomique sachant que la masse du matériau actif a diminué de 1 g.
- ✎ 6. Par comparaison, combien d'énergie fournie en moyenne une centrale électrique pendant une journée ?