Et si l'origine profonde du big bang était simplement … l'usage de mauvaises habitudes ?

La Relativité Restreinte (RR), puis et surtout la relativité Générale (RG) ont bousculé les notions d'espace et de temps, au point de les rendre contre-intuitives, ce qui signifie que les modèles qui permettent de les manipuler échappent à la représentation du monde que chacun se construit à partir de sa propre expérience. Cependant, une question dont traitent les modèles de RG qui reste compatible avec l'intuition commune est celle de l'âge de l'univers. Moyennant les hypothèses dites cosmologiques d'homogénéité et d'isotropie de l'univers, on peut ainsi considérer un temps dit « cosmique » qui est le temps d'un observateur au repos par rapport à la distribution de matière moyenne dans l'univers. Dans les équations de la RG, cela équivaut à des hypothèses sur la structure géométrique de l'espace-temps, envisagé a priori comme un mille feuilles d'espaces à 3 dimensions, chacun de symétrie maximale et indexé par un paramètre de temps. Par contraste avec les espaces euclidiens habituels, ces espaces sont riemanniens, ce qui signifie qu'ils peuvent posséder une courbure intrinsèque. Cela les rend impossibles à dessiner, et nous empêche d'appliquer nos réflexes d'espace plat (de courbure nulle). Par exemple, nous pouvons difficilement séparer la notion de taille (ici de l'univers) de la notion de bords. On trouvera une bonne introduction par Christian Magnan à la notion de courbure dans ce contexte sur : https://lacosmo.com/clos.html).

D'une façon générale, **les équations de la RG établissent le lien entre le remplissage énergétique de l'espace (masse et mouvement) et la géométrie de l'espace-temps, cette dernière se traduisant par l'expression d'une métrique**, c'est-à-dire de la définition d'une mesure des intervalles d'espace-temps. Avec les hypothèses faites (modèle de Friedman), cette métrique s'écrit :

$$ds^2 = -c^2dt^2 + a^2(t)d\Omega_3{}^2 \tag{1}$$

, dt représentant l'intervalle de temps cosmique, c la vitesse de la lumière dans le vide, le terme $d\Omega_3$ l'élément spatial tridimensionnel de volume, dont l'expression dépend de la courbure de (seulement) l'espace et $a(t)$ le facteur d'expansion de l'univers. Quelle que soit la façon dont l'élément de volume $d\Omega_3{}^2$ est construit (quelle que soit la géométrie de la partie spatiale de l'univers), son poids relatif par rapport à dt dans la mesure de l'intervalle d'espace-temps varie au cours du temps cosmique. Dans le cas particulier d'une courbure nulle (espace 3D euclidien), $d\Omega_3{}^2$ se réduit à l'élément de volume habituel $dx^2 + dy^2 + dz^2$. Il faut souligner que les hypothèses faites ne donnent pas du tout le même statut aux coordonnées d'espace et de temps. L'espace est un espace riemannien de dimension 3, tandis que le temps est un simple réel.

Incidemment, la réunion des hypothèses énoncées ci-dessus me semble paradoxale. En effet : si la distribution de matière est parfaitement homogène et que l'espace n'a pas de bords, comment distinguer un observateur au repos d'un observateur en mouvement ? Bien sûr, il suffit que l'âge de l'univers soit fini pour faire apparaître les limites d'un univers accessible, celui depuis lequel la lumière émise depuis sa naissance et se propageant à vitesse finie a eu le temps de nous parvenir (Edgar Poe). Cela recrée bien des bords mais ces bords sont relatifs à l'observateur, et ne peuvent donc pas servir à garantir son repos. On doit donc considérer que **dans un univers homogène, isotrope et sans bord, il n'y pas de déplacement relatif, donc pas de vitesse et finalement pas de mouvement.** Il n'y a donc pas grande différence entre un univers sans bords homogène et un univers sans bords vide. D'un autre côté, un espace plat (de courbure nulle) et fini a des bords, et la position de l'observateur ne peut y être indifférente. La présence de lumière dans ce paysage uniforme n'apporte pas plus de point d'ancrage (de point au repos) puisque sa vitesse est constante par définition. Au total, il me semble que l'univers n'existe que par ses inhomogénéités, celles qui sont précisément gommées dans le modèle.

Dans l'équation (1) la variable t est un temps long. C'est très exactement l'âge de l'univers pour l'évènement considéré. Dans l'égalité différentielle (1), $a^2(t)$ est une constante. Elle n'affecte pas la métrique mais décrit seulement sa dérive (comment on change de métrique) au cours des âges. Ce que nous dit cette métrique, c'est comment se comparent ou se conjuguent les intervalles de pur espace et de pur temps dans une mesure d'un intervalle élémentaire d'espace-temps. Le membre de gauche de l'équation (1) peut s'écrire $ds^2(t)$ pour souligner que lui-même dérive. Donc pour résumer, l'élément $d\Omega_3{}^2$ dépend des coordonnées d'espace (de la distance spatiale à l'observateur) d'une façon qui est dictée par la courbure de l'espace tridimensionnel, et de plus quel que soit cet élément son poids relatif dans $ds^2(t)$ dérive selon un même facteur avec le temps long. Dans tout ça, deux choses sont fixes : la vitesse c de la lumière, qui relie les unités d'espace et de temps, et **le temps t dont la « régularité » semble a priori acquise**. **C'est cet a priori que je remets en cause.**

En effet, la régularité du temps signifie l'indépendance de son unité de mesure avec sa valeur. Or, si on peut comparer finement les durées affichées en parallèle par différentes horloges, y compris en mouvement l'une par rapport à l'autre, on ne peut pas comparer directement entre elles des durées successives, parce qu'elles s'excluent l'une l'autre. Les exprimer en secondes avec la plus grande précision possible n'aide en rien, puisque mesurer une durée revient à comparer des phénomènes simultanés entre eux. C'est d'ailleurs justement dans la modélisation des phénomènes habituels que se trouve une définition implicite du temps. **Ce temps est compté par un nombre réel à l'aide d'une unité choisie de telle manière que les lois de la physique soient conformes à l'expérience.** Or, les lois de la physique ne rendent compte que de 2000 ans d'histoire. Une autre distribution des intervalles de temps « égaux » serait donc tout à fait acceptable dès lors qu'elle se confondrait avec la distribution habituelle sur cette fenêtre de temps, qui est ridiculement étroite comparée à l'âge de l'univers. En dehors de cette fenêtre, tout reste donc permis.

Je redéfinis donc **à partir du présent habituel** $t = t_0$, avec t_0 l'âge habituel de l'univers, un autre temps BT (signifiant Big Time parce que c'est une alternative au Big Bang) comme une fonction du temps ordinaire t de la manière suivante : $BT = t_0 f(\frac{t-t_0}{t_0})$, les deux facteurs t_0 me permettant de convertir les deux temps en quantités adimensionnelles, ce qui est nécessaire pour construire un isomorphisme sur des nombres réels, et la différence $t - t_0$ me permettant de construire BT à partir du présent, la région temporelle la plus sûre. f doit être une fonction monotone, au moins sur l'intervalle $t \in]0, t_0]$. Je la prends monotone sur $t =]0, \infty[$ pour pouvoir envisager aussi l'avenir.

Les équations de la physique, y compris celles de la relativité générale, ne font intervenir que des masses (des champs scalaires), des cordonnées d'espace et de temps et leurs dérivées premières et secondes. Parmi ces dérivées figurent les dérivées premières et secondes par rapport au temps. Si je veux que le temps soit BT plutôt que t , ces lois doivent rester inchangées sur un intervalle d'amplitude 2000 ans autour du présent, soit sur un intervalle de largeur 2 000/13 700 000 000, de l'ordre de 10^{-7}, en coordonnées réduites $\tau = \frac{t-t_0}{t_0}$. En dehors de cet intervalle probablement déjà exagéré, peu importe qu'elles soient modifiées ou non du moment qu'elles permettent de rendre compte des observations effectuées à des distances astronomiques d'espace et de temps. Pour que ces lois restent inchangées, il faut et suffit d'imposer à f les trois conditions suivantes :

$$f(0) = 0\,; \quad f'(0) = 1\,; \quad f''(0) = 0 \tag{2}$$

Dans ces conditions, on retrouvera nécessairement au présent les équations classiques, les équations de la RR et celles de la RG, qu'on utilise le temps BT ou qu'on utilise le temps t. Les choses sont différentes sur les temps longs. En effet, si ces équations sont vraies lorsqu'elles sont écrites sur BT, elles présenteront une dérive aux temps longs quand elles seront écrites sur t. La métrique (1) qui résulte des équations de la RG s'écrira comme à l'ordinaire :

$$d\Sigma^2 = -c^2 dBT^2 + a^2(BT) d{\Omega_3}^2 \tag{3}$$

Cette métrique vraie sur BT peut aussi s'écrire sur la variable t :

$$d\Sigma^2 = -c^2 f'^2(\tau) dt^2 + a^2[t_0 f(\tau)] d{\Omega_3}^2 \tag{4}$$

Au présent, elle se confond avec ds^2. Toutes les prédictions de la RG « au présent » sont conservées (déviation de la lumière près du soleil, périphélie de mercure, décalage temporel selon le champ de gravitation, etc) . Mais loin du présent, son expression devient complètement différente, ce qui bouleverse les modèles cosmologiques. Le choix de f détermine la géométrie de l'espace aux temps longs sans la modifier aux temps courts (suffisamment proches du présent). Elle détermine aussi le facteur d'expansion et l'âge de l'univers exprimés sur le temps habituel t, qui sont de simples conséquences de ce choix. En particulier, l'âge de l'univers peut-être fini ou infini selon la définition du temps qu'on se donne, c'est-à-dire selon la fonction f qu'on choisit, tous les choix de f vérifiant les conditions (2) étant recevables. Si le premier terme non nul du développement de f autour de $BT = 0$ est impair, alors f présente un point d'inflexion en $t = t_0$ qui introduit une courbure opposée selon qu'on s'éloigne du présent en direction du passé ou du futur, c'est-à-dire une flèche du temps. Si $f''(\tau)$ est du signe de τ et que de plus on impose $\lim_{t\to 0} f\left(\frac{t-t_0}{t_0}\right) = -\infty$, alors l'âge de l'univers devient infini. Il n'est même pas impossible qu'on puisse se passer du facteur d'expansion spatial, le facteur de distorsion temporel le compensant. Le temps habituel se contracte quand on s'éloigne du présent ; son facteur d'expansion dt/dBT tend vers zéro avec le temps habituel. Ce schéma asymptotique est très différent de l'expansion brutale et sans fin de l'espace à partir d'un temps zéro décrite par le big bang. L'origine du temps est maintenant le présent et l'expansion du temps y est toujours maximale. **La question de l'âge de l'univers semble donc ne pas avoir grand sens, puisqu'on peut décider de la réponse sans conséquence sur les modèles physiques aux temps courts, c'est-à-dire sans être contredit par l'expérience**.

Dans l'article pointé par le lien du bas de la page, j'ai arbitrairement choisi une fonction f qui respecte toutes les propriétés imaginées ci-dessus et j'ai montré comment les lois de la physique classique s'en trouvaient modifiées sur les temps longs. Cela concerne en particulier les équations de Maxwell qui, lorsqu'elles sont valides sur le temps modifié, deviennent non linéaires une fois exprimées sur le temps habituel. Cette non-linéarité permet de rendre compte du décalage vers le rouge des objets lointains. Or, d'une part ce décalage, et d'autre part le facteur $a(t)$ qui apparaît dans la métrique (1) issue des équations de la Relativité Générale, sont à ma connaissance les deux évidences du modèle du Big Bang. Dire que notre temps habituel n'est qu'à peu près exact, c'est dire que les lois de la physique qui le définissent implicitement ne sont qu'à peu près vraies, et il n'y a rien d'autre que l'expérience pour l'infirmer. Or, l'expérience aux temps courts ne permet pas de le faire. Quant aux indices recueillis sur les temps longs, comme le décalage vers le rouge, ils sont en telle contradiction avec les lois de la physique établies aux temps courts qu'il faut tordre tout l'univers pour leur conserver leur vérité. Il n'y a en fait aucune raison logique de préférer des lois rigides prolongées par continuité là où elles ne fonctionnent plus à des lois dérivant sur le temps long habituel si ces dernières fonctionnent mieux, c'est-à-dire aucune autre raison que l'habitude de préférer notre temps habituel à un autre. Le temps long est donc en quelque sorte ce qu'on décide, de préférence ce qui permettra de simplifier les modèles. Cette remarque me semble apporter une grande flexibilité pour la construction de nouveaux modèles cosmologiques. La première étape que j'envisage sur ce chemin est d'injecter la fonction f dans les équations décrivant les univers de Friedman, ce que tout étudiant en astrophysique pourra faire plus vite et plus proprement que moi s'il le souhaite. Dans le pire des cas, il trouvera que f ne peut rien être d'autre que la fonction identité et il retrouvera les résultats habituels.