

## **f/ L'anicca de l'Univers entier. La relativité restreinte et la relativité générale d'EINSTEIN. La théorie du BIG BANG.**

La relativité est fondée par Galilée au 17<sup>ème</sup> siècle ; un mouvement rectiligne uniforme est équivalent à un repos ; la chute d'un corps sur un bateau qui avance à vitesse constante suivant une trajectoire rectiligne est strictement la même que celle d'un corps sur la terre ferme ; l'immobilité n'est qu'une illusion ; nous avons l'impression que la Terre est immobile alors qu'en fait, elle bouge ; tout mouvement est relatif. Pour un même observateur, les mêmes expériences physiques donnent les mêmes résultats qu'elles soient faites sur Terre, sur Mars ou sur une exoplanète d'une galaxie située aux confins de l'Univers.

EINSTEIN est toujours intrigué par la constance de la vitesse de la lumière qui est la même en tout point de l'Univers. En ajoutant la constante de la vitesse de la lumière à la relativité galiléenne, il a établi en 1905 sa théorie de la relativité restreinte (restreinte veut dire limitée au mouvement rectiligne uniforme) ; elle nous apprend trois choses :

- . La vitesse de la lumière est constante et elle est indépassable.
- . La fin de l'espace et du temps en tant qu'entités absolues ; la théorie les a entremêlés en une sorte de continuum à quatre dimensions appelé espace-temps qui bouleverse complètement notre vision du monde car notre cerveau est jusqu'ici toujours habitué à un espace tridimensionnel; on peut découper comme on veut dans ce continuum des coordonnées de natures spatiales et temporelles formant un référentiel ; mais chaque observateur possède son propre référentiel, différent de celui des autres.
- . La fameuse formule  $E = mc^2$ . On la voit partout (sur les Tee-shirts, à la télé ; les tagueurs aiment l'écrire sur les murs de toutes les villes).

Avec  $E = mc^2$ , tout le monde sait que la masse peut se transformer en énergie et vice versa, mais sans plus. Pourtant, on peut écrire beaucoup de choses là-dessus. D'abord, pourquoi  $c$  (célérité ou vitesse de la lumière) vient s'immiscer entre l'énergie et la masse ? Autrement dit quel rapport entretient-elle avec l'énergie et la masse ? On sait que FARADAY a découvert le principe de la conservation de l'énergie et le pauvre LAVOISIER<sup>1</sup> a défini la loi de la conservation de masse. Pourquoi EINSTEIN a utilisé  $c$  dans la formule ? Pour comprendre tout ça, mettons-nous aux commandes d'un engin spatial volant à une vitesse proche de

---

<sup>1</sup> Lavoisier fût guillotiné pendant la révolution française. La cause de cette exécution était la vengeance du docteur Marat (Lavoisier a refusé une « invention » du Dr Marat à l'académie des Sciences à l'époque, sous le règne de Louis XVI). Mais il y avait aussi la vengeance du peuple car Lavoisier était responsable, avec les fermiers généraux, de la collecte des impôts. C'est pour cette raison que le peuple le détestait. La vengeance due au désir ardent ou soif égoïste, est une des causes de la souffrance que nous verrons dans la Seconde Noble Vérité du Bouddha.

celle de la lumière. Appuyons sur l'accélérateur pour que la vitesse de notre engin dépasse  $c$  c'est-à-dire 300.000km/seconde. Peine perdue ; malgré tous nos efforts, notre engin ne peut jamais voler plus vite que  $c$ . Mais alors où est passée l'énergie supplémentaire que nous avons fournie en appuyant sur l'accélérateur ? Elle ne peut pas disparaître sans raison comme ça dans la nature. Eh bien, au lieu d'acquérir une vitesse supérieure à «  $c$  », notre engin se dilate tout simplement ; sa masse augmente. L'énergie supplémentaire se transforme en masse. Ce n'est pas simplement une vue de l'esprit car ce phénomène est confirmé dans des accélérateurs de particules ; quant on accélère un proton à la vitesse proche de celle de la lumière, sa masse augmente jusqu'à plusieurs centaines de fois, sa masse initiale. A chaque fois qu'on s'approche de  $c$ , l'énergie se transforme en masse. C'est pour cette raison qu'EINSTEIN utilise «  $c$  » comme facteur de conversion énergie-masse. C'est comme le nombre 2,54 est utilisé comme facteur de conversion pouce-centimètre. Quant à élever  $c$  au carré, c'est une longue histoire qui sortirait du cadre de ce livre parce qu'il faut remonter jusqu'à VOLTAIRE et sa campagne Mme du CHATELET (une scientifique très sérieuse en son temps). Sachons que sur Terre aussi, une masse  $m$  qui se déplace à la vitesse  $v$  produit une énergie égale à  $mv^2$ .

D'autre part,  $m$  doit être comprise de 2 façons : masse pesante (quantité de matière multipliée par l'accélération de la pesanteur) et masse inertielle (c'est-à-dire une résistance, par inertie, au déplacement). En physique classique, masse pesante et masse inertielle sont égales. Dans  $E = mc^2$ , c'est la masse inertielle qui est prise en compte ; elle augmente avec la vitesse de l'objet ; à la vitesse nulle, la masse inertielle est égale à la masse pesante. Plus un mobile va vite, plus il est difficile de l'accélérer davantage. Quand sa vitesse est proche de celle de la lumière, l'énergie à fournir pour accélérer davantage le mobile devient infinie. Il est pratiquement impossible d'avoir une source d'énergie infinie. Les photons (grains de lumière) eux, qui n'ont pas de masse (donc pas de masse inertielle) ne peuvent filer qu'à la vitesse maximale de 300.000km/seconde.

La théorie de relativité restreinte change complètement le concept de l'espace et du temps. Désormais l'espace et le temps varient en fonction de la vitesse à laquelle est soumis l'observateur. A la vitesse proche de celle de la lumière, il se produit ce que l'on appelle une « dilatation des durées » et une « contraction des longueurs ». Le paradoxe des jumeaux illustre bien ces phénomènes. Prenons deux jumeaux SOK et SAO. Si SOK allait visiter une exoplanète qui est située à 20 années-lumière de la Terre en prenant une navette spatiale volant à la vitesse relativiste (c'est-à-dire vitesse proche de celle de la lumière), à son retour, il retrouverait SAO âgé de 40 ans de plus que lui. SOK mesure une distance plus courte pour son parcours que SAO qui observe la navette de son frère depuis la Terre. Comparé à l'espace et au temps de SAO qui reste immobile sur Terre, SOK qui se déplace à la vitesse relativiste, voit son temps passer moins vite et son espace se contracter.

Le 6 Août 1945, à 08H16, un engin ayant la forme d'une poubelle oblongue contenant ce que nous appelons « les applications de  $E = mc^2$  » fut lâché à 10.000m d'altitude d'un avion B-29 américain au-dessus d'HIROSHIMA. Quarante trois secondes plus tard, il déclencha l'apocalypse que l'on sait. La science est-elle mauvaise ? Réponse : pas du tout. La science en soi, n'est ni bonne ni mauvaise. C'est l'application qui en est faite qu'il faut considérer. Si  $E = mc^2$  est utilisée pour produire de l'électricité pour éclairer une grande ville, l'application de la science est bonne. Par contre, si  $E = mc^2$  est utilisée pour produire une bombe dévastatrice comme celle d'HIROSHIMA, alors cette application est très mauvaise. La science peut être comparée à un couteau ; on peut s'en servir pour éplucher une pomme ; dans ce cas, le couteau est un instrument utile et indispensable ; on peut aussi planter le couteau entre les épaules de son voisin ; alors le couteau devient l'arme du crime.

En 1915, EINSTEIN a étendu sa relativité restreinte au mouvement accéléré, ce qui donne naissance à sa théorie de la relativité générale. Qui dit mouvement accéléré, dit force d'accélération ; cette dernière est la même chose que la gravitation. La théorie de relativité générale étend donc les principes de la relativité restreinte à des changements de référentiels plus généraux (qui sont en accélération les uns par rapport aux autres). Ce qui est essentiel à retenir, c'est que l'espace-temps est courbé par la gravité ; cette courbure<sup>2</sup> est due au contenu en matière et en énergie de l'Univers. Cette théorie de la relativité générale qui constitue le socle sur lequel repose la théorie du BIG-BANG, nous donne accès à l'histoire de l'Univers. Mais avant d'arriver au BIG-BANG, parlons d'abord de l'erreur d'EINSTEIN. Ses équations démontrent clairement que l'Univers est soit en expansion, soit en contraction. Curieusement EINSTEIN, imprégné de la vision déterministe de LAPLACE, croit comme ARISTOTE et LAO TSEU, que l'Univers est statique et immuable. Du coup, la vision d'un Univers qui bouge est, pour lui, catastrophique. Il se met à douter de sa théorie et introduit dans ses équations une constante en lui assignant une valeur telle que tout s'arrête de bouger ; cette constante s'appelle la constante cosmologique. Mais la nature est plus forte que lui. Plus tard quand HUBBLE démontre la fuite des galaxies attestant l'expansion de l'Univers, EINSTEIN finit par se rendre à l'évidence et par admettre avec regret que cette constante cosmologique est la plus grave bévue de sa carrière.

---

<sup>2</sup> Si on ne tenait pas compte de la courbure spatio-temporelle au voisinage de la terre et de la différence entre l'écoulement du temps propre des satellites en orbite et celui du temps terrestre, le système GPS de géolocalisation indiquerait des positions avec des erreurs de plusieurs kilomètres. Même dans chaque maison, on vieillit un peu plus vite au grenier qu'au sous-sol (de quelques milliardièmes de seconde d'après des horloges atomiques ultra-précises).

La courbure de l'espace-temps au voisinage du Soleil est confirmée par l'éclipse du Soleil de 1919.

La relativité générale et les observations de HUBBLE conduisent à l'adoption du modèle expansionniste de l'Univers développé durant les années 1920-1930. Or un Univers qui est en expansion, se dilate, se refroidit et se dilue (c'est-à-dire qu'il y a raréfaction de la matière), ce qui amène l'abbé Georges LEMAITRE, astronome belge, à formuler sa théorie de l'atome primitif. Selon l'abbé, ce qui se dilate, se refroidit et se dilue, doit être de petit volume, chaud et dense au départ. Imaginons que nous sommes en train de regarder, au magnétoscope le film de l'expansion de l'Univers. Et maintenant regardons le film à l'envers. Cette inversion du processus d'expansion amène l'Univers à se contracter jusqu'à atteindre la taille d'une tête d'épingle : un état extrêmement chaud et extrêmement dense, l'atome primitif de LEMAITRE. C'est la désintégration de cet atome sous la forme d'une explosion originelle, produite il y a 13,8 milliards d'années, qui a donné naissance à l'Univers actuel. Cette théorie de LEMAITRE fût tournée en dérision au début, surtout par deux grands détracteurs : par EINSTEIN lui-même et par l'astronome anglais Fred HOYLE. EINSTEIN a dit à LEMAITRE « vos idées sont abominables » ; mais ensuite il a dû s'incliner. C'est Fred HOYLE qui, peut-être par moquerie (ou peut-être en plaisantant à moitié) a utilisé, en 1949, l'expression BIG-BANG (le grand boum ou la grande détonation) pour parler de la théorie de l'atome primitif. Eh bien, l'expression de HOYLE a fait mouche ; depuis, la théorie de LEMAITRE porte le nom de la théorie du BIG BANG jusqu'à nos jours. Voilà l'exemple d'un scientifique qui a donné le nom à la théorie qu'il a combattue farouchement. Aujourd'hui, la théorie du BIG BANG semble acceptée par tout le monde, car il y a une preuve irréfutable : la découverte du rayonnement fossile par PENZIAS et WILSON en 1965 (ce rayonnement a été prédit par l'astronome d'origine russe GAMOW). Comme le squelette fossilisé indique qu'il y avait des dinosaures sur Terre il y a 65 millions d'années, le rayonnement fossile qui occupe tout l'Univers à la température de 3 degrés Kelvin (environ  $-270^{\circ}\text{C}$ ) indique qu'il y avait une explosion primordiale qui a donné naissance à l'Univers actuel.

Nous avons vu que la théorie de la relativité générale réserve à l'Univers deux scénarios possibles : expansion ou contraction ; mais elle ne précise pas dans quelle direction l'Univers s'achemine. Ce sont les observations de HUBBLE qui nous permettent de savoir qu'actuellement l'Univers est en expansion, et cette expansion semble s'accélérer de plus en plus. Il existe donc une énergie qui est responsable de cette accélération de l'expansion. On ne la connaît pas ; on l'appelle énergie sombre. D'autre part, toutes les matières que nous voyons (et que nous connaissons) ne peuvent expliquer la structure de l'Univers. Il doit exister une matière inconnue ou masse manquante qui agit par sa gravité pour pouvoir expliquer la structure actuelle de l'Univers. Cette matière inconnue et invisible est appelée matière noire. Actuellement, on ne voit qu'à peine 5% de la matière de l'Univers. Les 95% restantes sont inconnues et invisibles. Selon les données recueillies par le satellite européen PLANCK en mars 2013, l'univers est constitué de 4,9% de matière

visible, de 26,8% de matière noire invisible et de 68,3% d'énergie sombre inconnue<sup>3</sup>.

Précisons que tout de suite après le BIG BANG, l'Univers se trouve dans un état de chaleur extrême, à des milliards de degrés centigrades ; c'est une sorte de magma sans aucun atome dans lequel les photons (grains ou particules de lumière) sont piégés ; tout est opaque comme dans un brouillard à couper au couteau. Ce n'est que 370.000 ans après le BIG BANG que les noyaux arrivent à capter les électrons pour former les premiers atomes libérant ainsi les photons. La première lumière commence à s'échapper 370.000 ans après le BIG BANG ; c'est elle qui est à l'origine du rayonnement fossile. C'est l'image du bébé Univers apparue au moment de l'émission de ce rayonnement fossile que le satellite PLANCK nous a rapportée et qui a été diffusée par les journaux et les télévisions du monde entier au mois de mars 2013. Il faut encore beaucoup de temps pour exploiter toutes les données recueillies par PLANCK. Peut-être d'ici un ou deux ans, nos connaissances sur l'Univers auront beaucoup évolué.

L'expansion actuelle de l'Univers va continuer pendant encore des milliards ou dizaines de milliards d'années et la température tend vers le zéro degré Kelvin ou zéro absolu, c'est-à-dire -273°15 Celsius sans jamais l'atteindre. On va donc vers le Big Chill (le grand gel ou le grand froid). Mais on peut imaginer que l'expansion de l'Univers va se ralentir, puis s'arrêter et ensuite s'inverser à la manière d'un caillou qu'on lance au ciel, qui monte d'abord, puis atteint la vitesse nulle et amorce la chute en sens inverse vers la terre. Dans ce cas, l'Univers va se contracter jusqu'à atteindre le volume d'une tête d'épingle avec densité infinie et chaleur extrême. C'est le big crunch (le grand effondrement ou le grand craquement), sorte de BIG BANG à l'envers. De toute façon, Big Chill ou Big crunch, ce sera la fin de tous. L'Univers n'est pas éternel; il est aussi victime de l'anicca.

---

<sup>3</sup> Voir SCIENCES & AVENIR, Avril 2013, N°794 : « L'origine de l'Univers », p.41