29
17/09/2026

La théorie de la "relativité générale" (1915), le principe d'équivalence et la courbure de l'espace-temps

Science facile

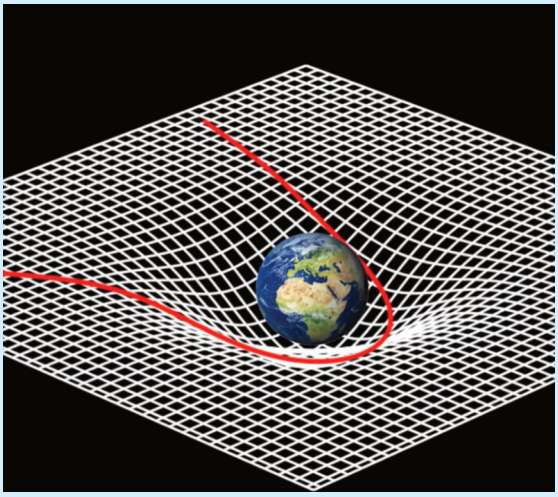
La théorie de la relativité restreinte, selon laquelle aucune matière, mais aussi aucun rayonnement (et donc information) ne peut voyager plus vite que la lumière, entrait en conflit avec la **théorie universelle de la gravitation** formulée par Isaac Newton en 1687 selon laquelle les corps cosmiques s'attirent mutuellement et **instantanément** avec une force proportionnelle à leurs masses M1 et M2 et inversement proportionnelle aux carrés de leur distance D. Aucune observation ne remettait alors en cause cette loi **$F = G.M1.M2 / D^2$** où G est a constante universelle de la gravitation. Tous les calculs astronomiques se révélaient justes.

Einstein constata rapidement que l'idée newtonienne d'une gravitation instantanée se heurtait à l'impossibilité de dépasser la vitesse de la lumière. Pour Newton, en effet, si le Soleil disparaissait, la Terre quitterait son orbite immédiatement. Pour Einstein, cette instantanéité n'avait aucun sens physique. Il entreprit donc dès 1905 de construire une autre théorie de la gravitation.

C'est en 1907, alors qu'il est encore modeste employé du bureau des brevets de Berne, et qu'il travaillait en perruque sur les mouvements accélérés,qu'il a une idée de génie, **"l'idée la plus heureuse de ma vie"**, dira-t-il plus tard. Voyant un jour un peintre un bâtiment tomber de son échafaudage, il a l'intuition qu'une personne en chute libre ne ressent pas son propre poids. Il en conclut que, si par un changement de référentiel (la référence de celui qui chute), le poids s'annule, c'est que la gravité (effet de la gravitation qui fait tomber la pomme de Newton) n'est qu'un apparence et qu'en fait, c'est accélération qui est aux manettes. C'est ce qu'on appelle **le "principe d'équivalence" entre la gravitation et l'accélération.**

Einstein établit donc que **la gravitation** n'**est** pas une force mystérieuse, mais simplement **le résultat d'une accélération dans un espace courbé.** La "relativité générale" était née.

Einstein en déduit rapidement que **cette accélération courbe les rayons lumineux**. Si vous êtes dans un ascenseur en chute libre et que vous envoyez un rayon laser d'une paroi à une autre (référentiel de l'ascenseur), le rayon va en ligne droite. Mais si de l'extérieur (référentiel externe), on envoie un autre rayon laser au travers d'un trou situé dans la paroi de l'ascenseur, le rayon est courbé, car pendant que la lumière traverse la cabine pour aller vers la paroi opposée, l'ascenseur continue d'accélérer. Dans la cabine, le rayon touche donc l'autre paroi au-dessus du premier trou. Pour celui qui est dans l'ascenseur, le rayon n'a pas été enligne droite mais a suivi une trajectoire courbée.

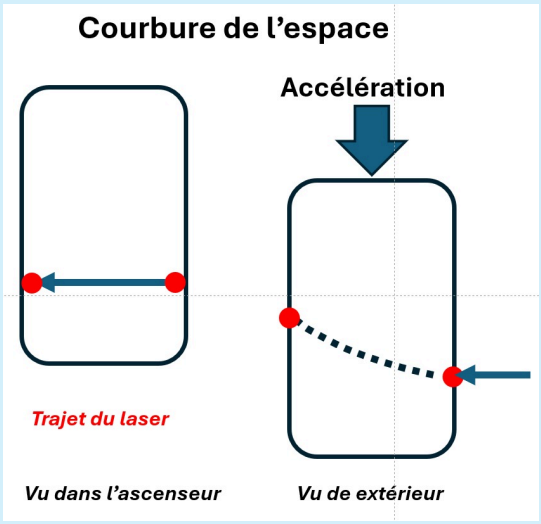


Courbure de l'espace-temps *© ScienceEtonnante*

Dès 1919, cette théorie sera validée par l'observation du déplacement apparent des étoiles par la courbure générée par la masse du Soleil (voir notre billet No 9 pur plus de détails). Puis, plus tard, l'observation des ***"lentilles gravitationnelles"***, et des étoiles aux bords des **"trous noirs"** confirmeront le phénomène.

Einstein comprend que l'espace et le temps ne sont qu'un un tissu souple à quatre dimensions : l'espace-temps. Pour le représenter, les physiciens utilisent l'image d'**une toile élastique déformée** (creusement) par des billes plus ou mois lourdes qui représenteraient les astres. La déformation géométrique de ce tissu infléchit la trajectoire de ces astres. Mais ce n'est qu'une image, car l'espace-temps est à quatre dimensions.

Autre remarque, **la courbure de l'espace-temps ralentit le temps parce que la gravité étire le tissu du temps de la même manière qu'elle déforme l'espace.** Plus un objet est lourd, plus il creuse l'espace-temps, et plus le temps s'écoule lentement à sa surface. Ce phénomène s'appelle la ***"dilatation temporelle gravitationnelle".*** Cela veut dire que le décalage des temps (et des horloges) que nous avons décrit dans un précédent billet sur la relativité restreinte, existe non seulement lorsque l'on change de référentiel (jumeaux de Langevin ou horloges atomiques voyageant autour de la Terre), mais est aussi influé par les masses, puisque le temps s'écoule plus lentement là où la gravité est la plus forte. **Un objet massif courbe l'espace et dilate le temps**...



jacques.boulesteix@wanadoo.fr
Billets téléchargeables sur
http://gofile.me/5U9Ky/3UkOC1k5t