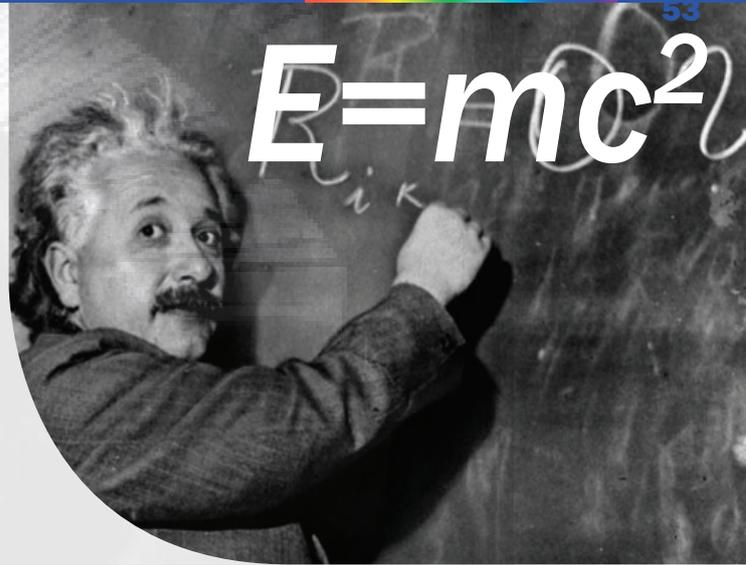


Albert Einstein

Albert Einstein contre Maître Yoda

La célèbre série cinématographique de science-fiction a fait son retour cet hiver avec son épisode VII : «Star Wars, le réveil de la Force» (2015, réalisation J.J. Abrams). Comparons la perception du voyage spatial «longues distances» de la science-fiction avec les lois de la théorie de la relativité d'Einstein.



Par DAVID VIENNOT
maître de conférences à l'Institut UTINAM
(CNRS, Université de Bourgogne-Franche-Comté) et à l'Observatoire de Besançon.

Dans tout épisode de Star Wars, un «chevalier Jedi» doit parcourir une galaxie «très lointaine» de système planétaire en système planétaire pour s'opposer aux forces du côté obscur, les terribles Sith, et leur empire malfaisant. Mais comment se déroulerait l'histoire si le scénario respectait les lois de la physique ?

Quelle est la taille d'un empire galactique ?

Avant de s'intéresser concrètement au voyage spatial, il est bon de rappeler les ordres de grandeur des distances à parcourir. Pour atteindre l'étoile la plus proche de notre Soleil, il faut compter 4.22 années-lumière (soit 40 millions de millions de kilomètres). Quelle serait donc la taille de la galaxie de Star Wars ? Si l'on imagine que celle-ci est similaire à notre Voie Lactée, on parle d'un rayon d'environ 50 000 années-lumière, soit 475 000 millions de millions de kilomètres. Il s'agit donc de distances gigantesques qui nécessiteraient des déplacements à des vitesses ahurissantes pour assurer une cohésion politique et des relations commerciales à l'échelle d'une galaxie, tel que cela nous est présenté dans Star Wars.

Quelle est la vitesse du Faucon Millenium ?

Si les Jedi veulent parcourir la galaxie, il faut donc aller vite. Mais peut-on atteindre une vitesse aussi grande que désiré ? La réponse à cette question demande de se pencher sur le concept d'inertie. L'inertie est la propension d'un corps à résister à sa mise en mouvement (ou réciproquement sa propension à conserver son mouvement tel qu'il est). C'est sa masse qui mesure son inertie. En d'autres termes, la dépense d'énergie sera plus grande pour accélérer des objets lourds que pour des objets légers. Cette énergie dépensée se retrouve (intégralement dans le cas idéal sans pertes) dans ce que l'on appelle l'énergie cinétique des corps en mouvement. Jusque là c'est ce que nous apprend la physique de Newton, mais là intervient Albert Einstein et sa théorie de la relativité restreinte. La célèbre formule $E=mc^2$ exprime le fait que masse (m) et énergie (E) ne forment en réalité qu'un même concept («c» est la vitesse de la lumière dans le vide, une constante universelle). Cela signifie par exemple, que de la masse peut être convertie en énergie pure et inversement (c'est ce qu'il se passe dans les réactions nucléaires). Mais si masse et énergie sont équivalentes, l'énergie cinétique des

corps participe à leur inertie. Ainsi plus un corps sera rapide, plus son énergie cinétique sera forte, donc plus son inertie sera grande et plus il faudra dépenser d'énergie pour l'accélérer encore. Le résultat de ce cercle vicieux est qu'il existe une vitesse limite, c (qui se trouve être la vitesse de la lumière dans le vide) car il faudrait dépenser une quantité infinie d'énergie pour accélérer un corps jusqu'à elle. Il s'agit donc d'une vitesse indépassable. Elle vaut tout de même 300 000 km/s, ce qui peut paraître beaucoup, mais pas tant que cela au regard des distances astronomiques. Ainsi à cette vitesse, il faut 4 ans et 3 mois pour atteindre l'étoile la plus proche du Soleil, et 27 000 ans pour atteindre le centre galactique. Si l'on considère le voyage d'Obi-Wan Kenobi dans l'épisode II de Star Wars «L'attaque des clones», où il part de la planète Coruscant proche du centre de la galaxie pour aller vers Kamino en bordure de celle-ci, avant de revenir à son point de départ, à une vitesse proche de la lumière la durée de son voyage est d'environ 100 000 ans (en temps propre de Coruscant). Autant dire que les Sith ont largement eu le temps de mener à bien leurs plans machiavéliques avant qu'Obi-Wan ne soit de retour !

<http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/actu/d/physique-voit-vraiment-han-solo-lorsquil-passe-vitesse-lumiere-44072/>



Quelle est la durée du voyage d'Obi-Wan ?

Dans cette discussion il faudrait faire intervenir un autre aspect de la théorie de la relativité restreinte, la dilatation relativiste du temps. Selon cette loi de la physique, le temps ne s'écoule pas de la même façon pour tous les observateurs (c'est ce qui a donné son nom à la théorie, le temps n'est plus un paramètre absolu commun à tous mais est relatif à chacun). Ainsi si il s'est écoulé 100 000 ans entre le départ et le retour d'Obi-Wan sur Coruscant (pour ceux restés sur la planète), il ne s'est écoulé que un an et demi pour Obi-Wan lui-même si sa vitesse était de 99.99999999% de celle de la lumière. Cet effet est également connu sous le nom de paradoxe des jumeaux de Langevin (*un jumeau qui voyage à une vitesse très élevée aura entre son départ et son retour moins vieilli que celui resté sur terre*). Il faudrait prendre en compte ces « décalages de temps » dans les scénarios de science-fiction si les lois de la physique y étaient respectées (*certains auteurs le font, voir par exemple le « récit du Consul » dans Hypérion de Dan Simmons - 1991, éditions Robert Laffont -*).

N'y a-t-il aucune façon de dépasser les limites de la relativité restreinte ?

Comme nous l'avons vu, la théorie de la relativité restreinte impose une vitesse maximale accessible. Alors en reprenant la langage typique de la science-fiction, ne pourrait-on pas passer dans « l'hyperespace » pour dépasser la vitesse de la lumière ? Cette notion « d'hyperespace » a été inventée par l'auteur Isaac Asimov pour son cycle de Fondation (1951, éditions Hachette/Gallimard) et a été reprise ensuite par nombre d'auteurs de science-fiction. Pourrait-on y donner un sens ? Pour un fois, Albert Einstein vient à notre secours à travers la théorie de la relativité générale. Celle-ci stipule que la gravité n'est pas une force mais la manifestation de la courbure de l'espace-temps. Imaginons que l'espace soit une surface de caoutchouc flexible. Une planète, la Terre par exemple, est assimilée à une boule lourde posée sur la surface, qui la déforme en lui imprimant une courbure (voir figure 1). Une boule plus légère qui tombe vers la Terre, ne le fait pas parce qu'elle est attirée par elle, mais parce qu'elle suit la ligne de déformation minimisant son effort (*on dit qu'elle suit une géodésique*). La théorie de la relativité

générale nous apprend que les choses se passent ainsi mais dans les quatre directions de l'espace et du temps. En quoi cela nous aide-t-il ? Et bien puisque la présence de masse ou d'énergie (*c'est la même notion en relativité*) déforme l'espace-temps, il est possible d'imaginer des déformations qui permettraient « d'envoyer » un vaisseau d'un point à un autre à vitesse apparente supérieure à c . Imaginons par exemple que l'on contracte l'espace devant le vaisseau et qu'on le dilate à l'arrière (*voir figure 2*), l'effet de cette déformation serait semblable à une propulsion. Mais cette « propulsion apparente » n'est pas limitée par la vitesse de la lumière, car en réalité il n'y a pas de mouvement, c'est la géométrie de l'espace lui-même que l'on modifie. La vitesse apparente n'est que la vitesse que le vaisseau aurait s'il se déplaçait dans un espace non-déformé pour réaliser ce que l'on observe avec la déformation. Puisqu'elle est virtuelle, elle n'est pas limitée par les lois de la relativité (*encore une fois rien ne se déplace réellement, c'est la géométrie de l'espace qui change*). De tels modèles d'espace-temps déformés ont été proposés par les physiciens, les deux les plus intéressants sont appelés « bulle d'Alcubierre » et « tube de Krasnikov ». Il faut savoir que ces modèles nécessitent l'intervention d'une forme d'énergie exotique provoquant une sorte de répulsion gravita-

tionnelle. Une telle forme d'énergie existe-t-elle ? Jusqu'à ce jour aucune expérience, aucun accélérateur de particules, n'en a jamais mis en évidence. Par contre, les astrophysiciens ont montré que l'expansion de l'Univers allait en s'accroissant, ce qui suggère l'existence d'une telle forme d'énergie (elle représenterait 68.3% de toute la masse-énergie présente dans l'Univers, selon les données récoltées par le satellite Planck). À ce jour, nous ne connaissons pratiquement rien sur ce que l'on a appelé énergie sombre (à ne pas confondre avec la matière sombre), et le paradoxe que quelque chose d'aussi abondant puisse échapper à nos expériences reste entier. En évoquant cette énergie sombre, les modèles de Miguel Alcubierre et de Sergueï Krasnikov offrent peut-être une porte de sortie aux vaisseaux supraluminiques de Star Wars, l'hyperespace se traduisant par une déformation exotique de l'espace-temps. L'énergie sombre serait donc requise pour faire fonctionner l'univers de Star Wars, le côté obscur est-il donc le plus fort ? Que la Force soit avec vous ! ●

Fig. 1 : Géométrie de l'espace (restreint à deux dimensions) déformé par la masse d'une planète (en bleu clair).

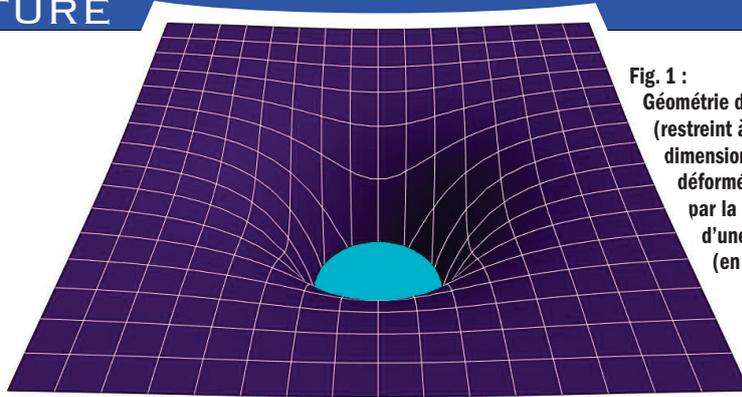
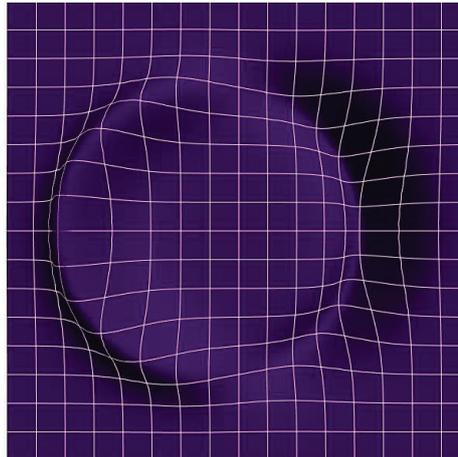


Fig. 2 : Géométrie de l'espace (restreint à deux dimensions) induite par une bulle d'Alcubierre (contraction à l'avant et dilatation à l'arrière), le vaisseau se trouve au centre de la bulle.



Contact

david.viennot@utinam.cnrs.fr

