

## Petite mise au point sur la relativité restreinte

*Par Christian Suavet, agriculteur, amateur de physique et de cosmologie.  
Article en partie publié dans la revue Effervesciences en octobre 2013,  
Contact : christian.suavet.06@gmail.com.*

**RÉSUMÉ.** Une petite imprécision expérimentale a pu être à l'origine d'une erreur conceptuelle dans la relativité restreinte, erreur qui pourrait bien constituer une entrave à la résolution de problèmes en physique et en cosmologie.

### **INTRODUCTION :**

« *Tout est relatif !* » est la phrase mythique que l'on attribue à Albert Einstein. Pourtant la théorie de la relativité est basée sur un absolu qui est la constance de la vitesse de la lumière. Comment peut-on concilier une valeur absolue avec la relativité du temps et de l'espace ? La notion d'absolu a-t-elle un sens lorsque tous les paramètres sont variables ?

Max Planck déjà, pensait que la théorie de la relativité portait bien mal son nom car elle était basée sur un absolu qu'il estimait irréductible : « *Si l'espace et le temps perdent leur caractère absolu, ce dernier n'est pas le moins du monde expulsé de l'univers. Il s'est retiré plus loin, dans la métrique du continu à quatre dimensions qui unit espace et temps, par l'intermédiaire de la vitesse de la lumière. [...] Qui pourrait nous garantir qu'un concept, auquel nous attribuons aujourd'hui un caractère absolu, ne devra pas être considéré plus tard comme relatif, en se plaçant à un point de vue nouveau ?* » [1].

Plus récemment, des physiciens s'interrogent sur la validité de la relativité restreinte : « *Nous avons discuté longuement de ces paradoxes [de la physique]. La racine du mal était clairement la relativité restreinte. [...] Pour édifier une théorie cohérente, nous devons commencer par abandonner la relativité restreinte* » [2].<sup>1</sup>

### **1. Un peu d'histoire**

Entre 1881 et 1887 Albert Michelson et Edward Morley ont mis au point une expérience qui était censée expliquer la propagation de la lumière par l'existence d'un éther luminifère, référentiel absolu à tout déplacement dans l'univers. Cette expérience mesurait la vitesse de la lumière dans deux directions perpendiculaires, et était prévue pour en vérifier une variation de 30 km/s, car la vitesse de la Terre autour du soleil était censée s'ajouter ou se soustraire de la vitesse de la lumière quand celle-ci était mesurée dans un sens parallèle au déplacement de la Terre, ce qui n'est pas le cas avec une mesure perpendiculaire au déplacement de la Terre. Or, aucune différence n'a été trouvée dans les mesures. L'expérience a été répétée à maintes reprises pour donner toujours le même résultat, ce qui a inspiré à Einstein l'idée géniale qui a conduit à l'élaboration de la théorie de la relativité restreinte en 1905. L'idée est que, si la vitesse de la lumière est indépendante de la vitesse de la Terre, c'est l'espace et le temps qui se modifient. La vitesse de la lumière ne s'ajoute donc pas à celle de la Terre, comme l'a exprimé Einstein : « *Dans l'espace vide la lumière se propage toujours avec une certaine vitesse qui est indépendante de l'état de mouvement du corps émetteur* » [3].

---

<sup>1</sup> Cette dernière réflexion a été le facteur déclenchant de cet article. N'étant pas moi-même scientifique, et comme plus personne ne soulevait le problème depuis Max Planck, je le pensais résolu depuis bien longtemps déjà. Mais cette remarque de João Magueijo a réactualisé le problème.

## 2. Une extrapolation hasardeuse

L'absence de différence dans les mesures de la vitesse de la lumière lors des expériences de Michelson et Morley, a conduit Einstein à penser que la vitesse de la lumière est constante dans n'importe quel référentiel : « *la lumière lorsque mesurée dans le système en mouvement se propage toujours à la vitesse constante  $V$  [qui sera plus tard nommée  $c$ ] tel que requis par le principe de la constance de la vitesse de la lumière et le principe de la relativité* »[4]. Or pour pouvoir le vérifier, il faut effectuer des mesures avant et après avoir changé de référentiel. Il n'y a que deux façons de changer de référentiel : soit par une variation de vitesse, soit par une variation du champ gravitationnel (c'est à dire entrer dans un champ gravitationnel plus ou moins intense comme par exemple celui d'un trou noir, mais personne ne le savait avant 1915, et de toute façon c'était, et c'est toujours, plutôt compliqué à expérimenter). Le problème dans l'expérience de Michelson-Morley est que lorsqu'on mesure la vitesse de la lumière dans des directions perpendiculaires, on reste dans le même référentiel, celui de la Terre qui se déplace à vitesse constante. Tout le malentendu est là : Constater que la vitesse de la lumière ne s'additionne pas à la vitesse de celui qui la mesure, et en déduire qu'elle est constante dans tous les référentiels sans l'avoir expérimenté par un changement de référentiel est une extrapolation sans fondements.

## 3. Des incohérences de points de vue

Prenons un exemple précis pour clarifier au mieux le problème. Mettons nous à la place d'un voyageur qui se déplace à 259.627 km/s, c'est à dire 86 % de la vitesse de la lumière. A cette vitesse, le rapport entre le temps d'un observateur sur Terre et le temps du voyageur est de 2, c'est à dire qu'une seconde pour le voyageur a la même durée que deux secondes pour l'observateur sur Terre, qu'on peut considérer immobile par rapport à la vitesse de la lumière. En regardant par un hublot de son vaisseau, le voyageur perçoit les événements de l'univers accélérés deux fois.

Tout ceci est bien connu et a été constaté sur des particules. L'allongement de leur "durée de vie" dû à la dilatation du temps correspond bien à ce qui est prévu par la théorie.

De son point de vue le voyageur perçoit aussi sa propre vitesse dans l'univers accélérée deux fois, c'est d'ailleurs ce qui fait qu'il voyage deux fois moins longtemps que ne le perçoit l'observateur sur Terre et qu'à son retour sur Terre il aura moins vieilli. Comme la vitesse de la lumière doit être par principe une constante absolue, le voyageur se considère à 2 fois 0,86c c'est à dire à 0,98c compte tenu de l'addition des vitesses en relativité. Donc chacun des deux observateurs (l'observateur sur Terre et le voyageur lui-même) attribue au voyageur un coefficient de dilatation du temps différent : pour l'observateur sur Terre le coefficient est de 2, pour le voyageur qui de son propre point de vue se déplace à 0,98c il est de 6,6. Il y a là une incohérence des points de vue. Si les deux observateurs discutent entre eux, l'observateur sur Terre entend le voyageur parler 2 fois plus lentement, donc le voyageur doit obligatoirement entendre l'observateur sur Terre lui parler 2 fois plus rapidement et non pas 6,6 fois. Il est essentiel que chacun des observateurs perçoive le même coefficient de dilatation du temps entre eux deux, donc le rapport  $v/c$  (dans cet exemple 0,86) doit être le même du point de vue de chacun.

## 4. Et si la vitesse de la lumière pouvait varier ...

Il y a deux façons d'accorder les points de vue de chaque observateur pour que chacun perçoive la vitesse du voyageur à 0,86c, c'est soit de supposer que la dilatation

du temps n'existe pas, ce qui reviendrait à revenir à la théorie de Newton et à ses incohérences avérées par rapport à une vitesse de la lumière finie, soit de considérer que la vitesse de la lumière n'est pas une constante absolue.

Puisque le temps s'écoule moins vite pour un voyageur que pour un observateur immobile, et que de ce fait l'unité de temps d'un voyageur est plus longue que celle d'un observateur immobile, pendant une seconde plus longue la lumière doit parcourir plus de distance.

La vitesse de la lumière doit apparaître variable à tout observateur qui change de référentiel, non pas en s'additionnant à sa vitesse propre, mais en variant proportionnellement à son coefficient de dilatation du temps.

$$\gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

La vitesse de la lumière n'est donc pas une constante absolue, mais une constante relative au référentiel de l'observateur qui la mesure. Pour la calculer du point de vue d'un observateur en mouvement, elle doit être majorée du coefficient de dilatation du temps de cet observateur :

Ainsi, appelons  $c'$  la vitesse de la lumière du point de vue d'un observateur en mouvement :

$$c' = \gamma c$$

$v$  étant la vitesse de l'observateur en mouvement, nous avons :

$$c' = c / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

La variabilité de la vitesse de la lumière en fonction du coefficient de dilatation du temps de celui qui la mesure ne contredit pas l'affirmation d'Einstein. La vitesse de la lumière est bien indépendante de la vitesse du corps émetteur. Que l'on mesure la vitesse d'une lumière émise par une source immobile ou par un voyageur qui allume les feux avants ou arrières de son vaisseau, on trouvera toujours la même vitesse :  $c$ . Si le voyageur dans l'exemple à  $0,86c$  mesure la vitesse d'une lumière émise par une source immobile, il trouvera la même valeur que pour une source de lumière émise depuis son vaisseau, que ce soit vers l'avant, vers l'arrière ou les côtés ; s'il refait dans son vaisseau l'expérience de Michelson-Morley il trouvera encore la même valeur. Dans tous les cas ce voyageur trouvera  $2c$ , et il pourra lui aussi affirmer que la vitesse de la lumière ne dépend pas de la vitesse du corps émetteur. Pour généraliser à tous les référentiels, la vitesse de la lumière est égale non pas à  $c$ , mais à  $\gamma c$ . Notre référentiel sur Terre correspond au cas particulier où  $\gamma = 1$ , ou plus précisément  $\gamma \approx 1$  puisque nous ne sommes pas absolument immobiles, c'est d'ailleurs ce qui va permettre de le démontrer.<sup>2</sup>

## 5. Comment en apporter la preuve expérimentale ?

La Terre décrit une orbite autour du soleil, donc notre vitesse dans l'univers change au cours de l'année, et nous devrions pouvoir vérifier si la vitesse de la lumière après que nous ayons changé de vitesse donc de référentiel nous apparaît constante ou non. L'absence d'éther luminifère ayant certainement été ce qui a inspiré à Einstein l'idée de relativité du mouvement, le concept de vitesse dans l'univers ne lui était pas acceptable. La relativité du mouvement signifie que deux observateurs en mouvement ne peuvent se

<sup>2</sup> Notons au passage que l'équation  $E = mc^2$  devient  $E = m(\gamma c)^2$

déplacer que l'un par rapport à l'autre et non par rapport à un référentiel universel.

Mais l'absence d'éther ne signifie pas forcément qu'il n'y ait pas de référentiel universel. Dans l'univers il n'y a pas de référentiel de position, mais il y a un référentiel de vitesse. Ce référentiel est matérialisé par le rayonnement de fond cosmologique détecté en 1965, soit dix ans après la mort d'Einstein, et photographié pour la première fois en 1992 par le satellite Cobe. Cette image est dans l'histoire de l'humanité, un événement aussi important que le premier pas de l'homme sur la lune. De ce fond cosmologique, nous pouvons déduire notre vitesse dans l'univers en fonction du décalage spectral de son rayonnement mesuré dans des directions différentes.

Toute variation de notre vitesse dans l'univers, doit se traduire par un changement du coefficient de dilatation du temps que nous vivons au quotidien, et donc se répercuter par une variation de notre perception de la vitesse de la lumière. Tous les ans, quand la vitesse de la Terre s'ajoute à celle du système solaire autour de la galaxie, nous nous situons en position de voyageur par rapport à notre situation six mois avant ou après, lorsque la vitesse de la Terre se retranche de celle du système solaire. Michelson et Morley auraient dû déceler une différence, non pas entre deux mesures dans deux directions perpendiculaires, mais entre deux mesures effectuées à six mois d'intervalle.

## 6. Calcul de la variation de c

Calculons la valeur de cette différence :

La Terre se déplace à 29,75 km/s [5] autour du soleil. Tous les six mois elle change de sens, ce qui double la différence de vitesse.

Le soleil tourne autour de Notre Galaxie, entraînant avec lui son cortège de planètes. La vitesse de la Terre ne s'additionne pas intégralement à la vitesse du système solaire autour de la galaxie, car il existe un angle de 60,2° [5] entre le plan galactique et le plan de l'écliptique. Dans le calcul de la variation semestrielle de c, il faut donc tenir compte du cosinus de cet angle, ce qui la réduit environ de moitié.

Ainsi nous obtenons :

$$\Delta c = c / \sqrt{[1 - (2 v \cdot \cos a)^2/c^2]} - c$$

c : vitesse de la lumière = 299.792,458 km/s

$1 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$  : coefficient de dilatation du temps. v étant ici remplacé par : 2 v.cos a

v : vitesse de révolution de la Terre autour du soleil = 29,75 km/s

a : angle de 60,2 degrés entre le plan galactique et le plan de l'écliptique.

cos a = 0,49697

2 : coefficient multiplicateur pour tenir compte du changement de sens du déplacement de la Terre autour du soleil. A cette échelle de vitesses, on peut considérer qu'elles s'additionnent, et qu'il n'y a pas de différence entre l'addition des vitesses classique et relativiste (la différence n'apparaît sur le résultat qu'à une échelle inférieure au millimètre).

Après calcul, nous obtenons :

$$\Delta c = 1,46 \text{ m/s}$$

La vitesse de la lumière varie de 1,46 m/s tous les six mois, pour revenir à sa valeur initiale au bout d'un an. Là, nous comprenons pourquoi Michelson et Morley n'ont pas décelé de différence. 1,46 m/s sur 299.792.458 m/s était totalement indécélable à l'époque (la précision sur les mesures de c était de l'ordre de quelques kilomètres, ce qui était déjà remarquable) et cette erreur, ou plutôt cette petite imprécision, a laissé paraître la vitesse de la lumière comme une constante absolue au lieu d'une constante relative, ce

qui a conduit Einstein à une erreur d'interprétation.

Cette différence de 1,46 m/s est encore difficilement mesurable aujourd'hui, car la vitesse de la lumière est la référence de mesure la plus précise. Elle a été fixée une fois pour toutes en 1983 et sert d'étalon pour les mesures qui concernent l'espace ou le temps. Il faudra donc attendre qu'un jour la technologie nécessite une précision telle, que soient décelées des anomalies qui révèlent que tous les six mois, le mètre ou la seconde varient d'un demi cent millionième (1/205.337.300). Comme par exemple le jour où dans la distance Terre-lune, on trouvera chaque année une anomalie de 1,88 m qui se corrige d'elle-même six mois après ; ou bien le jour où l'on se demandera pourquoi les GPS sont un peu plus précis à une époque de l'année et un peu moins à une autre ; ou encore lorsqu'on se demandera pourquoi lors des missions spatiales d'au moins six mois, commandées depuis la Terre, on a toujours une erreur de position qui fluctue anormalement d'elle-même tous les six mois de zéro à plusieurs kilomètres, et que cela pose suffisamment de problèmes pour qu'on se penche sur la question. 1,46 m/s correspond à une vitesse de 5,2 km/h ; étonnement, c'est la marge d'erreur des radars routiers, marge d'erreur irréductible tant qu'on ne se préoccupera pas de cette petite variation de la vitesse de la lumière. Encore faudra-t-il faire le rapprochement entre la périodicité de toutes ces anomalies et une variation du référentiel spatio-temporel de la Terre au cours de l'année.

D'ailleurs le fait d'avoir établi la vitesse de la lumière à la précision du mètre, n'est-il pas le signe qu'une variation de celle-ci aurait pu être prise pour une imprécision dans les tentatives de mesures plus approfondies ?

## 7. Conditions aux limites

Une variation de 1,46 m/s sur près de 300.000 km/s, un détail, une broutille, à notre échelle de vitesses, mais tout change quand on s'approche des limites. Imaginons un voyageur dont la vitesse tend vers la vitesse de la lumière. Comme son coefficient de dilatation du temps tend vers l'infini, sa vitesse de son point de vue tend vers l'infini, mais comme la vitesse de la lumière, toujours du point de vue du voyageur, tend aussi vers l'infini, le voyageur peut toujours accélérer sans jamais l'atteindre.<sup>3</sup>

Si la vitesse du voyageur tend vers l'infini, la durée de son voyage tend vers zéro. Donc pour une particule sans masse au repos qui voyage à la vitesse de la lumière comme le photon, la vitesse de la lumière est infinie et l'univers est ponctuel. Pour toutes les particules sans masse, la plus grande vitesse possible est infinie, mais comme de leur point de vue l'univers est ponctuel, elle est aussi nulle. Les notions de vitesse et de distance, n'ont pas de sens pour une particule sans masse. Quand tous les paramètres tendent vers l'infini ou zéro, une vitesse de la lumière à 300.000 km/s n'aurait pas de sens.

Avec le concept de relativité à constante relative, le voyageur et l'observateur immobile ont le même point de vue par rapport à la vitesse de la lumière de leur propre référentiel. Dans cet exemple aux limites, l'observateur immobile constate que la vitesse du voyageur tend vers 100% d'une vitesse de la lumière à 299.792 km/s, le voyageur constate que sa propre vitesse tend vers 100% d'une vitesse de la lumière qui tend vers l'infini. Le rapport  $v/c$  du point de vue de l'observateur immobile, et le rapport  $v'/c'$  du point de vue du voyageur, sont identiques pour chacun des observateurs.

Quand tous les paramètres sont variables, une constante ne peut pas être une valeur

---

3. D'ailleurs Einstein dans son célèbre article de 1905 « De l'électrodynamique des corps en mouvement » fait remarquer que : « la vitesse de la lumière joue le rôle physique d'une vitesse infiniment grande ».

chiffrée absolue. Ce n'est pas la vitesse de la lumière qui reste la même pour le voyageur et l'observateur immobile, c'est le rapport entre la vitesse de chaque observateur et la vitesse de la lumière de leur propre référentiel, telle qu'ils pourraient la mesurer eux-mêmes. Que la vitesse d'un observateur soit nulle, inférieure, égale ou supérieure à celle d'un voyageur, la cohérence de l'univers pour tous les observateurs exige que le rapport  $v/c$  reste le même pour tous dans n'importe quel référentiel, ce qui ne peut pas être le cas avec une constante  $c$  absolue.

Si la théorie est valide même à ses limites, on peut se demander si tout ce qu'on a pu prendre pour des singularités de la physique, n'était pas la conséquence sur la relativité générale de cette erreur conceptuelle dans la relativité restreinte.

Une vitesse est une distance parcourue en un certain temps ( $v = d/t$ ).

Quand on écrit :

$c = 300.000 \text{ km/s}$ , on pose une égalité de la forme :

$v = d/t$

Depuis Einstein nous savons que l'unité de mesure de  $t$  n'est pas équivalente pour chaque observateur en fonction du référentiel de chacun. Il est essentiel de réaliser que du fait que  $t$  est une variable qui nous apparaît comme une constante quelque soit notre référentiel (que notre seconde soit longue ou courte, elle nous apparaît toujours comme ayant la même durée), lorsque nous mesurons la vitesse de la lumière, nous ne mesurons pas directement  $v$ , mais  $d$ , qui doit donc varier dans les mêmes proportions que  $t$ , sinon  $v$  n'est pas une constante. C'est pour cela que la vitesse de la lumière ne peut être considérée ni comme une constante absolue ni comme une variable mais comme une constante relative.

## 8. Conditions d'expérimentation de la variation de $c$

Pour vérifier la variation semestrielle de 1,46 m/s de la vitesse de la lumière, il faut choisir les bonnes saisons. Le centre galactique est dans la direction de la constellation du Sagittaire. Le soleil passe dans le Sagittaire entre le 18 décembre et le 18 janvier. Pendant cette période, la Terre, le soleil et le centre galactique sont alignés, donc à ce moment là, la Terre se déplace parallèlement à la trajectoire du soleil dans la galaxie. C'est à ce moment là, disons début janvier pour prendre le milieu de la période, qu'il faut mesurer la vitesse de la lumière et la comparer avec une mesure à six mois de décalage, début juillet, car ce sont les deux périodes où la vitesse de la Terre s'ajoute ou se soustrait à celle du soleil avec l'amplitude la plus grande.

Quand on répartit la variation de la vitesse de la lumière sur six mois, on trouve que  $c$  augmente ou diminue chaque jour de 8 mm/s en moyenne, avec une répartition qui suit le même principe que la variation de la longueur du jour tout au long de l'année. Comparer la vitesse de la lumière mesurée début avril, et à six mois de décalage, donc début octobre, ne donnerait aucun résultat significatif (comme si l'on comparait la longueur du jour aux équinoxes). Il existe donc des "équinoxes relativistes", en avril et octobre, avec une vitesse de la lumière moyenne, et des "solstices relativistes", en janvier et juillet, où nous pouvons mesurer l'amplitude maximale de 1,46 m/s de la variation de la vitesse de la lumière.

## 9. Autres variations de $c$

Notre groupe local de galaxies se déplace à environ 600 km/s [5] vers un "grand

attracteur" situé dans l'amas de Coma. Le soleil se déplace à 217 km/s [5] autour de la galaxie dans la direction opposée à celle du groupe local. Donc nous nous déplaçons dans l'univers à :

$600 - 217 = 383$  km/s (là aussi, l'addition classique des vitesses est d'une précision suffisante compte tenu de notre connaissance approximative de la vitesse de déplacement de Notre Galaxie). Il doit donc exister un effet relativiste de notre vitesse de déplacement dans l'univers, et la vitesse de la lumière telle que nous la mesurons n'est pas une vitesse de la lumière universelle. Celle qui serait mesurée par un observateur immobile par rapport à l'univers doit être un peu plus faible. Pour la calculer, il suffit de calculer le coefficient de dilatation du temps lié à notre vitesse de 383 km/s dans l'univers, et de diviser  $c$  par ce coefficient, puisque nous sommes dans la situation du voyageur, nous connaissons  $c'$ , qui en fait est  $c$ , et nous cherchons  $c_0$  que nous pourrions appeler  $c_0$  ( $c$  zéro) pour vitesse de la lumière pour un observateur à la vitesse zéro, ce qui correspond à la vitesse de la lumière minimale dans l'univers, du moins, nous le verrons plus loin, dans l'univers actuel.

$$c_0 = c \cdot \sqrt{1 - (v_g - v_s)^2 / c^2}$$

$v_g$  = vitesse de Notre Galaxie

$v_s$  = vitesse du système solaire

$c_0 = 299.792,213$  km/s, soit 245 m/s de moins que  $c$ .

Le système solaire parcourt un tour de galaxie tous les 250 millions d'années [5] environ. Actuellement la vitesse du système solaire se déduit de la vitesse de la galaxie, mais dans 125 millions d'années, il aura changé de côté et elle s'ajoutera à celle de la galaxie. Notre vitesse dans l'univers sera donc de  $2 \times 217 = 434$  km/s de plus qu'actuellement. On peut donc calculer  $c_m$  ( $c$  maximale), qui tient compte de l'effet relativiste de notre changement de vitesse dans l'univers :

$$c_m = c / \sqrt{1 - (2 v_s)^2 / c^2}$$

$c_m = 299.792,772$  km/s, soit 314 m/s de plus qu'actuellement.

Il est à noter que si l'angle entre le plan galactique et le plan de l'écliptique avait été de 90 degrés, nous ne changerions pas de vitesse donc de référentiel au cours de l'année, il faudrait donc attendre que le système solaire ait parcouru une bonne partie de la galaxie, soit plusieurs dizaines de millions d'années, pour pouvoir déceler une variation de  $c$ .

## 10. Variation des autres constantes

La vitesse de la lumière varie donc tous les 125 millions d'années d'un peu plus d'un millionième (1/954.313). Toutes les constantes de la physique liées au temps ou à l'espace doivent varier aussi. Ainsi la constante de gravitation  $G$  varie dans le même sens, les constantes quantiques comme la constante  $h$  de Planck doivent varier inversement aux constantes relativistes. Il peut y avoir des constantes de la physique qui ne varient pas, ce sont des constantes sans unité, composées de produits ou de rapports de constantes.

Il existe une constante appelée la constante d'Einstein <sup>4</sup> qui implique que quelques soient les valeurs de c et de G,  $G/c^2$  est une constante, ce qui veut dire que G ne varie pas dans les mêmes proportions que c, mais proportionnellement à son carré.

La constante de gravitation  $G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$  avec une approximation de  $0,00080 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$ . Comme elle varie proportionnellement au carré de c, tous les six mois elle varie de 1/14.329, ce qui nous donne une variation de G de  $0,00046 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$ . Le fait que le calcul de la variation de G affecte la même décimale que l'approximation de sa mesure ne peut-il pas être, là aussi, le signe qu'une variation de G au cours de l'année ait pu être prise pour une imprécision de sa mesure ?

## 11. Vers une nouvelle vision globale de l'univers

Le concept de constantes relatives nous éclaire sur l'utilité de la relativité restreinte sur le plan global. La finitude de la vitesse de la lumière fait que l'extension spatiale de l'univers se confond avec son extension temporelle, ce qui implique que la distance qui nous sépare de l'horizon cosmologique doit être la même dans toutes les directions, donc nous nous situons obligatoirement au centre de l'univers, sinon le Big Bang n'aurait pas eu lieu à la même époque selon que l'on regarde dans une direction ou dans une autre, et l'univers serait incohérent. Nous sommes au centre de l'univers, mais il n'y a pas de raison pour que nous soyons privilégiés. Tous les observateurs dans l'univers doivent avoir une vision cohérente de l'univers.

Examinons le cas d'une galaxie qui se trouve à, disons, 8 milliards d'années-lumière de nous. Le fond de rayonnement cosmologique étant situé à 13 milliards d'années-lumière tout autour de nous, de notre point de vue, pour des éventuels observateurs qui pourraient se trouver sur cette galaxie, le Big Bang s'est produit il y a  $8 + 13 = 21$  milliards d'années quand ils regardent dans notre direction, et à  $13 - 8 = 5$  milliards d'années quand ils regardent dans la direction opposée et leur vision de l'univers nous semble incohérente. Mais nous voyons cette galaxie telle qu'elle était il y a 8 milliards d'années, quand l'univers n'avait que 5 milliards d'années, donc nous pouvons tracer un cercle de 5 milliards d'années-lumière de rayon autour de la galaxie pour situer l'horizon cosmologique de cette époque et nous avons le point de vue des observateurs dans cette galaxie. Ils se situent donc eux-mêmes au centre de l'univers.

La seule façon d'assurer la cohérence d'un univers où la lumière a une vitesse finie, est que tout observateur se situe lui-même au centre de l'univers. Si tous les observateurs dans l'univers ont le même référentiel de position, il n'y a pas de position privilégiée ni même de référentiel absolu de position dans l'univers. Pour qu'un observateur en mouvement puisse garder un point de vue cohérent, c'est à dire se situer toujours au centre de l'univers malgré son déplacement, l'espace-temps se déforme. Ainsi ce casse-tête que peut sembler être la relativité restreinte est le moyen le plus simple et logique d'assurer la cohérence de l'univers pour tous ses observateurs, qu'ils soient immobiles ou en mouvement.

Examinons ce que donne le concept de constantes relatives du point de vue d'un observateur en mouvement accéléré. Le coefficient de dilatation du temps de ce voyageur augmente de façon permanente, donc de son point de vue, les événements dans l'univers s'accroissent continuellement ainsi que l'expansion de l'univers, et s'il essaye d'atteindre la limite de l'univers, il la verra reculer devant lui, d'autant plus vite qu'il augmentera sa vitesse pour l'atteindre (comme un mirage dans le désert qui recule d'autant plus vite qu'on tente de s'en approcher), pour finalement se rendre compte qu'il

---

4.  $C = (-8\pi G/c^4)T$



se situe toujours au centre de l'univers.

Par rapport au fond cosmologique, se déplacer c'est voir l'expansion de l'univers s'accélérer devant soi et ralentir derrière, ainsi l'univers se déforme autour de soi et nous ne pouvons jamais en quitter le centre, et ceci pour tous les observateurs dans l'univers, qu'ils soient en mouvement uniforme ou accéléré.

## **12. Conséquence sur la relativité générale**

La relativité générale nous dit que gravitation et accélération c'est pareil ! Un observateur dans un lieu clos ne fait pas la différence entre être dans un champ gravitationnel comme celui de la Terre, ou être en accélération vers le haut. Comme nous vivons en permanence dans le champs gravitationnel de la Terre, du système solaire, de la Voie Lactée et même de l'univers tout entier, même sans bouger, notre point de vue est celui d'un voyageur en accélération, très faible, mais permanente. L'expansion de l'univers doit donc nous apparaître en accélération. Ainsi l'accélération de l'expansion de l'univers, découverte en 1998 [6], n'est autre qu'un effet relativiste de notre changement permanent de référentiel causé par le champ gravitationnel de l'univers. Il est donc inutile d'imaginer l'existence une énergie sombre pour l'expliquer.

Le fait d'être en position de voyageur en accélération fait augmenter avec le temps le coefficient de dilatation du temps que nous vivons, donc les constantes  $c$  et  $G$  augmentent avec le temps, et l'accélération de l'expansion de l'univers s'accélère. Ce qui correspond bien aux observations.

## **13. Conséquence sur la matière noire :**

Les galaxies tournent trop vite sur elles mêmes et les étoiles devraient s'éparpiller dans l'espace sous l'effet de la force centrifuge, ce qui a amené les physiciens à supposer qu'il existe une matière noire essentiellement répartie à l'extérieur des galaxies, et qui en maintiendrait la cohésion. D'autres supposent qu'il faut revoir la théorie de la gravitation, qui a pourtant fait ses preuves, du moins à plus petite échelle. Comme si à très grande échelle quelque chose faisait qu'elle n'était plus valide, ce qui a priori semble aberrant.

Il est probable qu'à la périphérie des galaxies, de la matière noire ordinaire abonde, comme des naines brunes là où il n'y a pas assez de matière pour former des étoiles, il peut y avoir aussi beaucoup d'hydrogène moléculaire, neutre, non ionisé, peu dense et indétectable. Mais on est, semble-t-il, encore loin de la quantité nécessaire à la cohésion des galaxies, aussi les scientifiques ont imaginé l'existence d'une particule exotique non encore détectée.

Il faut tenir compte du fait que nous déplacer dans l'univers induit un effet relativiste qui nous fait voir les galaxies tourner en accéléré. Mais l'effet est infime, moins d'un millionième ( $1/1.223.641$ ).

Il existe aussi un effet relativiste dû à la rotation des galaxies sur elles-mêmes. La constante de gravitation est plus grande à la périphérie des galaxies qu'au centre. Ce qui pourrait expliquer pourquoi la théorie de la gravitation semble ne pas être valide à très grande échelle. Ces effets cumulés peuvent modifier la constante  $G$  de plus d'un millième. De plus, la variation de la constante  $h$  de Planck a pu permettre dans un passé lointain l'existence d'étoiles minuscules. L'évolution de cette constante n'ayant plus permis à ces astres de briller, il pourrait bien exister un type d'astres encore inconnu : des myriades de petites étoiles qui se sont éteintes avant de terminer leur séquence principale, et ceci essentiellement dans les zones de faibles densité c'est à dire à la périphérie des galaxies.

Compte tenu de ces nouveaux paramètres, il faudrait recalculer la quantité de matière noire nécessaire à la cohésion des galaxies, ce qui pourrait nous éclairer sur la réelle utilité d'une matière noire exotique. Il est bon aussi de rappeler que si la matière noire ordinaire double le diamètre des galaxies, elle occupe un volume 7 fois plus grand que le volume de la partie visible ( $2^3-1$ ), et si elle en triple le diamètre, elle occupe un volume 26 fois plus grand ( $3^3-1$ ), ce qui laisse beaucoup de place pour simplement de la matière noire ordinaire.

#### 14. Conséquence sur la physique quantique

Au dessous de  $10^{-33}$  cm, l'espace est indéterminé. Une variation de la constante  $h$  de Planck, signifie que dans l'avenir l'indétermination quantique sera moindre qu'aujourd'hui. Quand l'univers sera 10 fois plus grand, l'indétermination quantique de l'espace sera passée à  $10^{-34}$  cm (de même, quand l'univers sera 10 fois plus vieux, l'indétermination quantique du temps sera passée de  $10^{-43}$  à  $10^{-44}$  seconde), ce qui signifie qu'il existe une symétrie de l'expansion de l'univers [7]. L'univers est en expansion à la fois vers l'infiniment grand et vers l'infiniment petit. Il est donc délimité par deux horizons, l'horizon cosmologique et l'horizon quantique, qui s'éloignent dans les mêmes proportions. En dehors de ces horizons l'univers n'existe pas, il est donc inutile de se demander ce qu'il y a au delà de l'horizon quantique, nous ne sommes plus dans l'univers.

Au fait, pourquoi la constante  $h$  varierait forcément à l'inverse de  $c$  et  $G$  ? Une variation de  $h$  dans le même sens que  $c$  et  $G$  se traduirait concrètement par une augmentation avec le temps de l'indétermination quantique. Si les horizons quantique et cosmologique s'agrandissaient tous les deux dans les mêmes proportions, cela signifierait que l'univers est stationnaire et que c'est nous qui rétrécissons avec toute la matière de l'univers. Pourquoi pas... mais lorsque l'horizon quantique atteindrait le niveau des particules élémentaires, la matière ne pouvant pas sortir de l'univers, un problème insoluble de cohérence de la physique se poserait. Donc  $h$  varie bien inversement à  $c$  et  $G$ .<sup>5</sup>

#### 15. Possibles objections au concept de constantes relatives

— Si ce concept est exact, la théorie de la relativité restreinte d'Einstein, depuis plus d'un siècle, aurait déjà été prise en défaut !

Réponse : Si la relativité restreinte à constante  $c$  absolue a toujours été vérifiée, c'est parce que nous réalisons toujours nos expériences dans le même référentiel, celui de la Terre en mouvement quasiment uniforme.

En fait, Einstein ne s'est pas trompé. De la même façon que Newton a décrit un cas particulier de la physique, valable aux faibles vitesses de notre quotidien, Einstein même avec une physique élargie aux grandes vitesses et à la gravitation, l'a limitée au cas particulier qui ne concerne que les mesures réalisées par des observateurs dans notre référentiel terrestre. Le seul tort d'Einstein est d'avoir pris ce cas particulier pour la généralité. Tant que l'on ne changera pas de référentiel ou qu'on ne se souciera pas d'un infime changement de notre référentiel, la physique d'Einstein se vérifiera et on continuera à la considérer comme la généralité. Mais nous risquons d'avoir une surprise si nous pouvons un jour mesurer la vitesse de la lumière en nous déplaçant à grande vitesse.

---

5. J'ai conscience que me servir du principe anthropique même faible pour éviter une incohérence n'est pas très scientifique, mais le développement est long à exposer ici et a été le sujet d'un autre article qui aboutit aussi à la mise en évidence de la symétrie de l'expansion mais à partir du principe d'équivalence.

— L'expérience de Michelson-Morley a été refaite bien plus tard par d'autres, avec des moyens plus modernes et n'a jamais montré de variation de  $c$  !

Réponse : C'est parce-qu'on ne trouve que ce que l'on cherche. Chercher :

1) si la vitesse d'un référentiel en mouvement s'additionne à  $c$ , ou ...

2) une variation de  $c$  en fonction du coefficient de dilatation du temps de l'observateur qui la mesure ...

... ne sont pas les mêmes expériences. La différence est autant technique que conceptuelle. La première aurait pu amener à découvrir la seconde, à condition, sur le plan technique, de la conduire avec une précision 10.000 fois supérieure à celle des expériences d'origine, de la réitérer six mois plus tard (ce qui d'ailleurs a été fait), et dans les bonnes périodes de l'année. Trois conditions qui n'étaient pas nécessaires à la mise en évidence de la première, et qui n'ont donc jamais été réunies pour permettre de découvrir la seconde. Et sur le plan conceptuel, encore fallait-il penser à chercher dans ce but. D'ailleurs Michelson et Morley n'ont pas conclu qu'il n'y avait aucune différence entre les mesures, mais que la différence était inférieure à ce que le dispositif permettait de mesurer.

— La science avance par tentatives de résolutions de problèmes insolubles dans le paradigme du moment. Les seuls problèmes rapportés ici sont un simple problème de terminologie exposé par Max Planck, et les supputations d'un physicien pour le moins marginal, qui cherche à expliquer l'inflation de l'univers par une supposée variation de  $c$  dans un passé lointain. Il n'y a vraiment pas de quoi remettre la physique en question !

Réponse : Pourquoi perdre du temps quand on sait que le problème se posera un jour. Même si le problème n'est pas apparemment lié à la relativité, il se pose constamment à travers l'impossibilité d'unifier la physique actuelle et dans l'absence de solutions aux questions de cosmologie.

— Au chapitre 4 : « *le temps s'écoule moins vite pour un voyageur [...] donc pendant une seconde plus longue la lumière doit parcourir plus de distance* ». Non ! Car il doit y avoir équivalence des points de vue entre le voyageur et l'observateur immobile. Si l'observateur immobile voit le voyageur évoluer au ralenti, le voyageur doit voir aussi l'observateur immobile évoluer au ralenti, donc la vitesse de la lumière est la même pour les deux !

Réponse : C'est une idée qui est habituellement exposée dans le célèbre paradoxe des jumeaux de Langevin qui ne compte pas moins de 54 interprétations différentes référencées sur le web [8]. Même les scientifiques ne sont pas tous d'accord entre eux. Pourquoi une telle incompréhension du phénomène ? Parce que le paradoxe tel qu'il est habituellement exposé est très mal présenté :

Ce que l'on cherche à montrer est que deux jumeaux dont l'un reste sur Terre et l'autre voyage, n'auront plus le même âge au retour du voyageur. Dans le récit habituel, le voyageur quitte la Terre pour se rendre à proximité d'une étoile proche pour y effectuer un demi-tour puis revenir sur Terre.

Puisque le temps d'un voyageur s'écoule moins vite que le temps d'un observateur immobile, l'observateur sur Terre doit voir le voyageur évoluer au ralenti et en toute logique puisque le voyageur doit voir les événements de l'univers évoluer en accéléré, il devrait voir aussi l'observateur sur Terre évoluer en accéléré. Pourtant, l'idée la plus couramment admise est qu'en vertu de la relativité du mouvement uniforme qui ne doit pas faire de différence entre les points de vue des jumeaux, chacun des deux doit voir

l'autre évoluer au ralenti, ce qui d'ailleurs est exact, du moins sur le trajet aller, car la distance entre l'observateur sur Terre et le voyageur ne cesse d'augmenter. Mais là, il y a confusion entre l'effet relativiste et un effet Doppler qui s'y superpose, ce qui fausse toute la compréhension du phénomène.

Il n'y a qu'une seule façon d'isoler l'effet relativiste, c'est de ne pas faire varier la distance entre l'observateur et le voyageur, donc le voyageur doit effectuer un mouvement circulaire autour de l'observateur. Mais un mouvement circulaire qui n'a pas de cause gravitationnelle est assimilable à un mouvement accéléré. La relativité du mouvement qui ne concerne que les mouvements uniformes n'est donc plus valide et l'effet relativiste n'a pas à être symétrique, et compte tenu de la différence de vitesse d'écoulement du temps entre nos deux observateurs, sans effet Doppler perturbateur le voyageur doit voir l'observateur immobile évoluer en accéléré comme tous les événements extérieurs à son vaisseau.

Mais il faut examiner aussi le cas où le voyageur tourne autour de l'observateur dans un champ gravitationnel, comme par exemple le cas où l'observateur verrait passer le voyageur qui serait dans la station spatiale (pour éliminer tout effet Doppler perturbateur, l'observateur devrait théoriquement se placer au centre de la Terre). Là le mouvement du voyageur est un mouvement uniforme dans un espace courbe, donc la relativité du mouvement devrait s'appliquer et impliquer une équivalence des points de vue. Mais tout mouvement n'est relatif que s'il n'y a pas de référentiel absolu dans l'univers. Or, depuis la découverte du rayonnement de fond cosmologique, nous savons qu'il existe un référentiel absolu de vitesse, ce qui invalide la relativité du mouvement, ainsi que l'équivalence des points de vue.

## **CONCLUSION :**

Dans l'univers il existe une plus grande vitesse possible, qui limite la quantité d'espace qui peut être parcourue en un minimum de temps. Ce créneau est occupé par la lumière et les autres particules sans masse au repos. Cette vitesse est un indicateur du rapport qui existe entre l'espace et le temps dans un référentiel donné. Celui qui change de vitesse, change de référentiel et doit mesurer une vitesse de la lumière différente, qui indique que le rapport entre l'espace et le temps dans son référentiel n'est plus le même. La vitesse de la lumière n'est donc pas égale à  $c$  mais à  $\gamma c$ , ou plus exactement à  $\gamma c_0$ . C'est de cette façon que la relativité restreinte pourra décrire un univers cohérent, mais c'est au prix de l'abandon de ses deux postulats : la relativité du mouvement et la constance absolue de la vitesse de la lumière.

Maintenant nous pouvons affirmer avec Einstein que tout est relatif !

## **RÉFÉRENCES :**

- [1] Max Planck, Initiations à la physique, Flammarion, 1941.
- [2] João Magueijo, Plus vite que la lumière, Dunod, 2008.
- [3] Les documents recueillis d'Albert Einstein. Vol. 2, Princeton University Press (1989).
- [4] De l'électrodynamique des corps en mouvement. Annalen der Physik, 1905.
- [5] Sources des données chiffrées : Wikipédia.
- [6] mais prédite en 1997 : revue Effervesciences n°6, Christian Suavet, © XII/1997.
- [7] Idée développée dans Effervesciences n°2, X/1996.
- [8] Source Wikipédia, titre « Paradoxe des jumeaux ».