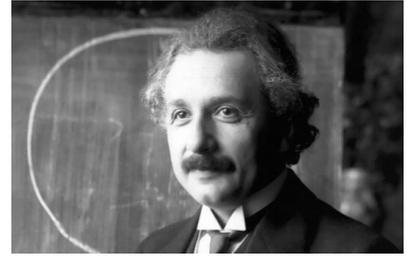


Comment la théorie de la relativité d'Einstein a changé nos vies

Le Monde | 27.11.2015 à 16h33 • Mis à jour le 27.11.2015 à 17h49 | Par Gary Dagorn

L'une des plus célèbres équations de la science fête [ses](#) 100 ans. [Publiée le 25 novembre 1915](#) dans la revue de l'Académie des [sciences](#) de Prusse (*Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, pages 844-847), l'équation d'Einstein – non, il ne s'agit pas de « $E = mc^2$ » – est l'équation fondamentale de la relativité générale.

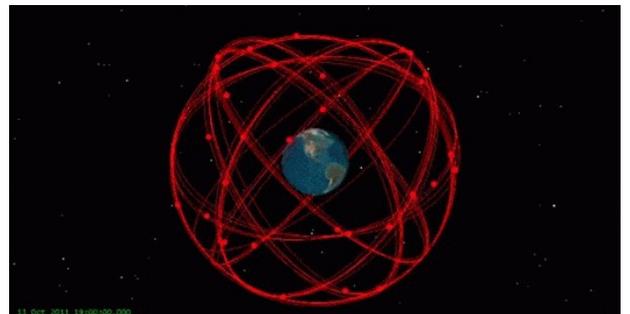


Des deux théories de la relativité découlent deux conclusions révolutionnaires qui sont toujours valables à ce jour. La première est que l'espace et le temps sont liés, on dit que le temps forme la quatrième dimension. La seconde est que l'un et l'autre sont relatifs. C'est-à-dire que l'espace et le temps ne sont pas absolus et peuvent [être](#) déformés. En ce sens, l'équation d'Einstein implique que la gravitation ne soit plus considérée comme une force s'exerçant à distance, mais comme une propriété géométrique de l'espace-temps lui-même.

Il est souvent répété que cette théorie a révolutionné notre compréhension de l'univers et de la [gravité](#). Mais cette révolution ne s'est pas arrêtée au cercle des physiciens et a donné naissance à plusieurs applications concrètes, utilisées quotidiennement.

1. Le GPS

Le GPS, ou *Global Positioning System*, est probablement l'application la plus connue de la relativité d'Einstein. Le GPS utilise une constellation de 32 satellites couvrant la totalité de la surface du globe. Ces satellites orbitent autour de la Terre à 20 200 kilomètres d'altitude, à une vitesse d'environ 14 000 km/h, pour [calculer](#) plusieurs centaines de millions de positions au sol chaque jour. Mais tout cela ne serait pas possible sans [tenir](#) compte des effets de la relativité.



Car à une telle altitude, la gravité terrestre subie par les satellites est 17 fois moindre qu'au sol. [Or](#), le temps étant relatif, il ne s'écoule pas exactement à la même vitesse au sol ou en altitude, car la force de la gravité exercée n'y est pas la même. Au bout de 24 heures, une horloge atomique située à bord d'un satellite GPS aura 45 microsecondes d'avance sur la même horloge atomique située au sol, la masse de la Terre ralentissant l'écoulement du temps.

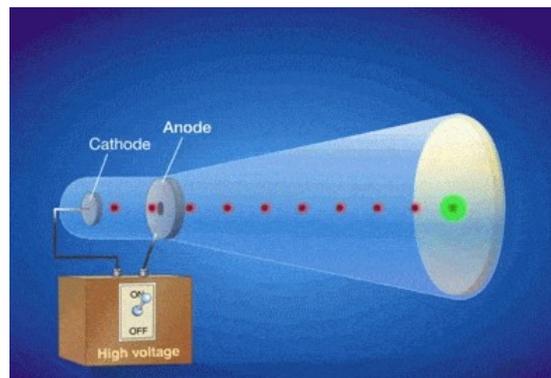
Le temps n'est pas dilaté que par la masse des objets, mais aussi par leur vitesse. Pour une horloge en mouvement telle que celles à bord des satellites GPS, le temps ralentit légèrement, d'environ 7 microsecondes par jour. Il faut donc tenir compte de ces deux effets inverses combinés pour [synchroniser](#) continuellement les horloges à bord des satellites avec celles au sol pour [corriger](#) cette avance (45 microsecondes d'avance et 7 microsecondes de retard, soit 38 microsecondes d'avance toutes les 24 heures).

38 microsecondes, ça n'a l'air de rien mais c'est assez pour [fausser](#) une navigation après seulement deux minutes, l'erreur de positionnement pouvant [atteindre](#) jusqu'à dix kilomètres par jour.

2. Les télévisions à tube cathodique

Même s'ils sont maintenant dépassés par les écrans plats, les écrans cathodiques ont régné sur [le monde](#) pendant quarante ans. Et votre vieille et volumineuse télévision n'aurait pas pu [fonctionner](#) si l'on ne savait pas [prendre](#) en compte les effets de la relativité d'Einstein.

Pourquoi ça ? Parce que dans un écran à tube cathodique, l'image est générée par un flux d'électrons venant [frapper](#) une plaque électroluminescente, produisant de la lumière à chaque stimulation par les électrons. Les électrons, des particules élémentaires portant une charge électrique négative, sont accélérés à grande vitesse puis déviés par des bobines générant un champ magnétique pour frapper à l'endroit visé la plaque lumineuse. Seulement, ces électrons sont accélérés à près de 30 % de la vitesse de la lumière (soit environ 90 000 kilomètres par seconde), et à une telle vitesse, les effets de la relativité générale deviennent non-négligeables.

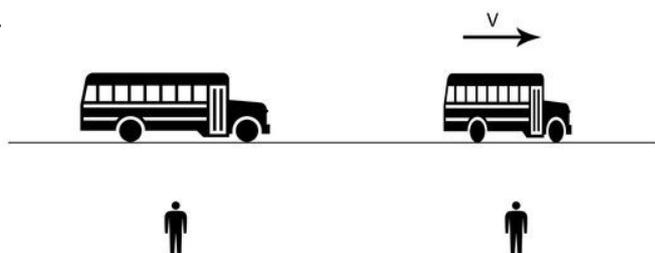


Les ingénieurs ont donc dû prendre en compte la contraction des longueurs dans la fabrication des aimants, sans quoi le flux d'électron, mal dévié, fabriquerait des images totalement inintelligibles. La théorie de la relativité n'a pas seulement eu des applications technologiques directes, elle a su également [expliquer](#) précisément l'origine de certains phénomènes physiques.

3. L'électromagnétisme

Vous l'ignorez peut-être, mais vous profitez des effets de la relativité (restreinte) à chaque fois que [vous](#) utilisez de l'électricité – en lisant ces lignes par exemple. Pourquoi ? Parce que l'on génère la majeure partie de notre électricité en tirant partie des effets relativistes de l'électromagnétisme, car la plupart des générateurs d'électricité produisent leur énergie à [partir](#) d'un puissant champ magnétique.

Qu'a à [voir](#) la théorie de la relativité là-dedans ? Pour le [comprendre](#), il faut expliquer la notion de contraction des longueurs. La relativité restreinte énonce que si un objet A d'une longueur d'un mètre est en mouvement par rapport à un observateur fixe B, la longueur perçue de cet objet A par l'observateur B sera inférieure à un mètre. Cette longueur perçue dépend de la vitesse de l'objet A : plus il se déplace rapidement, plus il semblera se [contracter](#) aux yeux d'un observateur fixe :



Le principe est le même pour [générer](#) de l'électricité à l'[aide](#) d'un champ magnétique. Un champ magnétique appliqué sur un fil conducteur en mouvement produit un flux d'électrons qui se déplacent le long du fil. Dans le référentiel des électrons, les protons (qui sont chargés positivement) sont également en mouvement, c'est à ce moment que la contraction des longueurs s'applique : du point de vue des électrons, l'espace entre chaque proton est plus court, la densité de particules chargées positivement augmente et crée dès lors un courant électrique chargé lui aussi positivement.

4. La couleur de l'or

Peut-être est-ce un fait plus anodin, mais aussi surprenant que cela puisse paraître, la couleur de l'or est également due aux effets de la théorie de la relativité.

Pour le comprendre, il faut examiner l'atome d'or. Un atome d'or est plutôt lourd, massif. Il comporte un noyau de 79 protons et autant d'électrons orbitant autour du noyau. Les électrons peuvent être sur plusieurs « orbites » plus ou moins proches du noyau, tout comme les planètes du système solaire tournent autour du soleil à plus ou moins de distance.

Seulement, la vitesse de révolution des électrons positionnés au plus proche du noyau est si élevée (environ la moitié de la vitesse de la lumière, soit 150 000 km/s) que les effets de la relativité interviennent. La contraction des longueurs fait apparaître ces électrons plus proches les uns des autres et influence les longueurs d'onde que ceux-ci absorbent et reflètent.

Sans ces effets relativistes, les atomes d'or devraient théoriquement aborder des longueurs d'onde dans l'ultraviolet, c'est-à-dire dans le spectre non-visible de la lumière. Or, les atomes d'or absorbent en réalité la lumière située dans la partie bleue du spectre visible et ne reflètent donc que la lumière située entre le jaune et le rouge, d'où la couleur dorée dont il brille.

- Gary Dagorn
Journaliste au Monde

http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2015/11/27/comment-la-theorie-de-la-relativite-d-einstein-a-change-nos-vies_4819236_4355770.html

