26
11/09/2026

La théorie de la "relativité restreinte" (1905) et la formule E = M.c²

Science facile

Tout le monde connaît la formule **E = M.c² .** Elle a un côté magique, simple et pourtant complexe, mais porteuse d'universalité. Roland Barthes écrivait (*Mythologies*, 1957) : *"Par sa simplicité inattendue, l'équation d'Einstein accomplit presque la pure idée de la clef, nue, linéaire, d'un seul métal, ouvrant avec une facilité toute magique une porte sur laquelle on s'acharnait depuis des siècles."*

Une porte ? Un hiéroglyphe mythique, aurait plutôt dit un autre Roland, le physicien Roland Omnès (*Philosophie de la science contemporaine*, 1994) : *"E=m.c² est devenue le blason de la science moderne. Tout le monde la connaît, mais elle fonctionne comme un hiéroglyphe : on admire sa forme sans savoir lire la langue qu'elle écrit"*.

Nous allons rester dans la simplicité. La formule apparaît pour la première fois dans un article scientifique d'Albert Einstein publié en 1905. Sa signification est finalement très simple **: la masse et l'énergie sont une même chose**.

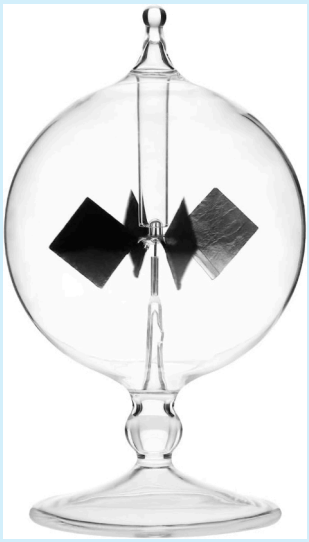
Considérons **un métal chauffé** qui émet de l'énergie sous forme de lumière. En principe, ce métal, d'une certaine masse, ne devrait pas perdre de masse puisque la lumière n'a pas de masse. Selon Einstein, **le métal perd en fait de la masse parce qu'il perd de l'énergie**. Selon lui, cette énergie est proportionnelle à la masse et au carré de la vitesse de la lumière (E = M.c²). Et, pour Einstein, cette formule est également vraie même si le métal n'est pas chauffé et ne produit pas de lumière. En quelque sorte, **cette énergie liée à la masse est intrinsèque au métal.**

Cette affirmation est en opposition totale avec la mécanique newtonienne pour laquelle un objet isolé n'a aucune énergie tant qu'il est au repos, alors qu'en mouvement, il possède une "énergie cinétique". Au contraire, E = M.c² indique qu'une masse **M** possède intrinsèquement une énergie **E**, même si elle est au repos. Cette énergie est considérable puisque le facteur multiplicatif est le carré de la vitesse de la lumière **c**.

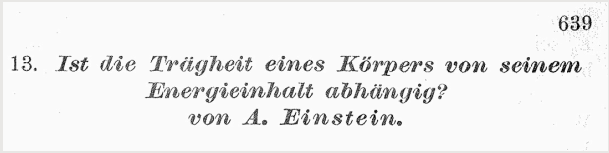
La matière contient donc une quantité phénoménale d'énergie potentielle. Prenons par exemple une cuillère à café remplie d'eau (5 grammes). C'est l'équivalent de la consommation électrique annuelle d'une ville de 30 000 habitants, 7 fois la bombe Hiroshima ou 10 000 tonnes de pétrole.

L'énergie intrinsèque de la matière explique le processus de **fission des centrales ou des bombes atomiques**, mais aussi dans le mécanisme de la **fusion nucléaire**, comme on l'a vu dans l'article No 9 sur l'origine de la lumière solaire : la masse perdue dans la fusion de 4 noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium est régénérée sous forme d'énergie (photons et neutrinos). Dans **les accélérateurs** comme celui du CERN, on applique la formule à l'envers : en accélérant les particules à des vitesses proche de celle de la lumière, l'énergie cinétique de choc fabrique des particules plus ou moins massives, qui n'existaient pas avant la collision.

Mais alors, **pourquoi le photon, qui n'a pas de masse, possède-t-il une énergie ?** Tout simplement parce qu'il est constamment en mouvement et c'est ce mouvement qui est porteur d'énergie. Le photon naît, voyage et meurt à la vitesse de la lumière, portant en quelque sorte son énergie dans son sac à dos. Einstein a d'ailleurs, par la suite, rajouté un paramètre à son équation, incluant la "quantité de mouvement", appelée "p". La formule finale est : $E^2 = (M.c^2)^2 + (p.c)^2$. C'est un peu comme le vent qui propulse le voilier. Sa force n'a aucun rapport avec son poids, mais il est porteur d'une grande énergie. L'analogie est réelle : le **radiomètre de Crookes** (1873) voit ses ailettes sous vide tourner sous l'effet de la lumière. C'est aussi le cas de la propulsion des **voiles solaires** dans l'espace.



Radiomètre de Crookes *©Amazon*



639

13. *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*
von A. Einstein.

Pour ceux qui veulent comprendre le détail, voici le raisonnement d'Einstein dans son article de 1905

Dans cet article de seulement 3 pages, Einstein s'interroge (le titre de l'article lui-même est une question). Il considère un corps immobile dans l'espace et qui se met à rayonner dans deux directions opposées. Les impulsions de lumière sont de même énergie et donc les forces de recul s'annulent. L'objet ne bouge pas…

En prenant la place d'un observateur extérieur en mouvement uniforme pour lequel l'objet n'est donc pas immobile. Vu de cet observateur, le rayon lumineux qui va dans le sens du mouvement semble plus énergétique (plus bleu) que celui qui va en sens inverse (plus rouge).

Calculant l'énergie totale avant et après l'émission, Einstein s'aperçoit que l'énergie cinétique de l'objet a diminué après avoir émis de la lumière, alors que sa vitesse n'a pas changé.

Or, la physique (classique) indique que l'énergie cinétique ne dépend que de la masse et de la vitesse. Si la vitesse est restée la même et que l'énergie cinétique a diminué, c'est que l'objet a perdu de la masse !